

DISSERTATION

**Die Revision der luxierten Hüfttotalendoprothese:  
Outcome - Analyse und der Stellenwert der Dual - Mobility - Pfanne**

**Revision total hip arthroplasty for recurrent dislocation:  
Outcome analysis and the significance of dual - mobility - cups**

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

**Johann Scholz**

Erstbetreuung: Prof. Dr. med. Carsten Perka

Datum der Promotion: 30. Juni 2024

Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>6</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>9</b>
<b>Abstract (Deutsch) .....</b>	<b>11</b>
<b>Abstract (English) .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>13</b>
1.1 Überblick.....	13
1.2 Epidemiologie .....	14
1.3 Klinik.....	14
1.4 Ätiologie.....	15
1.4.1 Luxationsmechanismen .....	15
1.4.2 Luxationsrichtungen.....	15
1.5 Klassifikation .....	16
1.6 Risikofaktoren der Luxation .....	18
1.6.1 Patientenspezifische Risikofaktoren.....	18
1.6.2 Luxationsspezifische Risikofaktoren .....	20
1.6.3 Indikationsspezifische Risikofaktoren .....	20
1.6.4 Operationsspezifische Risikofaktoren.....	21
1.6.5 Implantatsspezifische Risikofaktoren.....	21
1.7 Diagnostik .....	24
1.8 Therapie.....	25
1.8.1 Konservative Therapieoptionen .....	25
1.8.2 Operative Therapieoptionen.....	25
1.8.2.1 Die Revision der Hüfttotalendoprothese .....	25
1.8.2.2 Dual - Mobility - Pfannensysteme.....	28

<b>2. Fragestellungen .....</b>	<b>30</b>
<b>3. Methodik .....</b>	<b>31</b>
3.1 Studiendesign .....	31
3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	31
3.1.2 Erhebung der Patientendaten.....	33
3.1.3 Follow - up .....	33
3.2 Patientenkollektiv.....	34
3.2.1 Allgemeine Komorbidität.....	34
3.2.2 Spezifische Komorbiditäten .....	35
3.3 Indexrevisionen .....	35
3.4 Radiologische Analyse.....	36
3.5 Statistische Datenauswertung.....	41
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>42</b>
4.1 Beschreibung des Patientenkollektivs.....	42
4.1.1 Demografische Basisparameter .....	42
4.1.2 Vorerkrankungen.....	43
4.1.3 Voroperationen.....	45
4.2 Outcome und Therapieversagen.....	45
4.2.1 Re - Luxationen .....	45
4.2.2 Re - Revisionen .....	46
4.2.3 Modifizierter Harris - Hip - Score.....	48
4.3 Analyse der Risikofaktoren.....	48
4.4 Dual - Mobility versus Standard - Mobility.....	65
4.4.1 Demografische Variablen im Kohortenvergleich.....	65
4.4.2 Outcome und Therapieversagen im Kohortenvergleich.....	65
4.4.3 Analyse der Risikofaktoren im Kohortenvergleich.....	68
4.5 Constrained Liner.....	93
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>96</b>
5.1 Outcome der Revision der instabilen Hüfttotalendoprothese .....	96
5.2 Risikofaktoren der Re - Luxation.....	97
5.2.1 Patientenspezifische Risikofaktoren.....	97

5.2.2 Luxationsspezifische Risikofaktoren .....	99
5.2.3 Indikationsspezifische Risikofaktoren .....	99
5.2.4 Operationsspezifische Risikofaktoren.....	100
5.2.5 Implantatsspezifische Risikofaktoren.....	101
5.3 Vor- und Nachteile des Dual - Mobility - Konzepts .....	104
5.4 Stärken und Limitationen der vorliegenden Arbeit.....	109
5.5 Schlussfolgerungen für Klinik und Forschung .....	110
<b>6. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>113</b>
<b>7. Anhang .....</b>	<b>128</b>
<b>8. Eidesstattliche Versicherung.....</b>	<b>130</b>
<b>9. Lebenslauf.....</b>	<b>131</b>
<b>10. Danksagung .....</b>	<b>134</b>
<b>Bescheinigung des akkreditierten Statistikers.....</b>	<b>135</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ALTR	Adverse Local Tissue Reaction
arcsin	Arcussinus
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body - Mass - Index
CCI	Charlson - Comorbidity - Index
CT	Computertomografie
DMP	Dual - Mobility - Pfanne, tripolare Pfanne
EPRD	Deutsches Endoprothesenregister
et al.	et alii, et aliae, et alia, und Mitarbeiter
FKN	Femurkopfnekrose
FU	Follow - up
GS	Girdlestonesituation
HR	Hazard Ratio
IPD	Intraprothetische Dislokation
IQR	Interquartile Range, Interquartilsabstand
KI	Konfidenzintervall
LSZ	Lewinnek Safe Zone
mod. HHS	Modifizierter Harris - Hip - Score
HTEP	Hüfttotalendoprothese
MoM	Metal on Metal
MW	Mittelwert
MRT	Magnetresonanztomografie
OP	Operation
OR	Odds Ratio
PACS®	Picture Archiving and Communication System
PE	Polyethylen
PI	Primärimplantation
PMMA	Polymethylmethacrylat
PPI	Periprothetische Infektion
PROM	Patient Reported Outcome Measure
ROM	Range of Motion, Bewegungsradius
SD	Standard Deviation, Standardabweichung
SHF	Schenkelhalsfraktur
SMP	Standard - Mobility - Pfanne
SPSS®	Superior Performing Software System
THA	Total Hip Arthroplasty
WHO	World Health Organization
5YSR	5 - year survival rate, 5 - Jahres - Überlebensrate

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Klassifikation der HTEP-Luxation nach Dorr, 1982 <sup>48</sup> .....	12
Tab. 2: Klassifikation der HTEP-Luxation nach Wera, 2012 <sup>49</sup> .....	12
Tab. 3: Charité-Klassifikation der HTEP-Luxation, 2012 <sup>50</sup> .....	12
Tab. 4: Fallzahlen exkludierter Patienten.....	27
Tab. 5: Score der American Society of Anesthesiologists mit Definitionen der Klassifikation <sup>59</sup> .....	29
Tab. 6: Charlson-Comorbidity-Indices mit entsprechenden Ein-Jahres-Mortalitätsraten <sup>62</sup> .....	30
Tab. 7: Klassifikation azetabulärer Knochendefekte nach Paprosky <sup>141</sup> .....	34
Tab. 8: Klassifikation femoraler Knochendefekte nach Paprosky <sup>142</sup> .....	34
Tab. 9: Modifizierter Harris - Hip - Score der Gesamtkohorte.....	43
Tab. 10: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Geschlechterverteilung in der Gesamtkohorte.....	44
Tab. 11: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Alters in der Gesamtkohorte.....	44
Tab. 12: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der Gesamtkohorte.....	45
Tab. 13: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des ASA-Scores in der Gesamtkohorte.....	45
Tab. 14: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des CCI in der Gesamtkohorte.....	46
Tab. 15: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand spezifischer Komorbiditäten in der Gesamtkohorte.....	46
Tab. 16: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand bilateraler HTEP in der Gesamtkohorte.....	47
Tab. 17: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand azetabulärer Knochendefekte in der Gesamtkohorte.....	47
Tab. 18: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand femoraler Knochendefekte in der Gesamtkohorte.....	47
Tab. 19: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Luxationszeitpunktes in der Gesamtkohorte.....	48
Tab. 20: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsanzahl in der Gesamtkohorte.....	48
Tab. 21: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsrichtung in der Gesamtkohorte.....	49
Tab. 22: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Indikation der Primärimplantation der HTEP in der Gesamtkohorte.....	49
Tab. 23: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Ätiologie in der Gesamtkohorte.....	50
Tab. 24: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der Gesamtkohorte.....	52
Tab. 25: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Anzahl an Vorrevisionen in der Gesamtkohorte.....	53
Tab. 26: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Zeit bis zur Indexrevision in der Gesamtkohorte.....	53
Tab. 27: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des chirurgischen Zugangs in der Gesamtkohorte.....	53

Tab. 29: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der Gesamtkohorte.....	54
Tab. 30: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Verwendung einer DMP in der Gesamtkohorte.....	55
Tab. 29: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Verwendung eines Constrained Liners in der Gesamtkohorte.....	55
Tab. 31: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Kopfgröße in der Gesamtkohorte.....	56
Tab. 32: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand postoperativer röntgenologisch vermessender Parameter der Hüft-Biomechanik in der Gesamtkohorte.....	57
Tab. 33: Vergleich demografischer Variablen zwischen der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	60
Tab. 34: Vergleich der Überlebensraten zwischen der Gesamtkohorte, der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	61
Tab. 35: Modifizierte Harris - Hip - Scores der DMP - Kohorte und SMP - Kohorte.....	63
Tab. 36: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Geschlechterverteilung in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	64
Tab. 37: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Alters in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	64
Tab. 38: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	65
Tab. 39: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des ASA-Scores in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	66
Tab. 40: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des CCI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	67
Tab. 41: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand spezifischer Komorbiditäten in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	68
Tab. 42: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand bilateraler HTEP in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	69
Tab. 43: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand azetabulärer Knochendefekte in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	69
Tab. 44: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand femoraler Knochendefekte in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	70
Tab. 45: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Luxationszeitpunktes in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	71
Tab. 46: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsanzahl in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	71
Tab. 47: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsrichtung in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	72
Tab. 48: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Indikation der Primärimplantation der HTEP in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	72
Tab. 49: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Ätiologie in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	74

Tab. 50: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	76
Tab. 51: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Anzahl an Vorrevisionen in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	77
Tab. 52: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Zeit bis zur Indexrevision in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	78
Tab. 53: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des chirurgischen Zugangs in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	79
Tab. 54: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	80
Tab. 55: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Kopfgröße in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	81
Tab. 56: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Verankerungskonzepts der DMP in der DMP-Kohorte.....	82
Tab. 57: Vergleich des Therapieerfolgs- und versagens anhand postoperativer röntgenologisch vermessener Parameter der Hüft-Biomechanik in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	83
Tab. 58: Überlebensraten in der Subkohorte der Constrained Liner.....	89
Tab. 59: Modifizierter Harris - Hip - Score der Subkohorte der Constrained Liner.....	90
Tab. 60: Vergleich demografischer Variablen zwischen der DMP-Subkohorte und der Constrained-Subkohorte..	90
Tab. 61: Übersicht über Studien, die den Therapieerfolg der Revision der luxierten HTEP untersuchten.....	91
Tab. 62: Übersicht über Studien, die den Therapieerfolg der Revision der luxierten HTEP mittels DMP untersuchten.....	100



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anteriore Luxation einer zementfreien HTEP.....	11
Abb. 2: Anteriore Luxation einer zementfreien HTEP im Zustand nach langstreckiger lumbaler Spodylodese....	15
Abb. 3: Range of Motion & Jumping Distance kleiner (22 mm) und großer (36 mm) Prothesenköpfe.....	21
Abb. 4: Schema der Funktionsweise gekoppelter Inlays.....	22
Abb. 5: Schema der Funktionsweise von Dual-Mobility-Pfannen.....	23
Abb. 6: Mögliche Techniken der Verankerung einer DMP.....	24
Abb. 7: Posteriore Luxation einer Femurersatzprothese bei hochgradiger pelvitrochantärer Insuffizienz.....	27
Abb. 8: Schema des Selektionsprozesses bei der Patienteninklusion.....	28
Abb. 9: Polarcup®-Pfanne links; Maximotion®-Pfanne rechts.....	31
Abb. 10: Messung der Beinlängendifferenz und Pfanneninklination am Röntgenbild.....	32
Abb. 11: Messung der Pfannenanteversion nach Lewinnek am Röntgenbild.....	33
Abb. 12: Messung des femoralen und azetabulären Offsets am Röntgenbild.....	33
Abb. 13: Messung der horizontalen und vertikalen Abweichung des rekonstruierten vom anatomischen Rotationszentrum nach Fessy am Röntgenbild.....	34
Abb. 14: Geschlechterverteilung in der Gesamtkohorte.....	37
Abb. 15: ASA-Score in der Gesamtkohorte zum Zeitpunkt der Indexrevision.....	38
Abb. 16: CCI in der Gesamtkohorte zum Zeitpunkt der Indexrevision.....	39
Abb. 17: Kaplan - Meier - Kurve für den Endpunkt Re - Luxation in der Gesamtkohorte.....	41
Abb. 18: Kaplan - Meier - Kurven für die Endpunkte Re - Revision durch Re - Luxation und Re - Revision jeglicher Indikation in der Gesamtkohorte.....	42
Abb. 19: Fließschema Therapieversagen.....	43
Abb. 20: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Geschlechterverteilung in der Gesamtkohorte.....	44
Abb. 21: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der Gesamtkohorte.....	45
Abb. 22: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Vorliegens pelvitrochantärer Insuffizienz in der Gesamtkohorte.....	51
Abb. 23: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der Gesamtkohorte.....	52
Abb. 24: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der Gesamtkohorte.....	55
Abb. 25: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Kopfgröße in der Gesamtkohorte.....	57
Abb. 26: Kaplan-Meier-Kurve für den Endpunkt Re-Luxation in der DMP-Kohorte und SMP-Kohorte.....	61
Abb. 27: Kaplan-Meier-Kurve für den Endpunkt Re-Revision durch Re-Luxation in der DMP-Kohorte und SMP-Kohorte.....	62
Abb. 28: Kaplan-Meier-Kurve für den Endpunkt Re-Revision jeglicher Indikation in der DMP-Kohorte und SMP-Kohorte.....	62
Abb. 29: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Alters in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	65

Abb. 30: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	66
Abb. 31: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des CCI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	67
Abb. 32: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Vorliegens pelvitrochantärer Insuffizienz in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	76
Abb. 33: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	77
Abb. 34: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte.....	81
Abb. 35: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Verankerungskonzepts der DMP.....	83
Abb. 36: Versorgung mit einem Constrained Liner nach rezidivierender posteriorer HTEP-Luxation bei Alzheimerdemenz und Sturzneigung.....	89
Abb. 37: Anteriore Re-Luxation einer in eine zementfreie Revisionspfanne zementierten DMP.....	101
Abb. 38: Posteriore Luxation einer zementierten HTEP bei Kopf-Konus-Dissoziation aus einer DMP (zementierte Advantage®-Pfanne, Firma Zimmer Biomet, Warsaw, USA).....	102

## Abstract (Deutsch)

**Einleitung:** Die Luxation der Hüfttotalendoprothese (HTEP) zählt zu den häufigsten Revisionsursachen. In der Primär- und Revisionsendoprothetik werden zunehmend Dual-Mobility-Pfannen (DMP) eingesetzt, um das Luxationsrisiko zu verringern. Es gibt aber nur wenig Daten über die Wirksamkeit der DMP bei Revision aufgrund rezidivierender Luxation. Das Ziel dieser Arbeit war es, die Ergebnisse der Revision luxierter HTEPs zu analysieren und zu untersuchen, ob DMP das Risiko einer Re-Luxation im Vergleich zu Standard-Mobility-Pfannen (SMP) reduzieren.

**Methodik:** Diese retrospektive monozentrische Kohortenstudie inkludierte 100 Patienten, die im Zeitraum von 2012 bis 2019 aufgrund einer HTEP-Luxation revidiert wurden. 45 Patienten (45%) wurden mit einer DMP versorgt, 44 Patienten (44%) hatten eine SMP und 11 Patienten (11%) erhielten einen Constrained Liner. Das mittelfristige Implantatüberleben wurde für die Endpunkte „Re-Luxation“, „Re-Revision aufgrund Re-Luxation“ und „Re-Revision jeglicher Ursache“ evaluiert. Risikofaktoren für eine Re-Luxation wurden mithilfe univariater Cox-Regression identifiziert. Das klinische Outcome wurde mittels modifiziertem Harris-Hip-Score (mod. HHS) erfasst. Das mittlere Follow-up betrug 52,3 Monate (1-105).

**Ergebnisse:** Die Fünf-Jahres-Überlebensraten betragen 84 % (Re-Luxation), 90 % (Re-Revision aufgrund Re-Luxation) und 79 % (Re-Revision jeglicher Ursache). Das Implantatüberleben war für alle drei Endpunkte bei Patienten mit DMP um 5,3 %, 4,2 % und 7,8 % höher im Vergleich zu Patienten mit SMP ( $p=0,530$ ;  $0,673$ ;  $0,695$ ). Für die Gesamtkohorte konnten ein geringer American Society of Anesthesiologists (ASA) Score (HR 0,38;  $p=0,030$ ) und ein isolierter Gleitpaarungswechsel (HR 3,54;  $p=0,018$ ) als signifikante Risikofaktoren für eine Re-Luxation identifiziert werden. In der DMP-Kohorte konnten ein geringes Patientenalter (HR 0,91;  $p=0,020$ ), ein geringer Charlson Comorbidity Index (CCI) (HR 0,42;  $p=0,031$ ), eine geringe Polyethylen-Kopfgröße (HR 1,25;  $p=0,041$ ) und die Zementierung der DMP in ein fest verankertes Pfannensystem (HR 8,23;  $p=0,022$ ) als Risikofaktoren nachgewiesen werden. Bei allen Patienten mit Re-Luxation einer DMP zeigte sich eine pelvitrochantäre Insuffizienz (HR 45,50;  $p=0,315$ ). Die Analyse radiologischer Parameter erbrachte keinen Zusammenhang zwischen der Rekonstruktion der Hüftbiomechanik und dem Risiko einer Re-Luxation. Insgesamt zeigte sich nach der Indexrevision ein signifikanter Anstieg des mod. HHS um 25 Punkte ( $p<0,001$ ).

**Schlussfolgerung:** Der Einsatz einer DMP konnte die Re-Luxations- und Re-Revisions-Raten im Vergleich zu SMP reduzieren, aber in 11 % der Fälle eine Re-Luxation nicht verhindern. Jüngere, gesündere Patienten mit pelvitrochantärer Insuffizienz haben ein erhöhtes Rezidivrisiko. Obwohl die DMP das Implantat der Wahl bei rezidivierender Luxation darstellt, scheinen die Integrität des Abduktorenkomplexes und die Korrektur einer Komponentenfehlstellung entscheidende Eckpfeiler zu sein, um weitere Luxationen sicher zu vermeiden.

**Abstract (English)**

**Introduction:** The dislocation of a total hip arthroplasty (THA) is one of the most frequently occurring causes of revision hip surgery. Dual-Mobility-Cups (DMC) are increasingly used in primary and revision arthroplasty to reduce the risk of dislocation. However, there is limited data on the efficacy of DMC in revision due to recurrent dislocation. The aim of this work was to analyse the results of revision THA following dislocation and to investigate whether DMC reduce the risk of re-dislocation compared to Standard-Mobility-Cups (SMC).

**Methods:** This retrospective monocentric cohort study recruited 100 patients that underwent revision THA due to recurrent luxation in the time from 2012 to 2019. 45 patients (45%) received a DMC, 44 patients (44%) had a SMC, and 11 patients (11%) received a constrained liner. Mid-term implant survival was evaluated for three clinical endpoints: “re-dislocation”, “re-revision for re-dislocation” and “re-revision for any reason”. Risk factors for re-dislocation were evaluated by univariate Cox regression analysis. Clinical outcomes were measured with modified Harris-Hip-Scores (mod. HHS). Mean Follow-up was 52,3 months (1-105).

**Results:** Five-year survival rates were 84 % (re-dislocation), 90 % (re-revision for re-dislocation) and 79 % (re-revision for any reason). Implant survival was 5.3 %, 4.2 % and 7.8 % higher in patients fitted with DMC compared with SMC ( $p=0.530$ ;  $0.673$ ;  $0.695$ ). For the overall cohort, a low American Society of Anesthesiologists (ASA) score (HR 0.38;  $p=0.030$ ) and isolated head and liner exchange (HR 3.54;  $p=0.018$ ) were identified as significant risk factors for re-dislocation. In the DMC cohort, younger patient age (HR 0.91;  $p=0.020$ ), a low Charlson Comorbidity Index (CCI) (HR 0.42;  $p=0.031$ ), low polyethylene head size (HR 1.25;  $p=0.041$ ) and cementation of the DMC into a fixed acetabular system (HR 8.23;  $p=0.022$ ) were revealed to be risk factors. In all patients with re-dislocation of a DMC, there was abductor deficiency (HR 45,50;  $p=0,315$ ). Radiological analysis did not indicate a relationship between restoration of hip biomechanics and the risk of re-dislocation. Overall postoperative improvement of the mod. HHS after the index revision was 25 points in the total population ( $p<0,001$ ), with no difference in the correction of the function status between DMC and SMC.

**Conclusion:** Usage of a DMC reduced re-dislocation and re-revision rates compared to SMC, but did not eliminate re-dislocation in 11 % of cases. Especially younger and healthier patients with impaired abductor integrity showed higher risk for failure. Although the DMC is currently the implant of choice in revision THA for recurrent dislocation, the abductor complex must be restored and component malpositioning corrected in order to prevent further dislocations.

## 1. Einleitung

### 1.1 Überblick

Die Gesellschaft der industrialisierten Welt altert, woraus sich immense strukturelle und finanzielle Herausforderungen für das Gesundheitssystem ergeben<sup>1,2</sup>. Mit der steigenden Lebenserwartung geht auch eine Erhöhung der Prävalenz muskuloskeletaler Erkrankungen einher, welche global als führende Ursache für körperliche Beeinträchtigungen, chronische Schmerzen und den Verlust an Lebensqualität gelten<sup>3</sup>. Die WHO prognostizierte im Rahmen der 2010 erneut ausgerufenen „Bone and Joint Decade“ eine Verdopplung der von Knochen- und Gelenkerkrankungen betroffenen Menschen bis zum Jahr 2020 infolge des demografischen Wandels<sup>3</sup>. Die Osteoarthritis stellt die weltweit häufigste chronisch-degenerative Gelenkerkrankung dar<sup>3,4</sup> und effiziert mehr Einschränkungen und Behinderungen in der älteren Bevölkerung als jede andere Krankheitsentität<sup>5</sup>. Darüber hinaus verursacht das Krankheitsbild Arthritis eine enorme volkswirtschaftliche und gesundheitsökonomische Belastung. Bereits im Jahr 2020 entfielen in Deutschland über 12 Mrd. Euro auf die Behandlung und Rehabilitation von Arthrosepatienten<sup>6</sup>. Das Hüftgelenk (Koxarthrose) gilt neben dem Kniegelenk (Gonarthrose) als häufigster Manifestationsort der Arthritis<sup>7</sup>. Die Endoprothetik nimmt eine zentrale Rolle bei der Therapie der Koxarthrose ein, wobei die Ausschöpfung gelenkerhaltender Therapieoptionen, wie der medikamentösen Behandlung mit Analgetika, des Muskelaufbaus mithilfe von Physiotherapie oder der Gewichtsreduktion, vorangestellt wird. Bei Versagen dieser konservativen Methoden verbleibt als einzige Option meist nur der operative Ersatz des Hüftgelenks durch eine Totalendoprothese (HTEP)<sup>8</sup>. Die symptomatische Koxarthrose stellt die häufigste Indikation (> 80 %) für einen totalendoprothetischen Gelenkersatz der Hüfte dar<sup>8</sup>. Ziele des Eingriffs sind eine verbesserte Lebensqualität sowie die Wiederherstellung einer bestmöglichen Funktionalität, Mobilität und Schmerzfreiheit. Eine lange Standzeit bei guter Belastbarkeit der Prothese und die Vermeidung von Komplikationen sind wichtige Voraussetzungen für ein selbstbestimmtes Leben im Alter, welches sich die United Nations mit der aktuellen „Decade of Healthy Ageing“ zum Ziel gesetzt hat<sup>9</sup>. Zum Zeitpunkt der Primärimplantation (PI) sind Patienten im Durchschnitt 69 Jahre alt<sup>10</sup>. Als eine der erfolgreichsten operativen Prozeduren in der Orthopädie gilt die Implantation der HTEP als Operation (OP) des Jahrhunderts<sup>11</sup>. Angesichts der demografischen Entwicklung ist ein Anstieg der Implantationen von HTEPs zu erwarten, der sich auch im jährlichen Qualitätsreport des vom Gemeinsamen Bundesausschuss (G-BA) beauftragten Instituts für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) widerspiegelt. So zeigte sich im Bericht von 2019 eine steigende Tendenz der HTEP-Erstimplantationen von 232.685 im Jahr 2017 zu 233.884 Eingriffen im Vorjahr 2018<sup>10</sup>. Mit der international erwarteten Zunahme an Hüftprothesenimplantationen um 170 % bis zum Jahr 2030, die auch für Deutschland zutreffen dürfte, könnte die absolute Anzahl an Revisionsoperationen und den hiermit verbundenen Komplikationen ebenfalls steigen<sup>12,13</sup>. Diese Annahme bestätigt sich bereits, wenn man anhand des Deutschen Endoprothesenregisters (EPRD) das Verhältnis von Wechseloperationen zu Primäroperationen im Jahr 2016 (8,58:1) mit 2021 (8,93:1) vergleicht<sup>14,15</sup>.

Obwohl die Primärversorgung mit einer HTEP als Routineeingriff gilt, ist ein Zusammenhang zwischen der Komplikationshäufigkeit und dem Operationsaufkommen erkennbar. Hohe Fallzahlen, die nur in spezialisierten Zentren realisiert werden können, haben einen positiven Einfluss auf das Outcome<sup>16,17</sup>. Postoperative Komplikationen, welche Revisionsoperationen zur Folge haben, stellen eine große Herausforderung für Patient und Behandler dar. Im Gegensatz zu den anderen, eher sukzessiv und progressiv auftretenden Komplikationen, führt insbesondere die Luxation der HTEP zu einem plötzlichen, für die Betroffenen oft traumatischen Prothesenversagen mit Immobilität, Schmerzen und nicht selten erheblichem Vertrauensverlust in ihr Kunstgelenk sowie den behandelnden Orthopäden.

## **1.2 Epidemiologie**

Die HTEP-Luxation gilt als eine der komplexesten Komplikationen in der Hüftendoprothetik und ist laut dem EPRD mit 13 % nach der aseptischen Prothesenlockerung (24,4 %), der periprothetischen Infektion (PPI) (16,7 %) und der periprothetischen Fraktur (14,3 %) die vierthäufigste Ursache für eine Revisionsoperation am künstlichen Hüftgelenk<sup>15</sup>. Auch die Auswertungen anderer nationaler Prothesenregister zeigten, dass 12-14 % der Revisionen auf ein Luxationsereignis zurückzuführen sind<sup>18,19</sup>. In Neuseeland versagen primäre HTEPs mit 21 % am häufigsten aufgrund einer Luxation<sup>20</sup>. Ähnlich verhält es sich in Australien, wo die Luxation mit 20,8 % an zweiter Stelle der Revisionsursachen steht<sup>21</sup>. Dabei beträgt die Inzidenz einer HTEP-Luxation nach primärer endoprothetischer Versorgung weltweit 1-5 % und steigt im Revisionsfall auf 5-28 %.<sup>22-31</sup> Bezogen auf die Fallzahlen der primären Implantationen von HTEPs in Deutschland für das Jahr 2018 bedeutet dies, dass bis zu 11.700 Patienten in diesem Jahr eine Luxation erlitten<sup>10</sup>. Gemäß der Definition der Europäischen Union (EU) gilt die HTEP-Luxation somit als seltene Erkrankung<sup>32</sup>. 77 % der Luxationen ereignen sich im ersten postoperativen Jahr<sup>33</sup> und innerhalb der ersten zwei Jahre nach der Operation bildet die HTEP-Luxation die häufigste Ursache für eine Revisionsoperation<sup>34</sup>.

## **1.3 Klinik**

Per definitionem liegt bei der Luxation einer HTEP ein vollständiger Kontaktverlust der Artikulationspartner (Kopf und Inlay/Pfanne) vor. Die Subluxation hingegen bezeichnet subjektiv wahrgenommene transiente Instabilitätssensationen ohne komplette Ausrenkung<sup>35</sup>. Damit stellt die HTEP-Luxation ein Versagen jener individuellen Hüftgelenksmechanik dar, die es im Rahmen der Prothesenimplantation wiederherzustellen gilt<sup>36</sup>. Klinisch präsentiert sich die betroffene untere Extremität in der Regel verkürzt und fehlrotiert (außenrotiert bei anteriorer Luxation und innenrotiert bei posteriorer Luxation). Normalerweise liegen ein vollständiger Funktionsverlust mit insuffizientem bis unmöglichem Stand und Gang und starke Schmerzen infolge der Weichteildistension vor. Auch periartikuläre Knochendefekte und vaskuläre Verletzungen können bei traumatischem Luxationshergang resultieren und zur schmerzhaften Situation beitragen. Eine rasche Reposition ist daher unabdingbar. Rezidivierende HTEP-Luxationen gehen zudem mit einer massiven psychischen Belastung einher.

## 1.4 Ätiologie

### 1.4.1 Luxationsmechanismen

Die Ätiologie der HTEP-Luxation lässt sich häufig auf eine multifaktorielle Genese zurückführen. Grundsätzlich existieren zwei Mechanismen, die isoliert oder in Kombination zur Luxation einer HTEP führen können <sup>36-39</sup>:

1. Luxation durch Heraushebeln des Prothesenkopfes aus der Gelenkpfanne bei Impingement (Einklemmung) der Komponenten (durch suboptimale Implantatwahl oder -position) oder der periartikulären knöchernen oder weichteiligen Strukturen <sup>40</sup>.
2. Luxation durch exzessive femorale Translation bei mangelnder kapsulärer Stabilität und / oder insuffizienter pelvitrochantärer Muskulatur <sup>38</sup>.

Faktoren, welche die Kongruenz der Gelenkpartner herabsetzen (Gelenkerguss, Abrieb durch Polyethylen (PE) oder Metall), begünstigen die genannten Mechanismen <sup>41</sup>. Ein Impingement kann durch folgende Konstellationen auftreten:

1. Prothesen-Prothesen-Impingement (bei kleinen Köpfen 22-28 mm, erhöhter Kopf-Hals-Ratio)  
→ primäres Impingement
2. Knochen-Knochen-Impingement (Kontakt zwischen Femur / Trochanter major und knöchernem Becken, bei vermindertem femoralen Offset und / oder Beinlängenverkürzung)  
→ sekundäres Impingement
3. Prothesen-Knochen-Impingement (bei Belassen pelviner Osteophyten oder periartikulärer Ossifikationen)

### 1.4.2 Luxationsrichtungen

Eine HTEP kann prinzipiell in vier anatomische Richtungen luxieren, die mit gewissen mechanischen Ursachen korrelieren. Die Richtung der Luxation ist zudem in hohem Maße abhängig von der Wahl des chirurgischen Zugangs, sodass von dorsal implantierte HTEPs potenziell eher nach posterior und über einen anterolateralen Zugang operierte Hüften eher nach anterior luxieren <sup>33</sup>.

1. Die posteriore Luxation stellt in historischen Studien die häufigste Entität dar <sup>33</sup> und resultiert aus einer kombinierten Innenrotation, Adduktion und starker Flexion, beispielsweise beim Aufstehen aus einer tiefen Sitzposition. Ursächlich ist ein ventrales Prothesenimpingement bei fehlender Pfannenante- bzw. bei Pfannenretroversion <sup>8</sup>.

2. Die anteriore Luxation ergibt sich bei Außenrotation und Adduktion der gestreckten Hüfte. Hier liegt ein dorsales Impingement unter erhöhter Pfannenanteversion zugrunde <sup>8</sup>.
3. Die kraniale Luxation wird ebenfalls durch simultane Adduktion und Extension im Hüftgelenk induziert. Sie ist die Folge einer erhöhten Pfanneninklination. In der Regel liegt eine Tendenz nach anterior oder posterior vor <sup>42, 43</sup>.
4. In Einzelfällen kann eine HTEP auch nach kaudal in das Foramen obturatorium dislozieren <sup>44</sup>.



Abb. 1: Anteriore Luxation einer zementfreien HTEP

### 1.5 Klassifikation

HTEP-Luxationen lassen sich anhand des zeitlichen Aspekts ihres postoperativen Auftretens einteilen. So wird zwischen Frühluxationen (< drei Monate nach OP) und Spätluxationen (> drei Monate nach OP) unterschieden <sup>33</sup>. Nach Woo und Morrey tritt mehr als die Hälfte (59 %) aller HTEP-Luxationen als Frühluxation innerhalb der ersten drei postoperativen Monate auf, so luxierten 59 % (n = 196 von 331) in den ersten drei postoperativen Monaten und 77 % (n = 257 von 331) innerhalb des ersten Jahres bei einer Gesamtfallzahl von 10.500 primären HTEPs <sup>33</sup>. Als Ursache für das häufigere Auftreten der Frühluxation wird das intraoperativ induzierte periartikuläre Weichgewebstrauma mit postoperativer Schwächung von Gelenkkapsel und pelvitrochantärer Muskulatur diskutiert <sup>45</sup>. Der Spätluxation liegen oftmals multiple Ursachen zugrunde, häufig jedoch andere Komplikationen wie PPI, PE- oder Metallabrieb bei Gleitpaarungsaufbrauch, Pfannen- oder Schaftlockerung/-migration und periprothetische Frakturen <sup>46</sup>. Spätluxationen sind darüber hinaus durch ein höheres Rezidivrisiko als Frühluxationen gekennzeichnet <sup>47</sup>.



Das erste Klassifikationssystem, welches sich an den grundsätzlichen mechanischen Ursachen der Instabilität (Prothesenmalposition und Gelenk laxizität) orientiert, stammt von Dorr et al. <sup>48</sup>.

Tab. 1: Klassifikation der HTEP-Luxation nach Dorr, 1982 <sup>48</sup>

Typ	Beschreibung	Häufigkeit (n=39)
I	Keine Prothesenmalposition oder Weichteilimbalance	31 %
II	Malposition der azetabulären und / oder femoralen Komponente	23 %
III	Weichteilimbalance	33 %
IV	Malposition und Weichteilimbalance	13 %

Können die Luxationsursachen nicht eruiert werden, bleibt die Ätiologie der Instabilität oft unklar, weshalb Wera et al. diesen Aspekt in der Einteilung der Luxationsursachen berücksichtigt <sup>49</sup>.

Tab. 2: Klassifikation der HTEP-Luxation nach Wera, 2012 <sup>49</sup>

Typ	Beschreibung	Häufigkeit (n=75)
I	Inkorrekte Pfannenorientierung	33 %
II	Inkorrekte Schaftorientierung	8 %
III	Insuffizienz des Abduktor - Trochanter - Komplexes	36 %
IV	Impingement	9 %
V	PE - Abrieb	7 %
VI	Unklare Ätiologie (Ausschlussdiagnose)	7 %

Aufgrund der häufigen Koinzidenz verschiedener Entitäten und der erschwerten Zuordnung ätiologisch uneindeutiger Luxationen erfolgte eine Modifizierung der bestehenden Einteilung nach Wera, was zur Etablierung der Charité-Klassifikation führte <sup>50</sup>.

Tab. 3: Charité-Klassifikation der HTEP-Luxation, 2012 <sup>50</sup>

Typ	Beschreibung
I	Malposition der azetabulären und / oder femoralen Komponente
II	Pelvitrochantäre Insuffizienz
III	Impingement
IV	Verminderung der Gleitpaarungskongruenz durch Abrieb oder Gelenkerguss
V	Kombinierte Verursachung

## 1.6 Risikofaktoren der Luxation

Die Kenntnis über das Vorliegen luxationsfördernder Faktoren ist essenziell für ein optimales präventives und therapeutisches Vorgehen, doch die Unterteilung der Risikofaktoren in Kategorien wird in der Literatur uneinheitlich gehandhabt. In der vorliegenden Arbeit wurde sich für eine Gliederung in patienten-, luxations-, indikations-, operations- und implantatsspezifische Risikofaktoren mit gesonderter Betrachtung der Prothesenpositionierung im Rahmen der Evaluierung radiologischer Parameter entschieden, um in Anbetracht der Vielzahl potenzieller beeinflussbarer und nicht beeinflussbarer Einflussfaktoren eine bestmögliche Struktur und Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

### 1.6.1 Patientenspezifische Risikofaktoren

Patientenspezifische Einflussfaktoren müssen bei der präoperativen Risikoeinschätzung durch den Operateur berücksichtigt werden und sollten in besonderem Maße in die Patientenaufklärung einfließen<sup>39</sup>. Folgende Risikofaktoren wurden bereits in anderen Studien diskutiert: Geschlecht, Alter, Body Mass Index (BMI), allgemeine Komorbidität, spezifische neurologische, psychiatrische und orthopädische Nebenerkrankungen, knöcherne Defekte des Azetabulums und Femurs sowie die operierte Seite. Im Folgenden werden Ergebnisse dieser Studien dargelegt.

Frauen sind häufiger von HTEP-Luxationen betroffen<sup>33, 51-53</sup> und weibliches Geschlecht wird in der wissenschaftlichen Literatur kontrovers als Risikofaktor diskutiert. Anhand einer großen Studienkohorte von 5.459 primären HTEPs konnten Berry et al. ein verdoppeltes kumulatives Luxationsrisiko von 8,9 % bei Frauen gegenüber 4,5 % bei Männern innerhalb von 25 Jahren nachweisen, wobei Frauen sowohl einem erhöhten Risiko für Früh- als auch für Spätluxationen unterlagen<sup>53</sup>. Untersuchungen der Arbeitsgruppen um Wetters et al., Alberton et al. und Meek et al. konnten hingegen keine signifikant erhöhten Luxationsraten bei Frauen feststellen<sup>22, 28, 31</sup>.

Hohes Alter ist möglicherweise infolge von Sarkopenie, verminderter Propriozeption (Tiefensensibilität), potenzieller Sturzneigung und vermehrten spezifischen Komorbiditäten mit einem erhöhten Luxationsrisiko vergesellschaftet<sup>54</sup>. So steigt die Luxationsrate nach Woo und Morrey ab einem Alter von 80 Jahren um das Zwei- bis Dreifache<sup>33</sup>. Darüber hinaus erleiden Patienten höheren Alters signifikant häufiger Komplikationen wie transfusionsbedürftige Blutungen, postoperatives Delir und Harnwegsinfektionen<sup>55</sup>. Esposito et al. proklamieren hingegen auch ein erhöhtes Risiko für jüngere Patienten und zeigten anhand von 22.079 primären HTEPs ein verdoppeltes Luxationsrisiko für Patienten älter als 70 (HR 2,28; 95 % KI 1,15-4,58; p=0,019) und jünger als 50 Jahre (HR 1,90; 95 % KI 1,20-3,01; p=0,007)<sup>56</sup>.

Adipositas kann das Luxationsrisiko für primäre HTEPs und Revisionsprothesen erhöhen<sup>57, 58</sup>. Eine Metaanalyse von Haverkamp et al. aus dem Jahr 2011 konnte außerdem ein dreifach erhöhtes Risiko für PPI ab einem BMI von über 30 kg/m<sup>2</sup> nachweisen<sup>58</sup>. Gleichzeitig kann Übergewicht infolge

funktioneller Bewegungslimitationen im Alltag aber auch protektiv gegenüber Luxationsereignissen wirken, da tiefe Flexion und starke Adduktion im Hüftgelenk erschwert sein können<sup>22, 37</sup>.

Das gebräuchlichste prognostische Instrument für perioperative Komplikationen anhand des allgemeinen Gesundheitszustandes bildet die Klassifikation der American Society of Anesthesiologists (ASA)<sup>59</sup>. Score-Werte über 2 stehen möglicherweise in Relation mit Luxationen primärer HTEPs<sup>31, 60, 61</sup>. Ein Zusammenhang zwischen Protheseninstabilität und der allgemeinen Komorbidität, klassifiziert mittels Charlson-Komorbiditätsindex (CCI)<sup>62</sup>, wurde bisher nicht eindeutig in der Literatur beschrieben.

Neuromuskuläre Erkrankungen wie Morbus Parkinson, Multiple Sklerose, amyotrophe Lateralsklerose, Zerebralparese, Myasthenia gravis, Poliomyelitis, Muskeldystrophien, Epilepsien und der Apoplex cerebri, welche mit Koordinationsstörungen und pathologisch erhöhtem oder vermindertem Muskeltonus einhergehen, führen zu einer deutlich erhöhten Inzidenz von HTEP-Luxationen, wie in zahlreichen Studien dargelegt wurde<sup>28, 31, 51, 63-64</sup>. Problematisch ist auch das Risikopotential, das sich aus der reduzierten Therapieadhärenz bezüglich postoperativer Bewegungseinschränkungen unter psychiatrischen Störungsbildern wie Demenzen, Psychosen, deliranten Zuständen, kognitiven Dysfunktionen und vor allem Alkoholabusus ergibt<sup>57, 65-67</sup>.

Das Risiko einer HTEP-Luxation ist mit einer Reihe an orthopädischen Nebenerkrankungen assoziiert. So steigern Funktionsdefizite anderer Gelenke, wie kontralaterale Hüfterkrankungen und -prothesen oder ipsilaterale Arthrodesen des Kniegelenks die Luxationsneigung<sup>36</sup>. Von erheblichem Einfluss ist zudem die pathologische Interaktion des Hüftgelenks mit der lumbosakralen Wirbelsäule im Rahmen eines gestörten spinopelvinen Alignments. Mobilitätslimitierungen des sogenannten lumbopelvinen Komplexes infolge spinaler Komorbiditäten wie der lumbalen Spinalkanalstenose oder Spondylitis ankylosans und insbesondere der Zustand nach Spondylodese-Operationen begünstigen die Luxation einer HTEP<sup>61, 66, 68</sup>. Das Luxationsrisiko korreliert mit dem Umfang der spinalen Fusion und betrug in der Studie von Buckland et al. 2,7 % bei Patienten mit einem bis zwei, 4,6 % bei Patienten mit drei bis sieben fusionierten Wirbelsegmenten und 1,6 % bei Patienten ohne spinale Arthrodesen<sup>69</sup>. Esposito et al. wiesen darüber hinaus anhand sagittaler Röntgenaufnahmen der kaudalen Wirbelsäulen- und Beckenregion in stehender und sitzender Position nach, dass Patienten mit einer Luxationsneigung bei der Transition vom Stehen ins Sitzen signifikant weniger Spinalflexion (Lordosierung), weniger Flexibilität im pelvic tilt (Beckenkipfung) und kompensatorisch mehr Hüftflexion aufweisen, wodurch besonders posteriore HTEP-Luxationen provoziert werden<sup>70</sup>. Ein moderates Risiko scheint auch von ausgeprägten periartikulären Knochenläsionen auszugehen. So korreliert das Luxationsrisiko mit dem Ausmaß der azetabulären Defektsituation (OR 1,52), klassifiziert nach Paprosky (vgl. 3.3.1)<sup>22</sup>. Die Seite der einliegenden HTEP, ob links oder rechts, hat keinen Einfluss auf das Luxationsrisiko<sup>54</sup>.

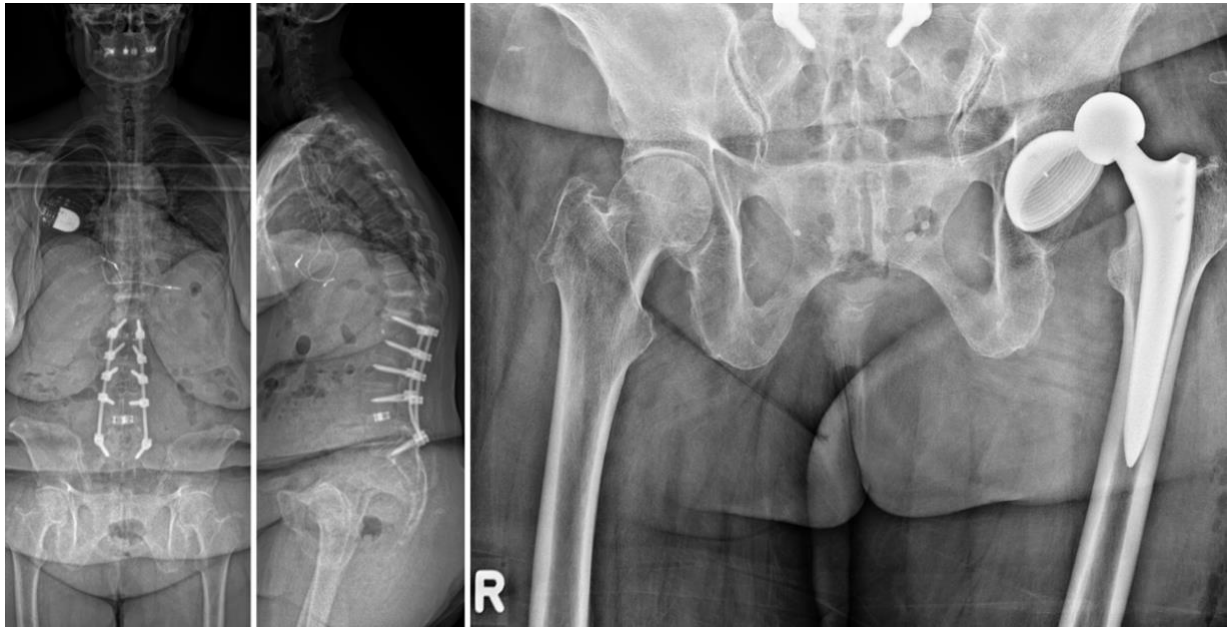


Abb. 2: Anteriore Luxation einer zementfreien HTEP im Zustand nach langstreckiger lumbaler Spondylodese

### 1.6.2 Luxationsspezifische Risikofaktoren

Vorangegangene, konservativ behandelte HTEP-Luxationen begünstigen weitere Luxationen<sup>33</sup>, jedoch gibt es keine Studien, die den Einfluss des Luxationszeitpunktes (Früh- oder Spätluxation) und der Anzahl an Luxationen auf die Rezidivwahrscheinlichkeit beleuchten. Weiterhin gibt die Fachliteratur bisher keine Auskunft darüber, ob eine spezifische Luxationsrichtung (anterior, posterior, kranial) mit einem erhöhten Re-Luxationsrisiko behaftet ist. Die Richtung der Luxation korreliert jedoch zumeist mit dem chirurgischen Zugangsweg (vgl. 1.4.2), dessen Einfluss auf das Luxationsrisiko Gegenstand kontroverser Diskussionen ist (vgl. 1.6.4).

### 1.6.3 Indikationsspezifische Risikofaktoren

Die häufigste Ursache für die PI einer HTEP bildet die klinisch apparente primäre Koxarthrose<sup>9</sup>. Sekundäre Koxarthrosen können durch kongenitale Hüftdysplasie, rheumatisch-entzündliche Erkrankungen, Osteonekrosen des Femurkopfes, gelenknahe Frakturen oder posttraumatisch entstehen<sup>9</sup>. Gewissen Indikationen konnte eine erhöhte Luxationswahrscheinlichkeit zugeordnet werden. Analysen der schwedischen und australischen Endoprothesenregister haben ergeben, dass Koxarthrosen durch Femurkopfnekrosen (FKN) (HR 3,7 bzw. 1,57) und posttraumatische Genese (HR 3,9 bzw. 2,03) mit einem erhöhten Risiko behaftet sind<sup>24,71</sup>. Patienten mit dysplastischer Hüfte sind in der Regel durch eine größere präoperative Beweglichkeit gekennzeichnet, die Prothesenimplantation ist häufig durch azetabuläre Malformation und defizitäre Knochenstruktur erschwert und es werden in der Fachliteratur Luxationsraten von bis zu 3 % für diese Patientengruppe angegeben<sup>72,73</sup>. Für die HTEP-Implantation aufgrund einer Schenkelhalsfraktur (SHF) ist das Luxationsrisiko nach einer schottischen Registerstudie um 50 % gegenüber anderen Primärindikationen erhöht<sup>31</sup>.

Generell gilt für die Revisionschirurgie, dass die zu einer Revision führende Komplikation auch die wahrscheinlichste Ursache für Folgerevisionen ist <sup>74</sup>. Für das Risikoprofil nach Revision einer bereits luxierten HTEP gibt es kaum wissenschaftliche Untersuchungen, welche die ätiologischen Einflussfaktoren mit dem Rezidivrisiko ins Verhältnis setzen.

#### **1.6.4 Operationsspezifische Risikofaktoren**

Zahlreiche operationsspezifische Risikofaktoren der HTEP-Luxation, wie der Einfluss der Voroperationen, chirurgischen Zugänge, Art der Revision und der Erfahrung des Operateurs wurden bereits untersucht. Vorangegangene Revisionsoperationen konnten als signifikanter Risikofaktor für eine Luxation bestätigt werden <sup>33, 67, 75</sup>. Die Anzahl und der Umfang der Voroperationen korrelieren mit der Degeneration der Abduktoren und dem Ausmaß ossärer Deformationen, was die Luxationstendenz begründet <sup>67, 75, 76</sup>. So untersuchten Wera et al. 75 Revisions-HTEPs und stellten fest, dass das Re-Luxationsrisiko mit der Anzahl früherer Wechseloperationen steigt (HR 1,6; p=0,038) <sup>49</sup>.

Eine Vielzahl von Studien der älteren und jüngeren Vergangenheit haben sich mit dem Einfluss des chirurgischen Zugangs auf das Luxationsrisiko primärer HTEPs befasst. Verglichen mit dem anterolateralen und direkt lateralen ist der posteriore Zugang, der zwar eine ausgezeichnete Übersicht über den OP-Situs bietet, bei dem es aber zur Schädigung der Außenrotatoren und der dorsalen Gelenkkapsel kommt, mit einem bis zu sechsfachen Luxationsrisiko vergesellschaftet <sup>33, 77, 78</sup>. Es konnte jedoch auch aufgezeigt werden, dass sich die Luxationsraten des posterioren Zugangs durch suffiziente anatomische Rekonstruktion der dorsalen (Pseudo-)Kapsel und die Naht oder Reinsertion der Außenrotatoren auf das Niveau der ventralen Zugänge von unter 1 % reduzieren lassen <sup>78-80</sup>. Für den Revisionsfall finden sich abermals kaum Angaben. Alberton et al. konnten anhand von 1.548 Revisionen für keinen Zugangsweg ein erhöhtes Luxationsrisiko nachweisen <sup>28</sup> und auch andere Autoren kommen zu dem Schluss, dass viele Zugänge für die Revision der HTEP geeignet sind <sup>81, 82</sup>.

Das Outcome hängt letztlich auch eng mit der Erfahrung des Operateurs zusammen <sup>83</sup>. Hedlundh et al. konnten darstellen, dass das Risiko einer Prothesenluxation mit steigendem Operationsvolumen des Orthopäden abnimmt, indem sich die Komplikationsraten unerfahrener Chirurgen nach einer Lernkurve von etwa 30 Operationen denen erfahrenerer Kollegen annähern <sup>17</sup>.

#### **1.6.5 Implantatsspezifische Risikofaktoren**

Die Auswahl geeigneter Implantate spielt eine entscheidende Rolle bei der Vorbeugung und Therapie der HTEP-Luxation, sowohl in der primären als auch in der Revisionsendoprothetik. Folgende Faktoren wurden diesbezüglich bereits umfangreich beurteilt: die Art der revidierten Prothesenkomponenten, der Durchmesser des Prothesenkopfes, der Einsatz luxationssicherer Inlaydesigns (überhöhte oder gekoppelte Inlays) und Dual-Mobility-Pfannensysteme sowie die Implantatpositionierung.

Die OP-Indikation gibt in der Regel die Art der zu revidierenden Komponenten vor. Per definitionem beinhaltet die HTEP-Revision den Austausch der azetabulären, femoralen und / oder mobilen Prothesenteile (Kopf, Inlay). Ob nun der kombinierte oder alleinige Pfannen- bzw. Schaftwechsel mit gehäufte Instabilität zusammenhängt, wurde durch Kosashvili und Adelani et al. untersucht, die herausfanden, dass ein größeres Luxationsrisiko nach isolierter azetabulärer Revision besteht<sup>84, 85</sup>. In größeren, rezenten Studien konnte dagegen kein eindeutiger Zusammenhang hergestellt werden<sup>22, 28, 86</sup>.

Inzwischen existiert in der Literatur ein Konsens über den wesentlichen Einfluss der Kopfgröße auf die Luxationssicherheit. Je kleiner der Kopfdiameter, desto höher ist das Luxationsrisiko<sup>28, 53, 86-92</sup>. Dieser protektive Effekt größerer Köpfe basiert auf einer Vergrößerung der impingementfreien Range of Motion (ROM) durch günstigere Kopf-Hals-Ratio sowie auf einer Erhöhung der Jumping-Distanz, also der vertikalen Strecke, die der Prothesenkopf bis zur vollständigen Exartikulation zurücklegen muss<sup>93</sup>. Im historischen Verlauf hat insbesondere die Etablierung größerer Köpfe zur Reduktion von HTEP-Luxationen geführt. Beispielsweise wiesen Berry et al. anhand von 21.047 primären HTEPs geringere kumulative Langzeit-Luxationsraten für größere Prothesenköpfe nach, welche 3,8 % für 22 mm-Köpfe, 3 % für 28 mm-Köpfe und 2,4 % für 32 mm Köpfe betragen. Dieses Ergebnis zeigte sich unter Verwendung verschiedener operativer Zugänge (transtrochantär, anterolateral und posterolateral) mit dem größten Effekt in Verbindung mit dem posterolateralen Zugang<sup>87</sup>. Ab einem Kopfdurchmesser von mehr als 36 mm erhöht sich jedoch auch das Risiko des verschleißbedingten Inlayaufbrauchs, da die artikulierende Oberfläche sich erhöht und Stärke des Polyethylens (PE) mit zunehmender Kopfgröße tendenziell abnimmt<sup>94</sup>. Aufgrund der Optimierung der tribologischen Eigenschaften des Polyethylens mit der Etablierung von quervernetztem ultra hochmolekularem PE (highly-crosslinked ultra-high-molecular-weight polyethylene; UHMWPE), mitunter stabilisiert durch antioxidatives Vitamin E, konnten Abriebphänomene reduziert werden<sup>95, 96</sup>.

Überhöhte Inlays stellen eine effektive Option der Prothesenstabilisierung durch Blockierung des Luxationsweges dar, wobei die Überhöhung typischerweise unter Verwendung des posterioren Zugangs am kranio-dorsalen Pfannenrand platziert wird. Signifikante Unterschiede bezüglich abriebinduzierter Komplikationen gegenüber Standard-Inlays konnten bisher nicht nachgewiesen werden. Falsch positionierte überhöhte Inlays können jedoch infolge von Impingement-Erscheinungen das Luxationsrisiko erhöhen<sup>97</sup>. Gekoppelte Inlays (Constrained Liner) bieten zwar initial suffiziente Stabilität, zeigten aber problematische Langzeitverläufe mit hohen Versagensraten von 40 bis 100 % innerhalb von fünf Jahren durch Versagen des Kopplungsmechanismus und Pfannenlockerung<sup>98, 99</sup>. Dual-Mobility-Pfannen (DMP) kommen bei der Revision einer luxierten HTEP in den letzten Jahren zunehmend zur Anwendung. Das Designkonzept der DMP bietet eine hohe Luxationssicherheit (vgl. 1.8.2.2). Die primär aus Registerstudien stammenden Daten stützen die Effektivität der DMP in der Revision instabiler Hüften bei exzellenten kurzfristigen Überlebensraten nach zweijährigem Follow-up (FU) von bis zu 99 % ohne Re-Revision durch Re-Luxation<sup>100-103</sup>. Verglichen mit der Verwendung

tripolarer Pfannen in der Primärendoprothetik zeigte sich jedoch auch eine latente Erhöhung der Komplikationsraten bezüglich aseptischer Pfannenlockerungen in der Revisionsituation nach bis zu fünfjährigen FU<sup>102, 104, 105</sup>. Bisher wurde noch nicht untersucht, welchen Einfluss die Zementierungstechnik auf die Luxationsstabilität hat und ob unterschiedliche Methoden der Implantatverankerung einer DMP im Knochen eventuell mit einem erhöhten Luxationsrisiko einhergehen.

Die korrekte Positionierung der Hüftpfanne hingegen hat unmittelbare Auswirkungen auf die Stabilität des endoprothetisch rekonstruierten Gelenks und wurde in den 1970er Jahren mit der „Safe Zone“ von  $40^\circ \pm 10^\circ$  Inklination und  $15^\circ \pm 10^\circ$  Anteversion durch Lewinnek et al. definiert (LSZ)<sup>106</sup>. Während einige Autoren die Pfannenposition außerhalb des etablierten Bereichs als Risikofaktor für Luxationen bestätigen<sup>61, 107</sup>, deklarieren andere Wissenschaftler die LSZ für obsolet<sup>56</sup>. Studien der Arbeitsgruppen um Callaghan und Abdel konnten belegen, dass eine optimale Pfanneneinstellung lediglich ein Element im multifaktoriellen Konzept der Protheseninstabilität darstellt, da Luxationen auch auftreten, wenn sich bis zu 78 % der Pfannen in der LSZ befinden<sup>108, 109</sup>. Zusätzlich sollte die Torsion der Schaftkomponente im Sinne des Konzeptes der kombinierten Anteversion berücksichtigt werden, die nach Dorr et al. zwischen  $25^\circ$  und  $50^\circ$  betragen sollte<sup>110</sup>. Wines et al. evaluierten die intraoperative Einschätzung der Ausrichtung von Pfanne und Schaft anhand von 111 primären HTEPs durch die sechs operierenden Hüftchirurgen und verglichen diese subjektiven Ergebnisse mit computertomografischen Messungen. Dabei stellte sich heraus, dass nur 45 % der azetabulären Anteversion und 71 % der femoralen Antetorsion im Zielbereich lagen<sup>111</sup>. Demnach wird die optimale Prothesenlage durch die Erfahrung des Operateurs<sup>81</sup>, aber auch den gewählten Zugangsweg, die intraoperative Lagerung und die patientenspezifischen anatomischen Gegebenheiten beeinflusst<sup>109</sup>.

In der Primärendoprothetik liegt zudem besonderer Fokus auf der Wiederherstellung eines physiologischen Rotationszentrums der Hüfte, welches beim Auffräsen des Azetabulums nicht zu sehr kranialisiert und medialisiert werden sollte<sup>112</sup>. So existiert Evidenz für ein erhöhtes Luxationsrisiko bei übermäßig kranialisiertem vertikalem Rotationszentrum nach primärer Versorgung mit einer HTEP bei zugrunde liegender kongenitaler Hüft dysplasie (Odds Ratio (OR) 3,11; 95 % KI 1,60-6,80;  $p < 0,001$ )<sup>113</sup>. Wissenschaftliche Erkenntnisse über den isolierten Einfluss der operativen Rekonstruktion von Beinlänge, Offset und Rotationszentrum auf die Re-Luxationsrate nach Revision liegen unseres Wissens bisher nicht vor.

## 1.7 Diagnostik

Anamnestische Angaben können bei luxierter HTEP bereits wertvolle Indikatoren für das weitere therapeutische Vorgehen nach Reposition beinhalten. Zu erfragen sind alle Faktoren, welche die Stabilität der HTEP beeinflussen; das auslösende Moment (adäquates Trauma oder Alltagsbewegung), die zeitliche Dimension (Früh- oder Spätluxation, Zeitpunkt der PI oder der letzten Revision), die Anzahl der Dislokationen (Erst- oder Rezidivereignis), bisher verwendete chirurgische Zugangswege zum Hüftgelenk und die Luxationsrichtung, die sich häufig aus der ursächlichen Bewegung ergibt (starke Flexion oder Extension der Hüfte, Innen- oder Außenrotation). Patienten- und indikationsspezifische Risikofaktoren sollten eruiert werden. Auch die Kenntnis über vorangegangenen Alkoholabusus trägt zur Ursachenfindung bei<sup>36</sup>. Ein vorhandener Prothesenpass kann der Identifikation der implantierten Prothesenkomponenten dienen und sollte dokumentiert werden<sup>42</sup>. Die klinische Untersuchung umfasst die Inspektion der Wund- und Narbenverhältnisse (vorangegangene chirurgische Zugänge, mögliche Infektionsindizien), die Messung der Beinlänge (bei Luxation Verkürzung und Fehlrotation) und die Überprüfung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität im Seitenvergleich. Im Fall einer bereits stattgefundenen Reposition der HTEP kann die Beobachtung des Gangbildes erfolgen, das Trendelenburg-Zeichen und Duchene-Hinken weisen auf gluteale Muskelsuffizienz hin<sup>36, 43, 50</sup>.

Die initiale Röntgendiagnostik stellt die Beckenübersichtsaufnahme im anterior-posterioren Strahlengang (a.p.) dar, optimalerweise ergänzt durch eine zweite Ebene (Lauensteinaufnahme), um nach periprothetischen Frakturen, Komponentenlockerungen und Materialabrieb zu fahnden. Es folgt die Beurteilung der Prothesenlage (Pfanneninklination und -version, Schafttorsion, Hüftoffset im Seitenvergleich), der Beinlängen und gegebenenfalls vorhandener Osteolysen oder Impingementfaktoren (zum Beispiel nicht resezierte Osteophyten). Die Sonografie der Hüfte kann Aufschluss über Flüssigkeitsansammlungen (Gelenkerguss, Hämatome) geben. Zur dreidimensionalen Darstellung, insbesondere der Pfannenanteversion und Schafttorsion, empfiehlt sich zudem eine Schnittbildgebung mittels (Rotations-) Computertomografie (CT). Die Magnetresonanztomografie (MRT) ermöglicht eine suffiziente Beurteilung der pelvitrochantären Weichteile. Sind diese fettig degeneriert, resultiert eine pelvitrochantäre Insuffizienz, oft mit einhergehender Instabilität. Die Integrität der Neokapsel des Gelenks ist von hoher Relevanz für die Prothesenstabilität<sup>36, 43, 50</sup>.

Besonders bei klinischem Verdacht einer PPI als zugrunde liegender Ursache der Luxation ist die laborchemische Untersuchung paraklinischer Entzündungsparameter (C-reaktives Protein (CRP), Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG)) sowie eine Gelenkpunktion mit Synovialaspiration und anschließender mikrobiologischer und histologischer Aufbereitung (Zellzahl, Anteil neutrophiler Granulozyten) durchzuführen. Die Infektionsdiagnostik gilt als obligat, denn ein Drittel aller Spätluxationen sind das Resultat einer PPI<sup>114</sup>.



## 1.8 Therapie

### 1.8.1 Konservative Therapieoptionen

Die primäre Therapie der luxierten HTEP umfasst die geschlossene Reposition mithilfe dynamischer Bildwandlerkontrolle. Diese erfolgt unter suffizienter Analgosedierung des Patienten. Unter axialem Zug und der dem Luxationsmechanismus reziproken Bewegung kann die Hüfte reponiert werden <sup>36, 50</sup>. Dabei können folgende Parameter durch die Bildwandleruntersuchung evaluiert werden:

- Kongruenz zwischen Prothesenkopf und Inlay / Pfanne
- Prothesenmalposition und / oder -lockerung
- periprothetische Frakturen
- Prothesenimpingement und mögliches Heraushebeln des Prothesenkopfes
- funktionelle pelvitrochantäre Insuffizienz bei übermäßig distrahierbarem Prothesenkopf (> 1 cm)
- Prüfung der ROM (90° Flexion, 15° Außen- und 40° Innenrotation) ohne Luxationstendenz <sup>36</sup>

Handelt es sich nach der geschlossenen Reposition um eine stabile Situation, kann eine konservative Therapie in Form einer 24-stündigen Bewegungslimitierung des Gelenks für sechs Wochen angestrebt werden, gefolgt von sechs weiteren Wochen konservativer Therapie während des Tages <sup>115</sup>. Diese Immobilisierung der betroffenen Extremität kann durch eine Orthese oder einen Becken-Bein-Gips erfolgen, welche die Flexion und Adduktion der Hüfte einschränken. Zwar existiert kaum wissenschaftliche Evidenz über die Effektivität solcher Hilfsmittel <sup>115</sup>, dennoch kann eine Hüftgelenkorthese Patient und Behandler eine gewisse Sicherheit bei geringem Aufwand verschaffen und sollte diskutiert werden, damit sich die infolge der Luxation geschädigte Gelenkkapsel regenerieren und konsolidieren kann <sup>116</sup>. Eine anschließende Rehabilitation in Form von Physiotherapie kann zur Kräftigung der gelenkführenden Muskulatur beitragen und in der vulnerablen Frühphase nach Reposition sollten luxationsfördernde Bewegungen wie das Überkreuzen der Beine, Beugung über 90° oder das Liegen in Seitenlage vermieden werden <sup>117</sup>. Bis zu 30 % der konservativ behandelten HTEP-Luxationen luxieren erneut <sup>33</sup>.

### 1.8.2 Operative Therapieoptionen

#### 1.8.2.1 Die Revision der Hüfttotalendoprothese

Gelingt das geschlossene Repositionsmanöver nicht oder liegt eine Implantatdissoziation vor (meist Kopf-Konus-Dissoziation), ist ein offen chirurgisches Vorgehen indiziert <sup>36</sup>. Die offene Reposition gilt als Re-Operation, nicht als Revision, welche wiederum als Wechsel oder Explantation einer oder mehrerer Prothesenkomponenten definiert ist. Zeigte sich bereits in der Bildwandlerkontrolle eine Luxationsneigung aufgrund einer klar definierbaren Ursache, kann eine Revisionsoperation angezeigt sein. Diese wird häufig schon ab der zweiten aufgetretenen Luxation angestrebt, da häufige geschlossene Repositionen ungewünschten Materialverschleiß induzieren können <sup>118</sup>.

Es existieren mannigfaltige Möglichkeiten eine HTEP im Rahmen einer Revisionsoperation zu stabilisieren. Die Operationsstrategie ergibt sich dabei aus den zugrunde liegenden Ursachen der Instabilität. Luxationen, die aus einer Fehllage von Pfanne und / oder Schaft resultieren (Typ I nach Charité-Klassifikation), können durch Wechsel und Repositionierung der betroffenen Komponenten entsprechend Luxationsmechanismus und -richtung therapiert werden. Bei Pfannenmalposition kann auch ein überhöhtes Inlay den Luxationsweg blockieren, allerdings ist anschließend mit einem erhöhten PE-Verschleiß zu rechnen <sup>36</sup>. Ist die Luxation Folge einer pelvitrochantären Insuffizienz, also einer degenerierten Glutealmuskulatur, die eine exzessive Translation ermöglicht (Typ II nach Charité-Klassifikation), ist vordergründig die Weichteilspannung zu erhöhen. Dabei wird das (kombinierte) Offset durch Kopfverlängerung oder Wechsel auf einen Lateralschaft erhöht <sup>119</sup>. Abgelöste Muskulatur sollte möglichst mittels transossärer Naht oder Ankersystemen reinseriert werden. Zudem existieren diesbezüglich die Möglichkeiten der Kapselrekonstruktion <sup>120</sup>, der Faszienraffung und der Verwendung von synthetischen Anbindungsschläuchen <sup>42, 121</sup>. Liegt eine Trochanterfraktur als Ursache der pelvitrochantären Insuffizienz vor, muss diese versorgt werden <sup>50</sup>. In der Literatur wird zudem häufig beschrieben, dass eine Kopfvergrößerung auf bis zu 36 mm die Luxationswahrscheinlichkeit reduzieren kann (vgl. 1.6.5) (Abb.3). Darüber hinaus bietet sich zur Rekonstruktion hochgradig degenerierter, funktional defizitärer Abduktoren die Muskelplastik nach Whiteside an, die den Transfer eines Muskellappens des Musculus gluteus maximus vorsieht <sup>122</sup>.

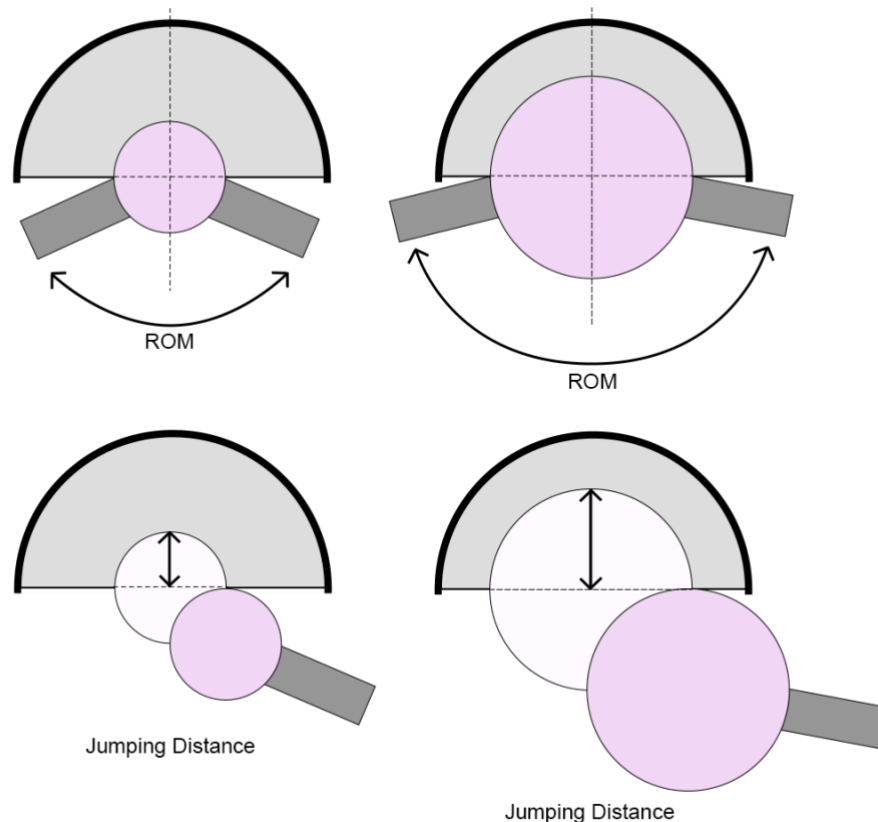


Abb. 3: Range of Motion & Jumping Distance kleiner (22 mm) und größer (36 mm) Prothesenköpfe

Liegt der Luxation ein Impingement zugrunde (Typ III nach Charité-Klassifikation), sollte das Hypomochlion, welches den Kopf aus der Pfanne drängt, beseitigt werden. Osteophyten können reseziert und überhöhte Inlays ggf. durch Standard-Inlays ausgetauscht werden. Eine HTEP kann bei verminderter Kongruenz zwischen Kopf und Inlay bzw. Pfanne durch PE-Abrieb bei Inlayaufbrauch, adverse local tissue reactions (ALTR) infolge einer Metallose oder Gelenkserguss infolge einer PPI dislozieren (Typ IV nach Charité-Klassifikation). Die HTEP-Luxation bei simultaner PPI folgt den Prinzipien des ein- oder mehrzeitigen septischen Prothesenwechsels in Abhängigkeit der mikrobiologischen Besiedlung und des Zeitpunktes des Infektionsgeschehens. Abriebinduzierte Luxationen können durch Pfannen- und Gleitpaarungswechsel adressiert werden. Wenn mehrere Ursachen zur Luxation führen (Typ V nach Charité-Klassifikation), gilt es die Hauptursachen zu identifizieren und die entsprechende Therapie einzuleiten <sup>50</sup>.

Intraoperativ muss die Prothesenstabilität metikulös überprüft werden. Nicht nur der initial luxationsauslösende Impuls sollte vor dem Wundverschluss imitiert werden, auch andere alltägliche Bewegungsmuster wie die simultane Flexion von 45° in Hüfte und Knie unter Hüftadduktion (Seitenschläferposition), die gleichzeitige Abduktion und Außenrotation (Aussteigen aus dem Auto) und die Innenrotation in tiefer Flexion (Anziehen der Schuhe oder Aufstehen aus tiefer Hocke) sollten evaluiert und eine persistierende Instabilität ausgeschlossen werden <sup>117</sup>.

Gekoppelte Prothesenmodelle bilden häufig eine Ultima Ratio und stabilisieren das Gelenk durch Fixierung der Artikulationspartner (Abb. 4). So verhindern sogenannte Constrained Liner eine Luxation mithilfe einer rigiden Ringkonstruktion, die aber mit einem erhöhten Risiko für Pfannenlockerungen infolge der exzessiven mechanischen Belastung im Implantat-Knochen-Interface einhergehen <sup>98</sup>.

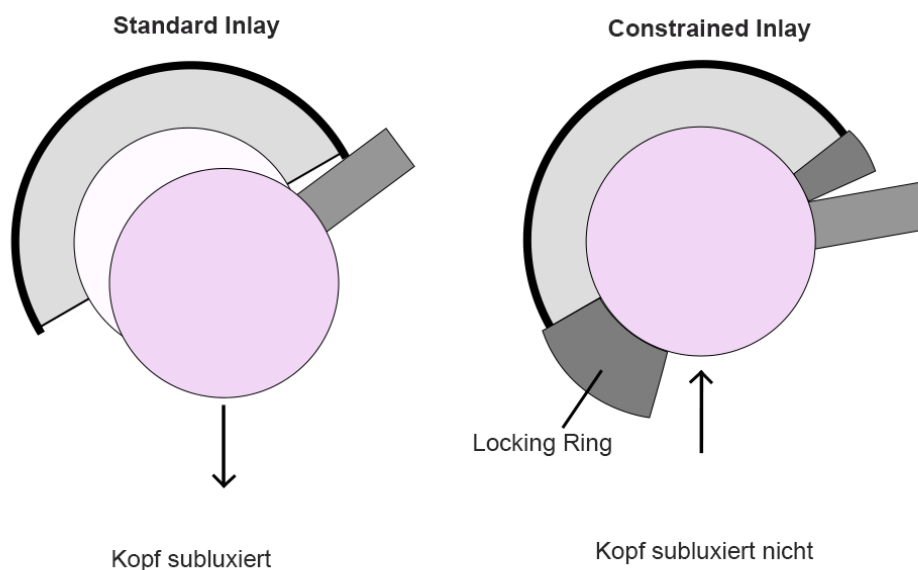


Abb. 4: Schema der Funktionsweise gekoppelter Inlays

### 1.8.2.2 Dual - Mobility - Pfannensysteme

Als effektives Verfahren zur Prävention von HTEP-Luxationen in der primären und Revisionshüftendoprothetik hat die Verwendung tripolarer Pfannen (Dual-Mobility-Konzept) in den letzten Jahren besondere Bedeutung erlangt. Das in den späten 1970er Jahren von Prof. Dr. Gilles Bousquet in St. Étienne, Frankreich etablierte Konzept der „Dual-Mobility-Cup“ beschreibt ein Pfannendesign, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass der Prothesenkopf mit einem mobilen PE-Inlay (PE-Kopf) verpresst wird, welches wiederum frei beweglich mit der im Knochen fixierten Metallschale artikuliert (Abb. 5) <sup>123</sup>. Die wesentlichen Vorteile der DMP sind das verminderte Luxationsrisiko bei erhöhter Jumping-Distanz sowie die Wiederherstellung einer nahezu physiologischen ROM, wobei die DMP mit allen gängigen Schafttypen kombiniert werden kann <sup>124</sup>.

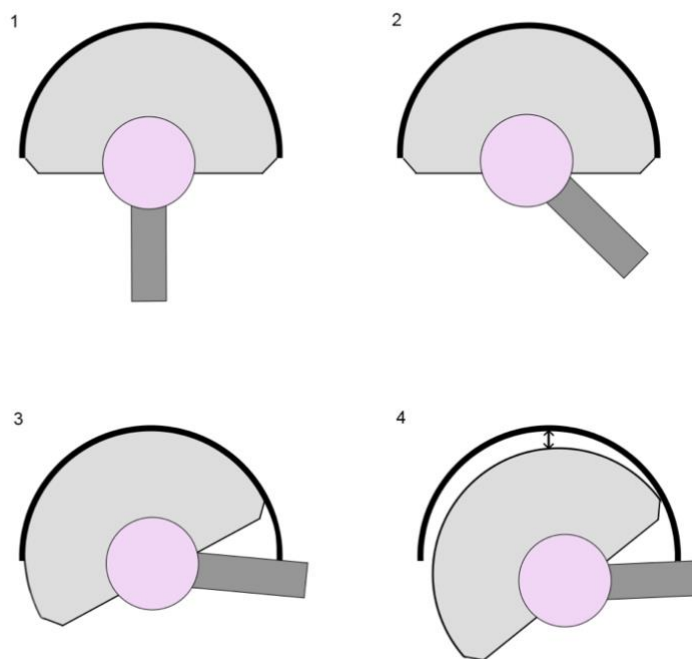


Abb. 5: Schema der Funktionsweise von Dual-Mobility-Pfannen

Ursprünglich wurde die DMP für den posterioren Zugang entwickelt <sup>124</sup> und in zwei retrospektiven Studien primärer über einen posterioren Zugang implantierten DMP mit mehr als 20-jährigem FU ereignete sich keine einzige Luxation <sup>125,126</sup>. Während die DMP in ihrem Herkunftsland Frankreich eine verbreitete Anwendung in primärer Endoprothetik sowie Revisionsendoprothetik findet <sup>127</sup> und inzwischen für 30 % aller primären HTEPs verwendet wird <sup>128</sup>, ist sie anderswo vor allem den Hochrisikopatienten mit besonders ausgeprägtem Luxationsrisiko vorbehalten und unterliegt einer relativ strengen Indikationsstellung. So stellt es sich beispielsweise im niederländischen Endoprothesenregister dar <sup>129</sup>. Hintergrund ist der kontrovers diskutierte erhöhte PE-Abrieb der tripolaren Gelenkgleitpaarung <sup>130</sup>. Im Rahmen einer Belastungsstudie, deren Versuchsaufbau die zehnjährige Belastung von Dual-Mobility- und Standard-Pfannen simulierte, zeigte sich indes, dass in vitro kein Unterschied hinsichtlich des PE-Aufbrauchs nachgewiesen werden kann <sup>131</sup>.

Eine DMP kann nur bei guter Knochenqualität zementfrei oder zementiert im Azetabulum befestigt werden. Liegen hingegen schwerwiegende Defekte des Azetabulums vor oder wurden bereits im Vorfeld komplexe Revisionspfannensysteme implantiert, sind weitere Optionen zu prüfen. Unter schwierigen Bedingungen kann die DMP nur in ein neu eingesetztes Pfannenkonstrukt einzementiert werden, beispielsweise eine Revisionspfanne oder einen Burch-Schneider-Ring, welche die Defektsituation adäquat überbrücken. Alternativ kann die DMP auch in ein fest integriertes Pfannensystem zementiert werden, wenn die Explantation des einliegenden Implantats mit einer beträchtlichen Knochendestruktion einhergehen würde (sog. „double-socket technique“) <sup>132, 133</sup>.



Abb. 6: Mögliche Techniken der Verankerung einer DMP:

links oben: zementfreie Fixation im Knochen; rechts oben: Zementierung direkt in den Knochen;

links unten: Zementierung in ein neu implantiertes Konstrukt, hier Stützring;

rechts unten: Zementierung eine in bestehende fest sitzende Pfanne, hier Revisionspfanne

Typische Indikationen für den Einsatz einer DMP in der Revisionschirurgie stellen HTEP-Luxationen durch mangelhafte Weichteilspannung (Typ II nach Charité-Klassifikation) und das Vorliegen multipler Risikofaktoren dar. So belegten Hernigou et al. die Wirksamkeit der primär implantierten DMP bei adipösen Patienten ( $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ ) im Vergleich mit Standardimplantaten anhand von 67 instabilitätsbedingten Pfannenrevisionen. Nach fünfjährigem FU re-luxierten 21,9 % der Standard-Pfannen (7/32), während alle DMP (35/35) rezidivfrei blieben <sup>134</sup>. Bisher existiert keine Evidenz dafür, ob die für die primäre und Revisionsendoprothetik der Hüfte geltenden Risikofaktoren für eine (Re-) Luxation auch auf den Sonderfall der Revision mit einer DMP übertragen werden können.

## 2. Fragestellungen

Patienten, die eine Luxation ihrer HTEP erlitten haben und deswegen erneut operiert werden mussten, leiden nicht selten unter ständiger Antizipation eines Rezidivereignisses und sind aufgrund dessen erheblich in ihrer Alltagsbewältigung und Lebensqualität eingeschränkt. Hinzu kommt die Angst vor einer erneuten Operation mitsamt all ihren Risiken. Umso relevanter sind Prognosen, welche die Rezidivwahrscheinlichkeit nach Revision einer instabilen HTEP voraussagen. Es wurden bereits diverse Risikofaktoren für das Auftreten einer Luxation nach primärer Hüftendoprothetik identifiziert, welche es für die Revisionsituation zu verifizieren gilt <sup>135</sup>, um langfristige Luxationssicherheit durch Adressierung dieser Einflussfaktoren zu gewährleisten. Weiterhin existieren zahlreiche Implantatkonzepte, die Luxationsstabilität gewährleisten sollen. In der Revisionsendoprothetik hat in den letzten Jahren der Einsatz von DMP zur Adressierung instabiler Prothesenverhältnisse wesentliche Bedeutung in Literatur und Praxis erlangt. Es existiert bisher jedoch kaum Evidenz über das Outcome und das spezifische Risikoprofil nach Revision einer instabilen HTEP mit einer DMP.

Daraus ergeben sich folgende Fragen, die im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden sollten.

1. Was waren die mittelfristigen Überlebensraten für die Endpunkte „Re-Luxation“, „Re-Revision durch Re-Luxation“ und „Re-Revision jeglicher Indikation“ nach Revision einer luxierten HTEP?
2. Welche patienten-, luxations-, indikations-, operations- und implantatsspezifischen Faktoren beeinflussten das Risiko für eine Re-Luxation (Endpunkt Re-Luxation) nach Revision einer luxierten HTEP?
3. Inwiefern unterschieden sich Dual-Mobility-Pfannen (DMP) in der Revisionsituation hinsichtlich ihrer mittelfristigen Überlebensraten sowie nachgewiesenen Risikofaktoren für eine Re-Luxation von Standard-Mobility-Pfannen (SMP)?

### 3. Methodik

#### 3.1 Studiendesign

Das Studienprotokoll wurde durch ein positives Votum der Ethikkommission der Charité - Universitätsmedizin Berlin (EA1/171/21) genehmigt. Die postalische (ansonsten telefonische) Befragung der eingeschlossenen Patienten im Rahmen der FU-Kontaktaufnahme erfolgte nach schriftlicher (ansonsten mündlicher) Zustimmung der Patienten.

Im Rahmen dieser retrospektiven, monozentrischen Kohortenstudie wurden 100 Patienten (100 Hüften) evaluiert, die sich im Zeitraum Mai 2012 bis Juli 2019 im Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC) der Charité - Universitätsmedizin Berlin einer Revisionsoperation ihrer HTEP aufgrund mindestens einer Luxation unterzogen haben (Indexrevision). Alle Operationen wurden von elf „High-Volume-Chirurgen“ mit Tätigkeitsschwerpunkt in der Beckenchirurgie und langjähriger Erfahrung in der Hüft-Revisionsendoprothetik durchgeführt. Das Outcome wurde in Form der 5-Jahres-Überlebensraten für die Endpunkte „Re-Luxation“, „Re-Revision durch Re-Luxation“ und „Re-Revision jeglicher Indikation“ dargestellt. Die 100 untersuchten Patienten wurden in Abhängigkeit des Therapieerfolges in zwei Gruppen unterteilt, anhand derer die Risikostratifizierung bekannter und potenzieller Einflussfaktoren vorgenommen wurde:

##### *Therapieerfolg (keine Re-Luxation)*

Gruppe 1 umfasst alle Patienten, bei denen es nach Revision der instabilen HTEP zu keinem erneuten Luxationsereignis bis zum Ende des FU-Zeitraumes kam (n=86).

##### *Therapieversagen (Re-Luxation)*

In Gruppe 2 luxierten die revidierten HTEPs vor dem Ende des FU-Zeitraumes erneut (n=14).

Darüber hinaus wurden die Patienten zum Vergleich der Dual-Mobility- und Standard-Artikulationen in zwei Subkohorten eingeteilt. Patienten, welche eine DMP erhielten (n=45), wurden jenen Patienten mit einer SMP gegenübergestellt (n=44). Elf Patienten erhielten einen Constrained Liner, welche gesondert betrachtet wurden (vgl. 4.5).

#### 3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Folgende Kriterien führten zum Ausschluss aus der Studienkohorte (Tab. 4). Patienten, die im gegebenen Zeitraum (Mai 2012 bis Juli 2019) mehrfach aufgrund derselben rezidivierend luxierenden HTEP revidiert wurden, wurden einmalig im Sinne der Indexrevision eingeschlossen, Folgerevisionen wurden im Rahmen der Outcome-Analyse untersucht.

Re-Operationen ohne Wechsel mindestens einer Prothesenkomponente (Pfanne, Schaft, Kopf, Inlay), beispielsweise offene Repositionen oder Débridements, entsprechen nicht der Definition einer Revisionsoperation entsprechend der Definition des EPRD <sup>15</sup> und wurden nicht eingeschlossen. Revisionen von instabilen HTEPs mit Subluxationsempfindungen ohne nachgewiesene vollständige Luxation wurden exkludiert. Weiterhin wurden luxierte Duokopfprothesen (bipolare Hemiendoprothesen) sowie Femurersatzprothesen (sogenannte „Mega-Prothesen“; Abb. 7), nicht berücksichtigt, da diese Implantatmodelle andere mechanische Anforderungen an die Gelenkgeometrie stellen als konventionelle HTEPs. Ferner wurden alle Patienten ausgeschlossen, deren HTEP infolge einer PPI luxiert ist. Letztendlich wurde eine Patientin exkludiert, deren HTEP infolge einer neoplastischen Erkrankung (Ewing-Sarkom) primärimplantiert wurde.

Tab. 4: Fallzahlen exkludierter Patienten

Exklusionskriterium	Anzahl der Fälle
Subluxation	5
Luxation durch PPI	5
Femurersatzprothesen - Luxation	4
Duokopfprothesen - Luxation	3
Neoplasie als Primärindikation für HTEP	1
<i>Gesamt</i>	<i>18</i>



Abb. 7: Posteriore Luxation einer Femurersatzprothese bei hochgradiger pelvitrochantärer Insuffizienz



### 3.1.2 Erhebung der Patientendaten

Eine digitale Datenbank mit allen 1.104 Fällen von Patienten, die von Mai 2012 bis Juli 2019 eine Revisionsoperation ihrer HTEP am Charité Campus Mitte (CCM) und Charité Virchow Klinikum (CVK) erhalten haben, wurde anhand der Patientenakten erstellt.

Durch manuelle Evaluation der in der analogen und digitalen Patientenakte hinterlegten Dokumente (Erste-Hilfe-Scheine, Operationsberichte, Entlassungsbriefe) konnten 118 Revisionsfälle aufgrund einer HTEP-Instabilität identifiziert werden. Nach eingehender Prüfung auf die definierten Ein- und Ausschlusskriterien reduzierte sich die Fallzahl auf 100 Patienten (Abb. 8), die aufgrund einer luxierten HTEP revidiert wurden (2012  $\hat{=}$  6, 2013  $\hat{=}$  12, 2014  $\hat{=}$  13, 2015  $\hat{=}$  9, 2016  $\hat{=}$  17, 2017  $\hat{=}$  14, 2018  $\hat{=}$  21, 2019  $\hat{=}$  8). Es folgte die prospektive Aufarbeitung patienten-, luxations-, indikations-, operations- und implantatsspezifischer Risikofaktoren.

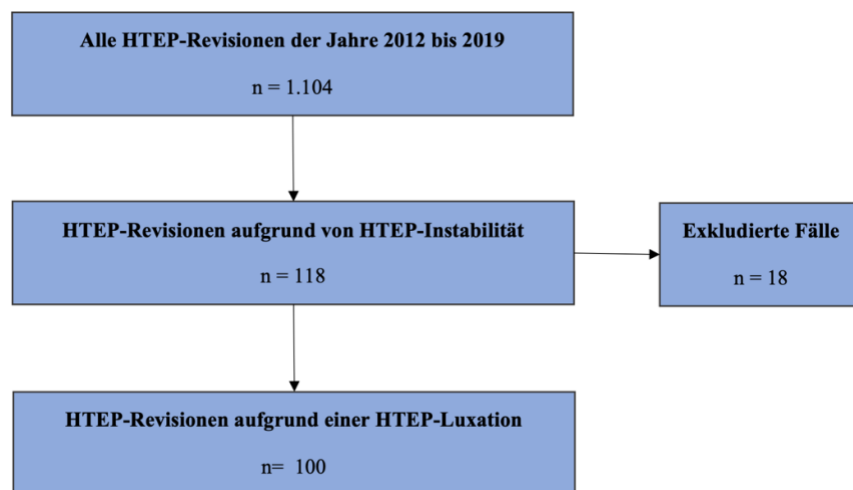


Abb. 8: Schema des Selektionsprozesses bei der Patienteninklusion

### 3.1.3 Follow-up

Alle 100 Patienten wurden zusätzlich zu den regulären klinischen Kontrollvisiten im ersten postoperativen Jahr im Rahmen dieser Studie im Mai 2021 per Brief und per Telefonanruf kontaktiert. Die Spanne der FUs erstreckt sich von 1 bis 105 Monate und betrug im Durchschnitt 52,3 Monate. Erfragt wurden die Primärindikation in unbekanntem Fällen, die absolute Anzahl an Hüftoperationen und das Auftreten der definierten Endpunkte Re-Luxation, Re-Revision aufgrund einer Re-Luxation und Re-Revision aus anderen Indikationen.

Zudem wurde gemeinsam mit jedem kontaktierten Patienten ein modifizierter Harris-Hip-Score (mod. HHS) erhoben. Dabei handelt es sich beim Harris-Hip-Score um einen auf das Hüftgelenk abgestimmten Outcome-Score (patient-reported outcome measure; PROM), der Einschränkungen des Befindens, der Mobilität im Alltag und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität abbildet<sup>136</sup>. Die modifizierte Version (mod. HHS) verzichtet auf die Funktionstestung mittels klinischer Untersuchung und eignet sich daher

gut für die telemedizinische Anwendung<sup>137</sup>. Die Antwortmöglichkeiten entsprechen unterschiedlichen Punktwerten, sodass eine Maximalpunktzahl von 91 erreicht werden kann. In den drei Hauptkategorien Schmerzen, Gehfähigkeit (Hinken, Gehhilfen, Gehstrecken) und Alltagsbewältigung (Treppensteigen, Sitzen, Strümpfe- und Schuheanziehen, Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel) können jeweils 44, 33 und 14 Punkte erreicht werden. Eine Gesamtpunktzahl von 91 bis 80 zeichnet eine exzellente, 79 bis 70 eine gute und 69 bis 60 eine zufriedenstellende Hüftfunktion aus. Ein schlechter Funktionsstatus wird durch einen Score von unter 59 klassifiziert<sup>137</sup>. Präoperative mod. HHS wurden vor der Indexrevision durch den aufnehmenden Arzt erhoben. Die Differenz aus post- und präoperativem Punktwert wurde als Verbesserung / Verschlechterung des hüftgelenksbezogenen Funktionsstatus‘ interpretiert.

### 3.2 Patientenkollektiv

#### 3.2.1 Allgemeine Komorbidität

Zur Heterogenitätseinschätzung der untersuchten Patientenkohorte wurden neben demografischen Basisparametern (Geschlecht, Alter) folgende Scores zum Zeitpunkt der Indexrevision erfasst:

Der BMI als Maß zur Klassifizierung des Ernährungszustandes errechnet sich durch Division des Körpergewichts (kg) durch das Quadrat der Körpergröße (cm)<sup>138</sup>. Laut WHO wird ein BMI von 18,5 bis 24,9 als Idealgewicht definiert. Untergewicht liegt bei einem BMI von unter 18,5 vor, während Übergewicht in Präadipositas (25 - 29,9), Adipositas ersten Grades (30 - 34,9) Adipositas zweiten Grades (35 - 39,9) und Adipositas dritten Grades / permagna ( $\geq 40$ ) eingeteilt wird<sup>138</sup>.

Die ASA-Risikoklassifikation beurteilt den aktuellen Gesundheitszustand und die davon abhängige Operabilität von Patienten durch sechs Schweregrade (ASA Score 1 bis 6; Tab. 5)<sup>59</sup>.

Tab. 5: Score der American Society of Anesthesiologists mit Definitionen der Klassifikation<sup>59</sup>

ASA-Score	Definition
ASA 1	Gesunder Patient
ASA 2	Patient mit leichter systemischer Erkrankung
ASA 3	Patient mit schwerer systemischer Erkrankung
ASA 4	Patient mit lebensbedrohlicher Erkrankung
ASA 5	Moribunder Patient, der ohne Operation nicht überleben wird
ASA 6	Hirntoter Patient, Organspender

Zusätzlich wurde der Charlson Comorbidity Index (CCI) zur Einordnung der allgemeinen Komorbidität der Patienten erhoben. Dieses Scoring-System gibt Aufschluss über die Ein-Jahres-Mortalitätsrate (Wahrscheinlichkeit, dass ein Patient innerhalb des nächsten Jahres verstirbt) von Patienten, welche aus Punktwerten für das Patientenalter (50 - 59 Jahre: 1 Punkt; 60 - 69 Jahre: 2 Punkte; 70 - 79 Jahre: 3 Punkte, 80 - 89 Jahre: 4 Punkte;  $\geq 90$  Jahre: 5 Punkte) und 19 Grunderkrankungen mit unterschiedlicher Gewichtung (1 bis 6 Punkte, Tab. 6) berechnet wird<sup>62</sup>.

Tab. 6: Charlson - Comorbidity - Indices mit entsprechenden Ein - Jahres – Mortalitätsraten <sup>62</sup>

CCI (Punkte)	Ein - Jahres - Mortalitätsrate
0	12 %
1 - 2	26 %
3 - 4	52 %
> 5	85 %

### 3.2.2 Spezifische Komorbiditäten

Neurologische Erkrankungen, die mit einem Propriozeptionsverlust und gestörter Motorik einhergehen, wurden erfasst. Dazu zählten die folgenden im Rahmen dieser Studie analysierten Krankheitsbilder; Epilepsie, ethyltoxische und diabetogene Polyneuropathie, Morbus Parkinson, Restless Legs Syndrom, periphere Nervenläsionen (iatrogene Peroneus- und Ischiadicusparesen, Zustand nach Poliomyelitis), spastische Tetraparesen und der Zustand nach Apoplex.

Zu den analysierten psychiatrischen Störungsbildern, die durch herabgesetzte Compliance eine HTEP-Luxation begünstigen können, zählten die folgenden, in der Studienpopulation vorkommenden; Alkoholabhängigkeit, (Alzheimer-)Demenz, delirantes Syndrom und schizoaffektive Störung.

Auch orthopädische Komorbiditäten wie bilaterale HTEPs sowie Fusionsoperationen der lumbalen und lumbosakralen Wirbelsäule wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf das Risiko einer Re-Luxation untersucht.

### 3.3 Indexrevisionen

Die in dieser Studie untersuchten Revisionsoperationen der 100 inkludierten Patienten wurden als Indexrevisionen definiert. Dabei erfolgten 22 Gleitpaarungswechsel, 55 isolierte Pfannenwechsel, sieben isolierte Schaftwechsel und 16 HTEP-Wechsel mit Austausch aller Prothesenkomponenten. Elf Patienten wurden mit einem Constrained Liner versorgt und vier Patienten (4%) erhielten aufgrund einer besonders ausgeprägten Glutealinsuffizienz zusätzlich eine Muskelplastik nach Whiteside.

Eine DMP wurde in 45 Fällen verwendet, wobei 35 dieser Pfannen mittels PMMA (Polymethylmethacrylat, Palacos®, Firma Heraeus, Wehrheim, Deutschland) zementiert und zehn zementfrei verankert wurden. Von den 35 zementierten DMP wurden 25 direkt in den Knochen, sieben in eine bereits bestehende, festsitzende Pfanne und drei in ein neu implantiertes Konstrukt (Stützring und Revisionspfanne) einzementiert. Es wurden 35 Polarcup®-Pfannen (Firma Smith & Nephew, London, UK) und 10 Maximotion®-Pfannen (Firma Merete, Berlin, Deutschland) verwendet (Abb. 9).



Abb. 9: Polarcup®-Pfanne links; Maximotion®-Pfanne rechts

Die Auswahl des verwendeten chirurgischen Zugangsweges zum Hüftgelenk orientierte sich am zuletzt verwendeten Zugang. So wurden 53 Patienten über einen anterolateralen, 24 Patienten über einen lateralen transglutealen Zugang und 18 Patienten über einen posterioren Zugang revidiert. Für fünf Patienten war der chirurgische Zugang nicht aus den Patientenakten und den FU-Untersuchungen eruierbar.

### 3.4 Radiologische Analyse

Pro Patient wurde jeweils ein prä- und ein postoperatives Röntgenbild (Beckenübersichtsaufnahme, aufgenommen im anterior-posterioren Strahlengang) der Beckenregion zur radiologischen Auswertung herangezogen und mit dem Computerprogramm PACS® (Picture Archiving and Communication System) analysiert. Folgende Parameter wurden anhand der Röntgenbilder vermessen und miteinander bezüglich ihres Einflusses auf das Re-Luxationsrisiko verglichen; postoperative Beinlänge im Vergleich zur Gegenseite sowie zur ipsilateralen präoperativen Beinlänge, Pfanneninklination (Pfannensteilheit oder Pfannenöffnung nach lateral), Pfannenversion (Pfannenöffnung nach anterior oder posterior), azetabuläres Offset, femorales Offset, Abweichung vom anatomischen horizontalen und vertikalen Hüftgelenkdrehzentrum, azetabulärer und femoraler Paprosky-Score.

Um ein exaktes Abbild der radiologischen Größenverhältnisse zu erhalten, wurde der Vergrößerungsfaktor  $V$  (%) mittels der Formel  $V = D / N \times 100$  berechnet und bei allen Messungen in Bezug gesetzt. Dabei steht  $N$  für die reale Größe des einliegenden Prothesenkopfes in mm und  $D$  für den Diameter des Kopfes, der im Röntgenbild mithilfe des Lineals ausgemessen wurde.

Die Beinlängendifferenz wurde bestimmt, indem man eine horizontale Referenzgerade A durch die inferiorsten Punkte der Köhler'schen Tränenfiguren (inter-tear-drop-line) oder durch die kaudalsten Punkte der Tubera ischiadica (inter-ischial-line) zeichnete. Ausgehend von den medialsten Punkten der Trochantera minora wurde jeweils eine senkrechte Strecke L auf die Gerade A gezeichnet. Die Differenz dieser Senkrechten ergab unter der Voraussetzung, dass es sich um eine physiologische Konfiguration des distalen Femurs und der Tibia handelt, die Beinlängendifferenz, woraus sich eine Beinverkürzung oder -verlängerung der zu betrachtenden Seite ergeben konnte (Abb. 9). Die Pfanneninklination bezeichnet den Winkel O, der sich aus einer verlängerten Geraden B zwischen kranialstem und kaudalstem Punkt der Pfannenöffnung sowie der Referenzgeraden A ergab (Abb. 10).

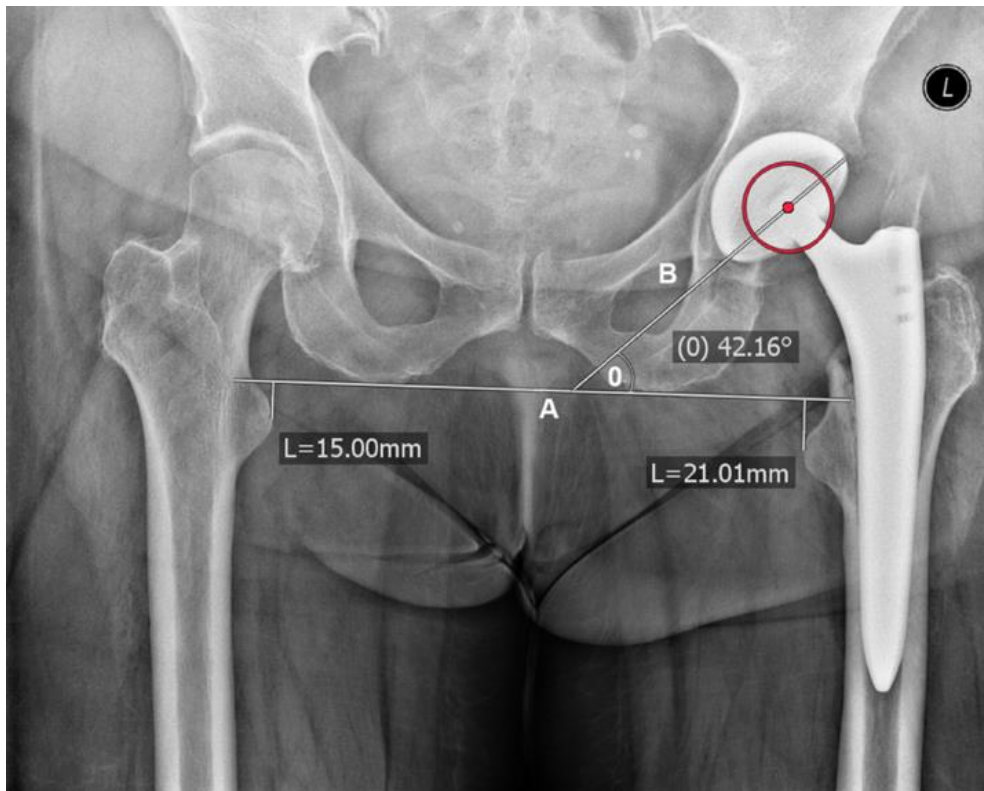


Abb. 10: Messung der Beinlängendifferenz und Pfanneninklination am Röntgenbild

Eine Ermittlung der postoperativen azetabulären Anteversion wurde mithilfe der Methode nach Lewinnek<sup>106</sup> vorgenommen, wobei sich der Versionswinkel anhand der ovalen Öffnungsfläche der Pfanne bemisst (Abb. 11). In diese Ebene wurden eine Ellipse sowie die senkrechten Achsen A (lange Achse) und B (kurze Achse) eingezeichnet. Die Anteversion bemaß sich dabei anhand folgender Formel:  $^\circ = \arcsin(B / A)$ . Diese simple röntgenologische Methode gilt als reliabel und akkurat<sup>139</sup>, auch wenn die (rotations-) computertomografische Messung der Pfannenanteversion den Goldstandard darstellt.

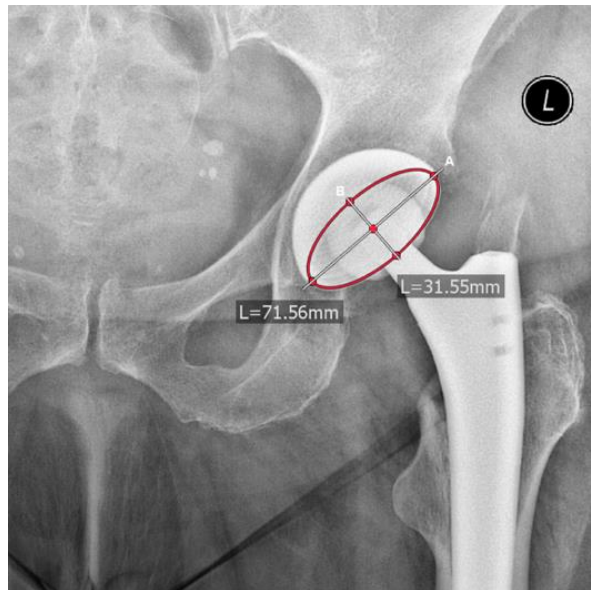


Abb. 11: Messung der Pfannenanteversion nach Lewinnek am Röntgenbild <sup>106</sup>

Zur Berechnung des Hüftoffsets wurde ein Kreis um den Hüftkopf gezeichnet, in welchem zwei senkrechte Geraden das Rotationszentrum der Prothese markierten. Eine inter-tear-drop-line A und eine weitere Gerade, welche die anatomische Femurachse formt (Gerade B), wurden gezeichnet. Ausgehend von der inter-tear-drop-line wurde eine Gerade nach kranial mittig durch die Tear-Drop-Formation gezeichnet (Gerade C). Von den Geraden B und C wurden jeweils senkrechte Strecken zum Hüftdrehzentrum eingezeichnet, welche das femorale (grün) respektive azetabuläre (blau) Offset darstellten. Die Summe aus azetabulärem und femoralem Offset bildete das (kombinierte) Gesamt-Hüftoffset (Abb. 12).

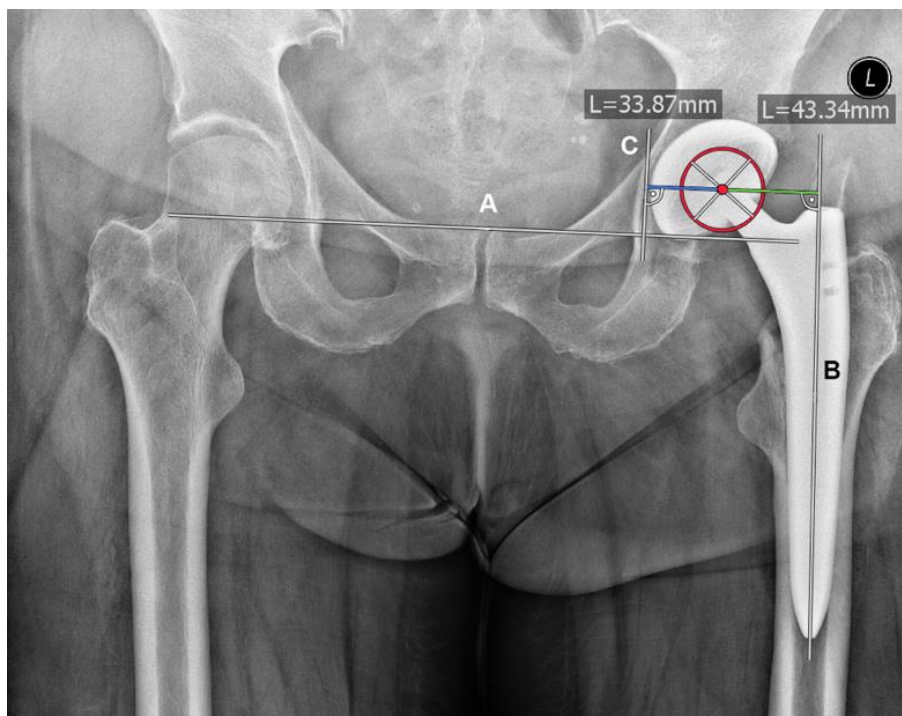


Abb. 12: Messung des femoralen und azetabulären Offsets am Röntgenbild

Zur Ermittlung der horizontalen und vertikalen Abweichung vom idealen Hüftdrehzentrum wurde die Methode nach Fessy et al. <sup>140</sup> angewandt (Abb. 13). Dazu wurden in die a.p. Beckenübersichtsaufnahme auf der zu untersuchenden Pelvisseite die Interiliosakrallinie A (Gerade durch die kaudalsten Punkte der beiden Iliosakralfugen), Köhlerlinie B (Gerade durch den lateralsten Punkt des Foramen obturatorium und den lateralsten Punkt e der Linea arcuata ossis ilii, welche die Köhler'sche Tränenfigur schneidet) und Inter-tear-drop-Linie C eingezeichnet. Die Strecke D bezeichnete die vertikale Distanz zwischen den Geraden A und C, während die Strecke E zwischen Gerade A und Punkt e gebildet wurde. Das ideale Rotationszentrum war schließlich der Schnittpunkt z der Strecken X (Senkrechte von der Köhlerlinie B) und Y (Senkrechte von der Inter-Tear-Drop-Linie C), welche sich anhand folgender Formeln berechnen ließen.

**Vertikale Y = 0,204D – 0,794**

**Horizontale X = 0,284Y + 29,016** bei Frauen

**Horizontale X = 0,093E + 33,195** bei Männern

Die vertikale (Ydiff) und horizontale (Xdiff) Abweichung des durch die Indexoperation geschaffenen ( $z'$ ) vom idealen anatomischen Hüftdrehzentrum (z) wurden gemessen und ausgewertet.

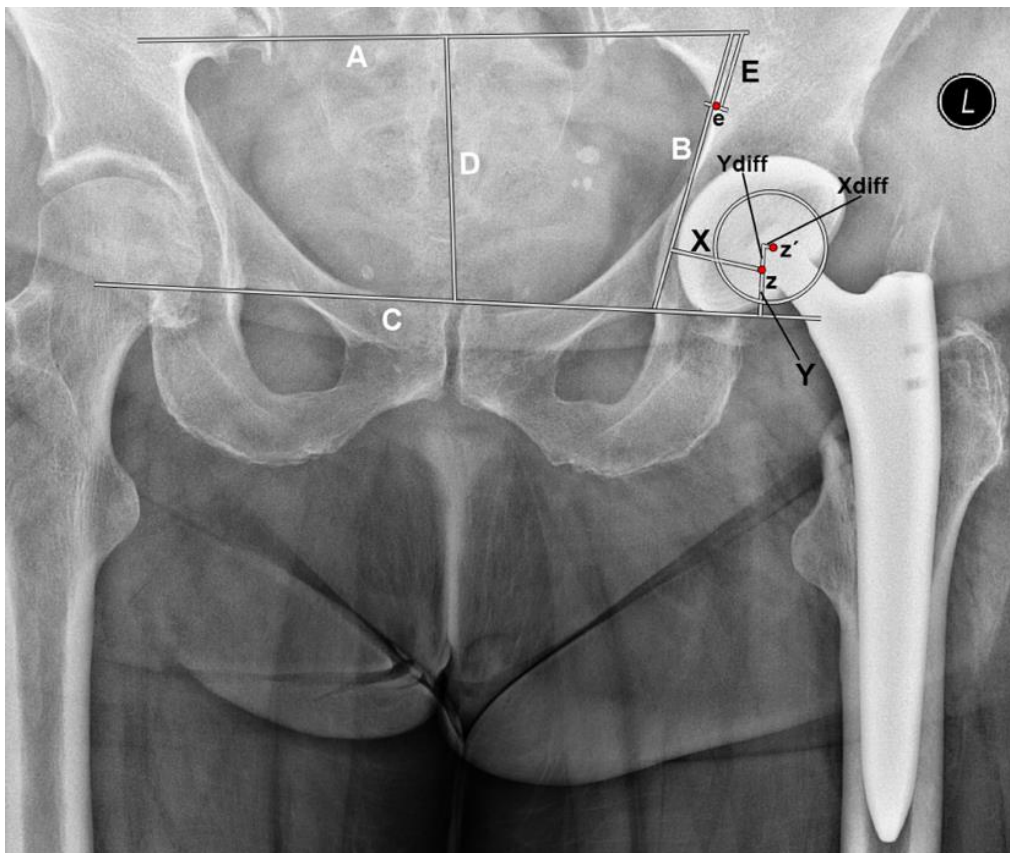


Abb. 13: Messung der horizontalen und vertikalen Abweichung des rekonstruierten vom anatomischen Rotationszentrum nach Fessy am Röntgenbild <sup>140</sup>

Die Beurteilung der knöchernen Defektsituation erfolgte mittels Paprosky-Klassifikation am präoperativen a.p. Röntgenbild<sup>141, 142</sup> (Tab. 7; Tab. 8).

Tab. 7: Klassifikation azetabulärer Knochendefekte nach Paprosky<sup>141</sup>

<b>Paprosky - Typ Azetabulum</b>	<b>Röntgenologischer Befund</b>
<b>I</b>	Minimale Deformität, intakter Pfannenrand
<b>IIa</b>	Zentraler und superomedialer Pfannenranddefekt
<b>IIb</b>	Zentraler und superolateraler Pfannenranddefekt
<b>IIc</b>	Medialer Defekt des Pfannenrandes
<b>IIIa</b>	Schwerer Spongiosadefekt mit superolateraler Pfannenmigration > 2 cm
<b>IIIb</b>	Schwerer Spongiosadefekt mit superomedialer Pfannenmigration > 2 cm
<b>(IV)</b>	Beckendiskontinuität

Tab. 8: Klassifikation femoraler Knochendefekte nach Paprosky<sup>142</sup>

<b>Paprosky - Typ Femur</b>	<b>Röntgenologischer Befund</b>
<b>I</b>	Minimaler metaphysärer Knochendefekt mit intakter Diaphyse
<b>II</b>	Ausgedehnter metaphysärer Knochendefekt mit intakter Diaphyse
<b>IIIa</b>	Ausgedehnter metaphysärer Knochendefekt, mehr als 4 cm intakte Diaphyse bis zum Isthmus femoris
<b>IIIb</b>	Ausgedehnter metaphysärer Knochendefekt, weniger als 4 cm intakte Diaphyse bis zum Isthmus femoris
<b>IV</b>	Ausgedehnter metaphysärer und diaphysärer Knochendefekt ohne intakten Isthmus femoris



### 3.5 Statistische Datenauswertung

Die aus der Datenbank der Charité gesammelten und aus den FU-Befragungen hervorgehenden Daten wurden pseudonymisiert und unter Konsultation einer akkreditierten Statistikerin aus dem Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie (iBike) der Charité - Universitätsmedizin Berlin ausgewertet. Alle Patientendaten wurden in einer Excel®-Tabelle zusammengefasst und fortlaufend aktualisiert. Zur statistischen Datenauswertung wurde das Computerprogramm IBM SPSS 28® (IBM Corp. veröffentlicht 2021. IBM SPSS Statistics für macOS, Version 28.0. Armonk, NY, USA: IBM Corp.) verwendet.

Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden für normalverteilte Variablen der arithmetische Mittelwert (MW), die Standardabweichung (SD) und die Spannweite (range), für nicht normalverteilte Variablen wurden der Median, der Interquartilsabstand (IQR) und die Spannweite berechnet. Zur Einschätzung der Verteilung wurden die Mediane und Mittelwerte miteinander verglichen und Histogramme grafisch sowie der Parameter der Schiefe (skewness) analytisch beurteilt. Unterschiede dichotomer Eigenschaften wurden mittels Chi-Quadrat-Test berechnet. Der Mittelwertvergleich kontinuierlicher Variablen erfolgte durch den Mann-Whitney-U-Test.

Die Analyse der Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen (Therapieerfolg und-versagen) im Rahmen der Risikofaktorenanalyse erfolgte mittels univariater Cox-Regression. Als Effektstärkemaß wurde die Hazard Ratio (HR) der einzelnen Variablen ermittelt und in die 95-prozentigen Konfidenzintervalle (95 % KI) eingeordnet. Eine vertiefte Untersuchung statistisch signifikanter Einflussfaktoren im Rahmen eines multiplen Regressionsmodells zur Vermeidung von Confounding wurde nicht durchgeführt, da die relativ geringen Ereignis- und Fallzahlen (14/100) nicht für eine suffiziente multivariate Regressionsanalyse ausreichten (vgl. 5.4).

Der Therapieerfolg wurde anhand der Fünf-Jahres-Überlebensrate mittels Kaplan-Meier-Methode <sup>143</sup> für die Endpunkte „Re-Luxation“, „Re-Revision durch Re-Luxation“ und „Re-Revision jeglicher Indikation“ bestimmt.

Für alle statistischen Testverfahren wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 5\%$  festgelegt, sodass für jeden p-Wert  $\leq 0,05$  statistische Signifikanz galt und die Nullhypothese verworfen wurde. Es handelt sich um eine explorative Studie, bei der die p-Werte ohne Adjustierung für multiples Testen interpretiert wurden. Bei p-Werten von 0,05 bis 0,1 war eine statistische Tendenz anzunehmen.

Kaplan-Meier-Kurven wurden mit SPSS®, alle anderen Diagramme und Grafiken wurden mithilfe von Microsoft Excel® erstellt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Beschreibung des Patientenkollektivs

Im Folgenden werden die demografischen Basisparameter, Nebenerkrankungen und vorangegangenen Operationen des untersuchten Patientenkollektivs beschrieben. Zudem erfolgt ein Überblick über die gewechselten Komponenten, verwendeten Implantate und chirurgischen Zugänge der Indexrevisionen.

#### 4.1.1 Demografische Basisparameter

##### *Geschlechterverteilung*

Es wurden 64 Frauen und 36 Männer in die Studie inkludiert (Verhältnis 2:1).

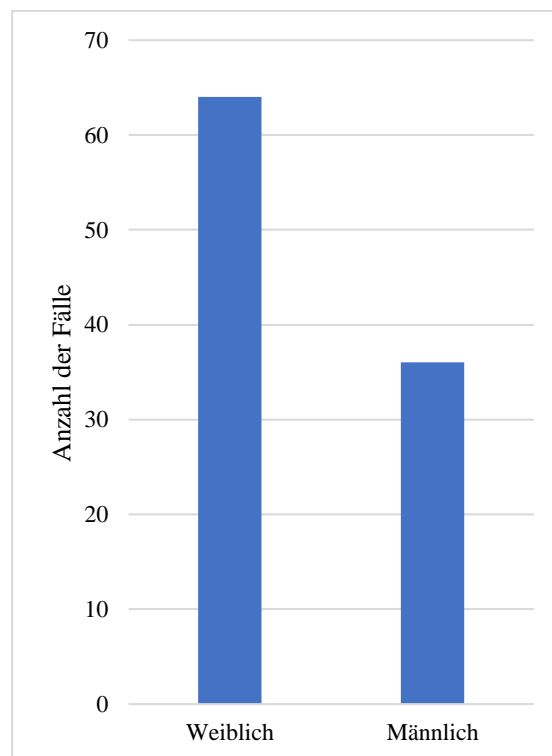


Abb. 14: Geschlechterverteilung in der Gesamtkohorte

##### *Altersverteilung*

Die Darstellung der Altersverteilung in der Gesamtkohorte stellte sich nicht normalverteilt dar, wobei sich der Gipfel der Revisionszeitpunkte im Median um das 73. (IQR 61-77) Lebensjahr konzentrierte. Im Durchschnitt betrug das Alter der untersuchten Patienten 69,2 Jahre ( $SD \pm 12,4$ ) und rangierte dabei von 29 bis 89.

## 4.1.2 Vorerkrankungen

### Allgemeine Vorerkrankungen

#### Body-Mass-Index

Der BMI lag in der Gesamtkohorte im Mittelwert bei 27,2 kg/m<sup>2</sup> (SD ± 5,1). Der durchschnittliche in dieser Studie untersuchte Patient war somit per definitionem präadipös<sup>138</sup>, während bei einem Minimum von 18,5 kg/m<sup>2</sup> auch untergewichtige Patienten (n=1) und bei einem Maximum von 44,6 kg/m<sup>2</sup> auch Patienten mit Adipositas permagna (n=1) in der Studienpopulation vertreten waren.

#### ASA-Score

Die im Rahmen dieser Studie versorgten Patienten besaßen zum Zeitpunkt ihrer Indexrevision im Mittel einen ASA-Score von 2 (SD ± 0,6), was gemäß dieser perioperativen Risikoklassifikation Patienten mit geringfügiger Erkrankung ohne Einschränkungen entsprach<sup>59</sup>. In der Gesamtkohorte existierten darüber hinaus auch gesunde Patienten (Minimum ASA 1) sowie Patienten mit deutlich beeinträchtigender Erkrankung (ASA 3) und Patienten mit lebensbedrohlicher Erkrankung (Maximum ASA 4).

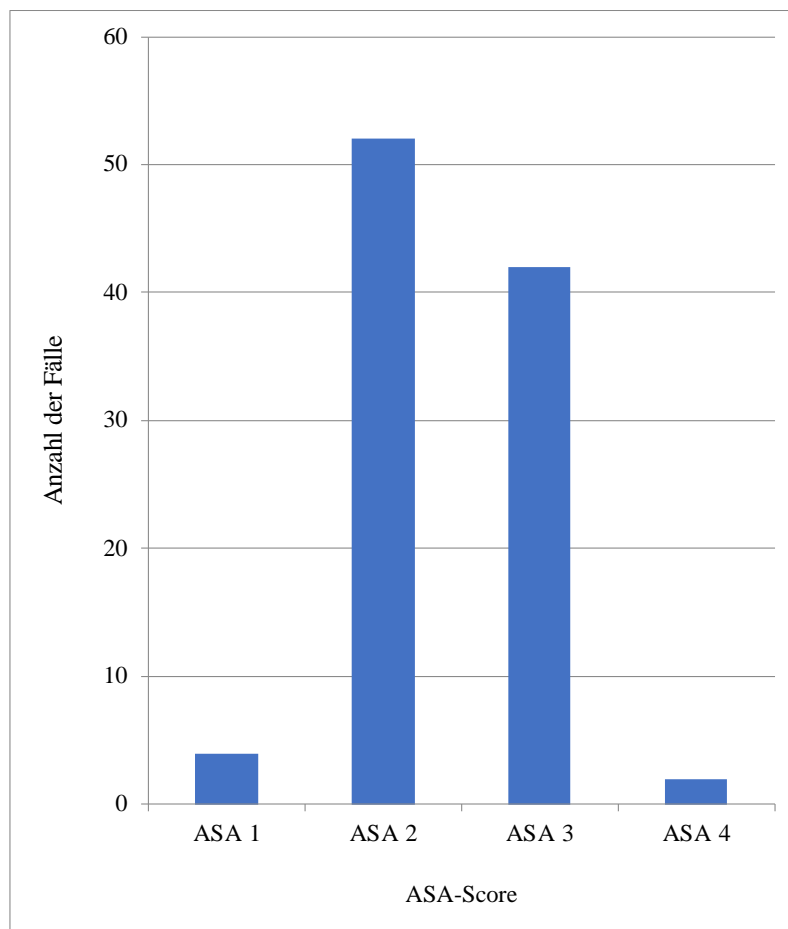


Abb. 15: ASA-Score in der Gesamtkohorte zum Zeitpunkt der Indexrevision

### Charlson-Comorbidity-Index

Die im Rahmen dieser Studie versorgten Patienten besaßen zum Zeitpunkt ihrer Indexrevision im Median einen CCI von 3 Punkten (IQR 2-5), was gemäß dieser Risikoklassifikation Patienten mit einer 1-Jahres-Mortalitätsrate von 52 % entsprach<sup>62</sup>. In der Gesamtkohorte existierten darüber hinaus auch gesunde Patienten (Minimum CCI 0) bis hin zu schwerkranken Patienten (Maximum CCI 10) mit einer 1-Jahres-Mortalitätsrate von 85 %. Bis zum Ende des FU verstarben 13 Patienten (13 %).

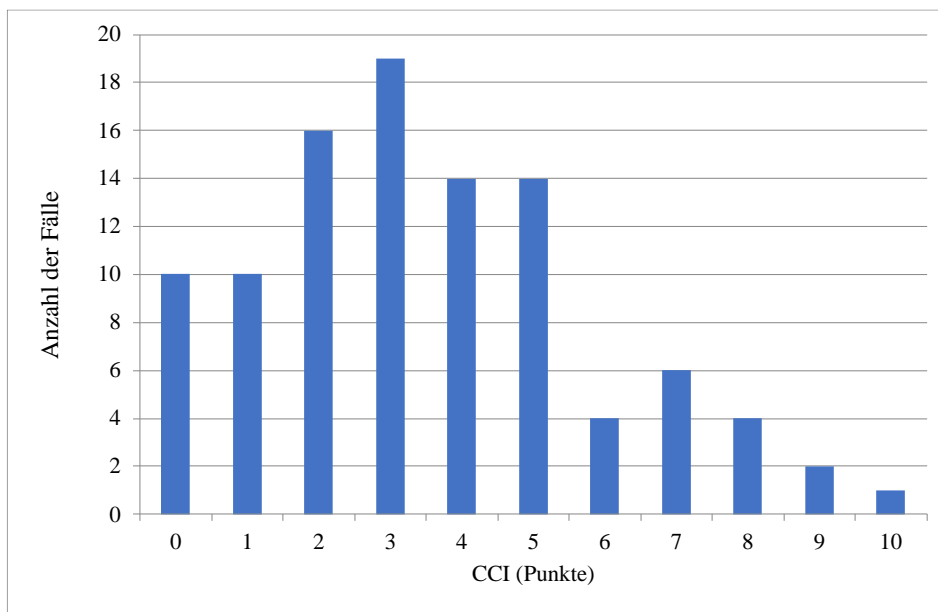


Abb. 16: CCI in der Gesamtkohorte zum Zeitpunkt der Indexrevision

### Spezifische Vorerkrankungen

17 der 100 inkludierten Patienten (17 %) litten zum Zeitpunkt der Indexrevision an einer oder multiplen neurologischen Grunderkrankungen. Die in der Studienpopulation präsenten neurologischen Krankheitsbilder umfassten die Folgenden; Epilepsie (n=6), ethyltoxische bzw. diabetogene Polyneuropathie (n=2), Morbus Parkinson (n=3), Restless-Legs-Syndrom (n=4), periphere Nervenläsionen (iatrogene Peroneus- bzw. Ischiadikusparese, Zustand nach Poliomyelitis; n=3), spastische Tetraparese (n=1) und der Zustand nach Apoplex (n=1).

13 der 100 inkludierten Patienten (13 %) litten zum Zeitpunkt der Indexrevision an einer psychiatrischen Grunderkrankung. Die in der Studienpopulation präsenten psychiatrischen Krankheitsbilder umfassten die Folgenden; Alkoholabhängigkeit (n=1), (Alzheimer-)Demenz (n=9), delirantes Syndrom (n=2) und schizoaffektive Störung (n=1).

7 der 100 inkludierten Patienten (7 %) wiesen zum Zeitpunkt der Indexrevision eine operative Fusion der lumbalen oder lumbosakralen Wirbelsäule auf. Über ein Drittel (n=39) der inkludierten Patienten (39 %) waren zum Zeitpunkt der Indexrevision bilateral mit einer HTEP versorgt.

### 4.1.3 Voroperationen

Der überwiegende Anteil des Patientenkollektivs (n=63; 63 %) war zum Zeitpunkt der Indexrevision an der betroffenen Hüfte vorrevidiert. Etwa die Hälfte dieser Patienten (n=34) erhielt bereits zwei oder mehr Revisionen vor der Indexrevision. Bei den übrigen 37 % der Gesamtkohorte (n=37) bildete die Indexrevision die erste Revision der HTEP. Durchschnittlich wurden die Patienten 1,4-mal vorrevidiert (SD  $\pm$  1,7; range 0-7). Im Mittel betrug die Zeit seit der letzten Hüftoperation (PI oder Vorrevision) 39,3 Monate (SD  $\pm$  72,0; range 0-349). Die PI der betroffenen HTEP lag im Durchschnitt 99,7 Monate zurück (SD  $\pm$  110,5; range 0-455). 57 Patienten (57 %) erhielten ihre letzte Operation der betroffenen Hüfte (PI oder Revision) am CMSC der Charité, während 43 Patienten letztmalig vor der Indexrevision extern in einem anderen Krankenhaus operiert wurden.

Die letzten Vorrevisionen der 63 vorrevidierten Patienten wurden aus folgenden Indikationen heraus durchgeführt; rezidivierende Luxationen (n=10), rezidivierende Subluxationen (n=1), Girdlestonesituation (GS) nach PPI (n=15), akuter Frühinfekt (n=1), aseptische Pfannenlockerung (n=7), Pfannenmalposition (n=4), aseptische Schaftlockerung (n=3), Schaftbruch (n=1), HTEP-Lockerung (n=2), Gleitpaarungsaufbrauch (n=1), periprothetische Femurfraktur (n=9), symptomatische Beinverkürzung (n=2) und Psoasimpingement (n=1). Dabei wurden folgende Prozeduren durchgeführt; Re-Implantation bei zweizeitigem HTEP-Wechsel aufgrund PPI (n=15), komplette HTEP-Wechsel (n=5), Pfannenwechsel (n=19), Schaftwechsel (n=13), Gleitpaarungswechsel (n=1), Kopfwechsel (n=1) und Inlaywechsel (n=4).

## 4.2 Outcome und Therapieversagen

### 4.2.1 Re - Luxationen

Die Re-Luxation wurde als primärer Endpunkt dieser Studie analysiert. 14 von 100 Patienten (14 %) erlitten eine erneute Luxation. Die durchschnittliche Dauer (SD; range) bis zum Rezidivereignis betrug 10 Monate ( $\pm$  15,4; 0 - 47 Monate). Von diesen 14 Re-Luxationen hatten zehn eine Re-Revision zur Folge, eine HTEP wurde offenchirurgisch reponiert (Re-Operation) und drei dislozierte HTEPs wurden mittels geschlossener Reposition therapiert. Im weiteren Verlauf kam es bei drei (3 % der Gesamtkohorte) der 14 Patienten, bei denen durch die Indexrevision keine Prothesenstabilität erreicht werden konnte, nach operativer Versorgung der Re-Luxation zur Re-Re-Luxation, wobei durchschnittlich (SD; range) vier Monate ( $\pm$  2,6; 1 - 6 Monate) bis zur erneuten Luxation vergingen. Alle drei Re-Re-Luxationen mussten re-re-revidiert werden. Die Kaplan-Meier-Methode erbrachte eine Fünf-Jahres-Überlebensrate von 84 % (95 % KI 0,80-0,88) für den Endpunkt Re-Luxation (Abb. 17). Damit waren in dieser Studie mehr als vier Fünftel der aufgrund einer HTEP-Luxation revidierten Patienten nach fünf Jahren rezidivfrei.

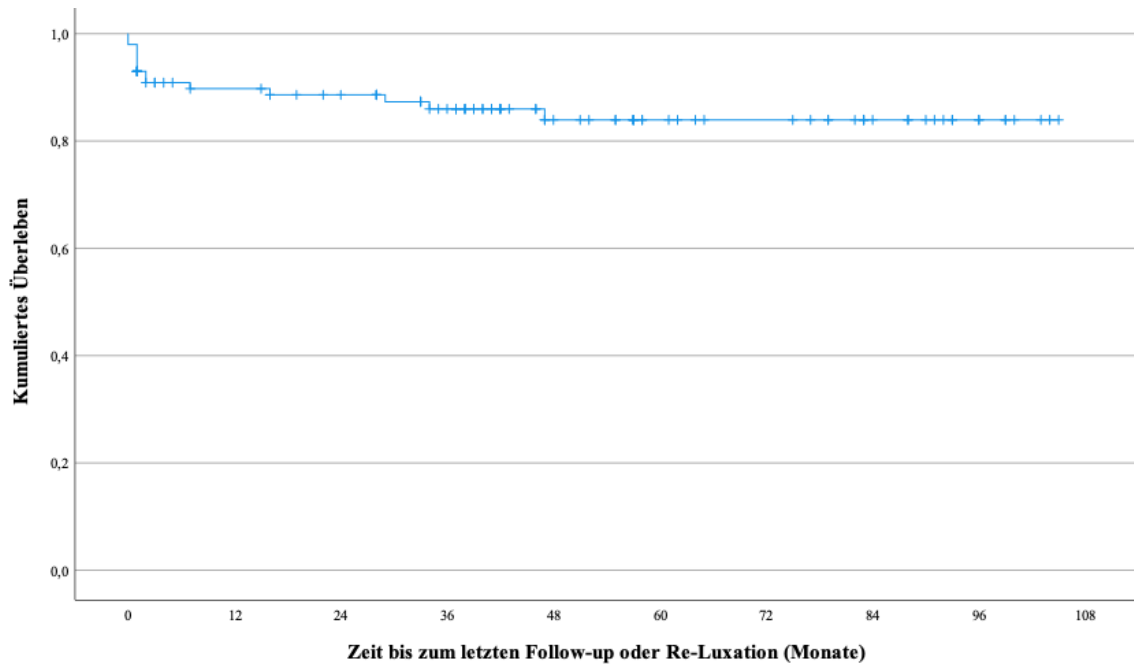


Abb. 17: Kaplan - Meier - Kurve für den Endpunkt Re - Luxation in der Gesamtkohorte

#### 4.2.2 Re - Revisionen

Als sekundäre Endpunkte wurden die Re-Revisionsraten nach Indexrevision der HTEP-Luxation untersucht. Eine Re-Revision musste in 22 Fällen (22 %) durchgeführt werden, wobei insgesamt sieben unterschiedliche Indikationen vorlagen. Zehn HTEPs (10/100) mussten aufgrund einer persistierenden Instabilität re-revidiert werden (vgl. 4.2.1), weitere Ursachen für eine Re-Revision waren periprothetische Infektionen (7/100), aseptische Pfannenlockerungen (2/100), ein Pfannenbruch (1/100), ein Gleitpaarungsaufbrauch (1/100) und eine periprothetische Azetabulumfraktur nach Sturz (1/100). Bei weiteren sechs Patienten war eine Re-Operation ohne Wechsel der Prothesenkomponenten notwendig.

Die Fünf-Jahres-Überlebensraten nach Kaplan Meier für die Endpunkte „Re-Revision durch Re-Luxation“ und „Re-Revision jeglicher Indikation“ betragen in der untersuchten Gesamtkohorte 90 % (95 % KI 0,86-0,93) respektive 79 % (95 % KI 0,74-0,83) (Abb. 18). Demnach musste fast ein Viertel der Patienten in den ersten fünf Jahren nach Revision der luxierten HTEP erneut revidiert und ein Zehntel nochmals aufgrund persistierender Instabilität revidiert werden.

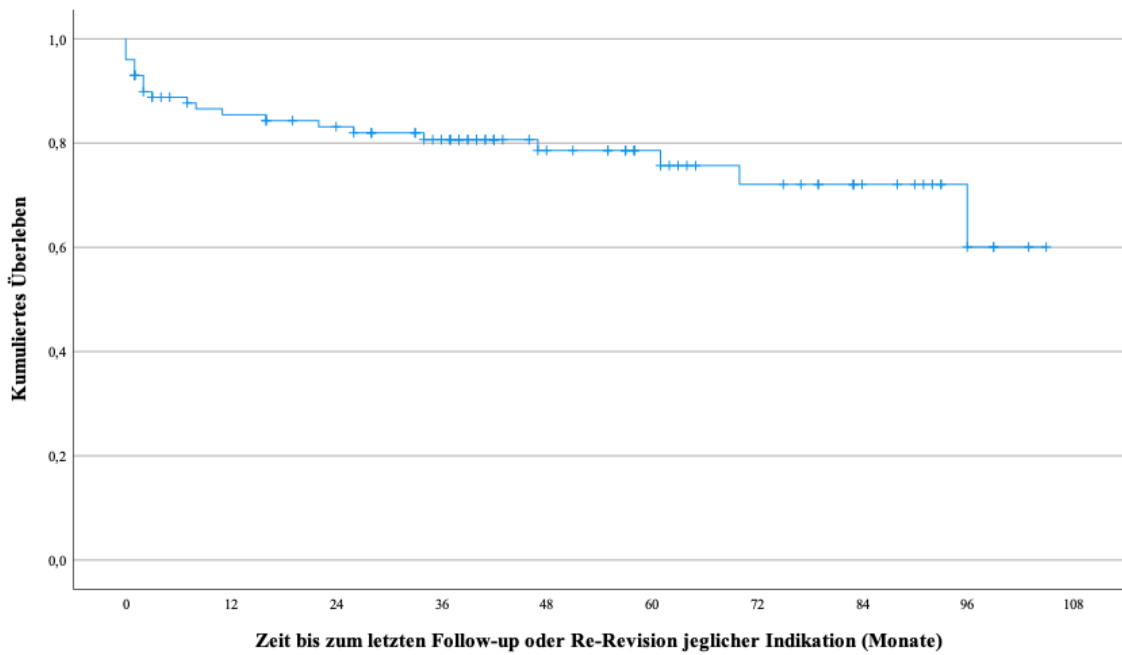
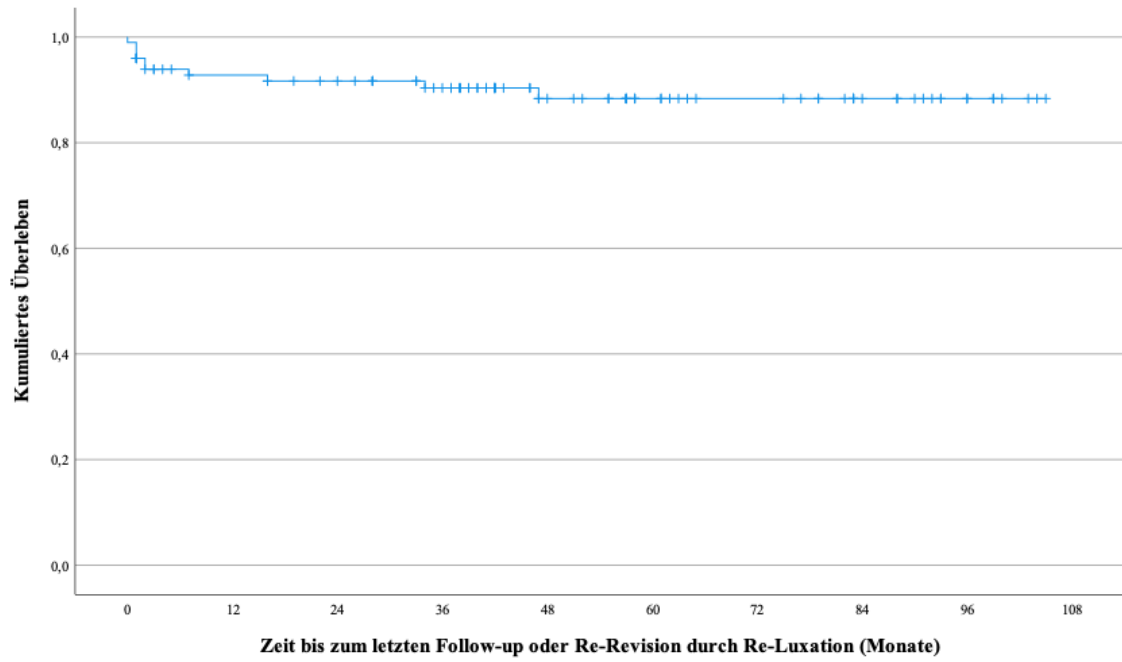


Abb. 18: Kaplan - Meier - Kurven für die Endpunkte Re - Revision durch Re - Luxation und Re - Revision jeglicher Indikation in der Gesamtkohorte

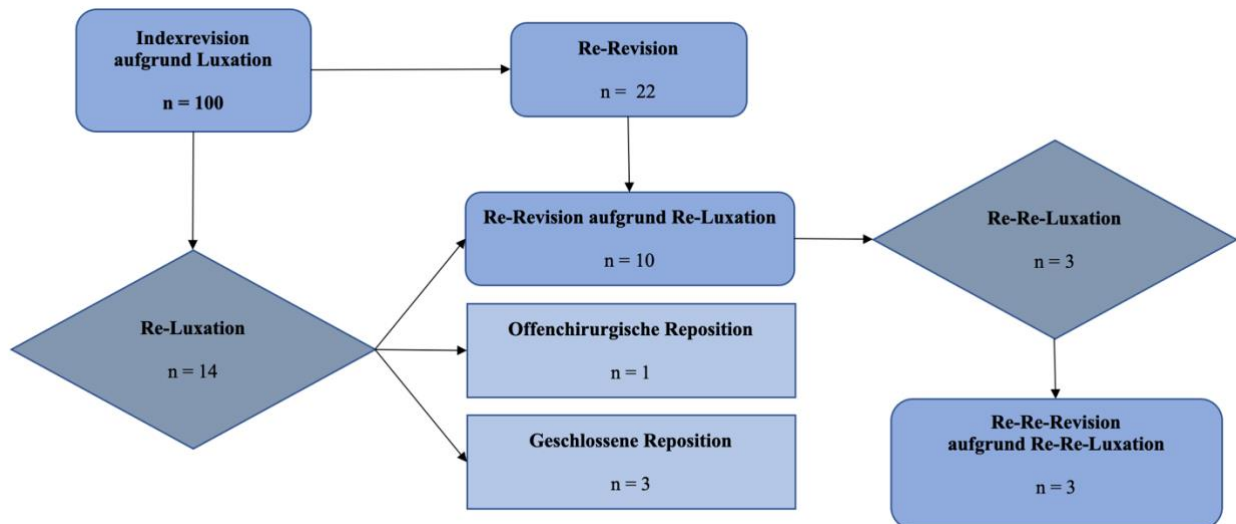


Abb. 19: Fließschema Therapieversagen

#### 4.2.3 Modifizierter Harris - Hip - Score

Die Revision der luxierten HTEP führte in der vorliegenden Patientenkohorte zu einer durchschnittlichen Verbesserung des mod. HHS von 25,1 Punkten, was einer statistisch signifikanten Korrektur ( $p < 0,001$ ) um bis zu drei von vier Funktionsstufen entspricht <sup>137</sup>.

Tab. 9: Modifizierter Harris - Hip - Score in der Gesamtkohorte

	mod. HHS präoperativ	mod. HHS postoperativ
<b>Gesamtkohorte</b> Mittelwert (SD; range)	42,6 (± 23,7; 0-88)	67,3 (± 16,0; 20-91)

	Verbesserung des mod. HHS nach Indexrevision	p-Wert
<b>Gesamtkohorte</b> Mittelwert (SD; range)	+ 25,1 (± 22,0; -13-73)	<b>&lt;0,001*</b>

#### 4.3 Analyse der Risikofaktoren

Im Folgenden wird die Analyse der Risikofaktoren, die eine Re-Luxation nach Revision der luxierten HTEP begünstigten, systematisch in tabellarischer Form aufgearbeitet. Bei Vorliegen von statistischer Signifikanz ( $p\text{Wert} \leq 0,05$ ), statistischer Trends ( $p\text{-Wert } 0,05 - 0,1$ ) oder auffälligen Hazard Ratios (HR) erfolgt zudem eine grafische Darstellung zur besseren Anschaulichkeit.



### 4.3.1 Patientenspezifische Risikofaktoren

#### Geschlecht

Tab. 10: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Geschlechterverteilung in der Gesamtkohorte

Geschlecht	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95% KI)	p-Wert
Weiblich (%)	64 (64 %)	11 (78,6 %)	53 (61,6 %)	2,45 (0,63-8,06)	0,214
Männlich (%)	36 (36 %)	3 (21,4 %)	33 (38,4 %)		

Weibliches Geschlecht war mit einem etwa verdoppelten Re-Luxationsrisiko assoziiert (HR 2,45) (Abb. 20). Statistische Signifikanz besteht nicht.

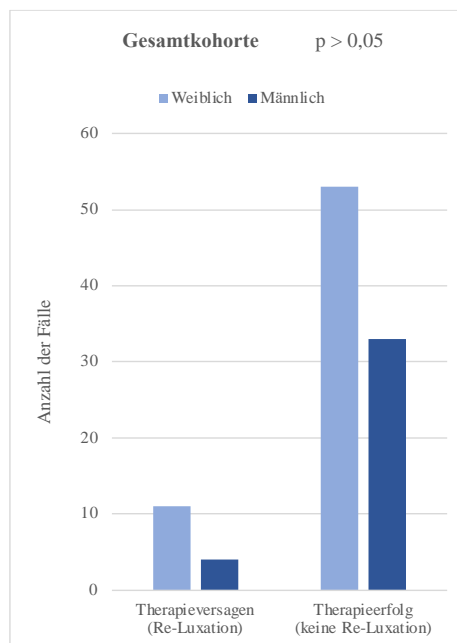


Abb. 20: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Geschlechterverteilung in der Gesamtkohorte

#### Alter

Tab. 11: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Alters in der Gesamtkohorte

Alter bei Indexrevision (Jahre)	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	69,2 (± 12,4; 29-89)	66,9 (± 12,0; 46-80)	69,5 (± 12,5; 29-89)	0,99 (0,95-1,03)	0,456

In der Gesamtkohorte zeigte sich ein Durchschnittsalter von 69,2 Jahren zum Zeitpunkt der Indexrevision. Die Therapieversager waren im Mittelwert etwas jünger als diejenigen Patienten, die kein Rezidivereignis erlitten (2,6 Jahre Differenz) (Abb. 20). Es konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

## BMI

Tab. 12: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der Gesamtkohorte

(\*\*: statistischer Trend bei p-Wert 0,05-0,1)

BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	27,2 (± 5,1; 18,5-44,6)	24,8 (± 5,0; 19,0-37,1)	27,6 (± 5,0; 18,5-44,6)	0,88 (0,78-1,00)	0,053**

Im Gruppenvergleich ist erkennbar, dass die Therapieversager durch einen geringeren BMI gekennzeichnet, im Mittelwert sogar normalgewichtig waren (24,8 kg/m<sup>2</sup>) (Abb. 21). Ein geringer BMI konnte für die Gesamtkohorte als moderater Risikofaktor (HR 0,88) für eine Re-Luxation nachgewiesen werden, wobei sich ein statistischer Trend zeigte.

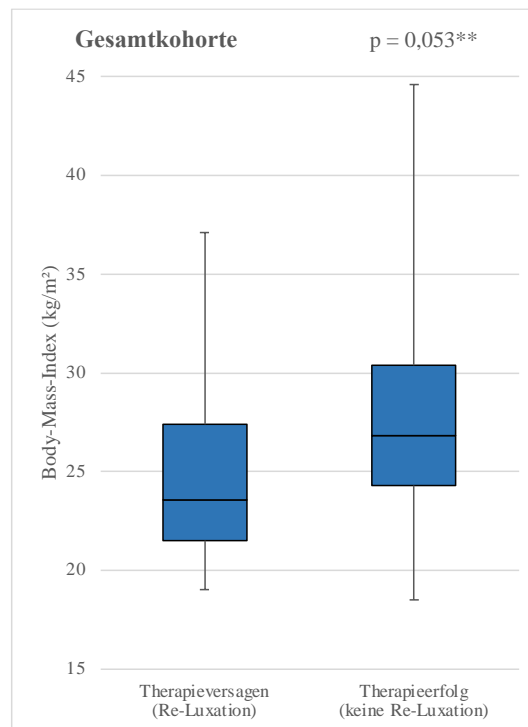


Abb. 21: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der Gesamtkohorte

## ASA-Score

Tab. 13: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des ASA-Scores in der Gesamtkohorte

(statistische Signifikanz bei p-Wert &lt; 0,05)

ASA-Score	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Median (IQR; range)	2 (2-3; 1-4)	2 (2-2; 1-4)	2 (2-3; 2-3)	0,38 (0,16-0,91)	0,030*

Re-Luxationen traten häufiger bei Patienten mit geringerem ASA-Score auf (siehe IQR) und ein geringerer ASA-Score konnte als statistisch signifikanter Risikofaktor für eine Re-Luxation bestätigt werden.

### Charlson-Comorbidity-Index

Tab. 14: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des CCI in der Gesamtkohorte

(\*\* : statistischer Trend bei p-Wert 0,05-0,1)

CCI	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Median (IQR; range)	3 (2-5; 0-10)	3 (1-3; 0-5)	3 (2-5; 0-10)	0,78 (0,60-1,02)	0,073**

Re-Luxationen traten häufiger bei Patienten mit geringerem CCI auf (siehe IQR). Ein geringerer CCI konnte zwar nicht als statistisch signifikanter Risikofaktor für eine Re-Luxation bestätigt werden, jedoch stellt sich ein statistischer Trend dar.

### Spezifische Komorbiditäten

Tab. 15: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand spezifischer Komorbiditäten in der Gesamtkohorte

Neurologische Komorbiditäten	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	17 (17 %) 83 (83 %)	3 (21,4 %) 11 (78,6 %)	14 (16,3 %) 72 (83,7 %)	1,29 (0,36-4,64)	0,693
Psychiatrische Komorbiditäten	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	13 (13 %) 87 (87 %)	0 (0 %) 14 (100 %)	13 (15,1 %) 73 (84,9 %)	0,04 (0,00-38,21)	0,359
Spinale Fusion	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	7 (7 %) 93 (93 %)	2 (14,3 %) 12 (85,7 %)	5 (5,8 %) 81 (94,2 %)	2,26 (0,51-10,11)	0,286

Eine spinale Fusion war mit einem etwa verdoppelten Re-Luxationsrisiko assoziiert. Statistische Signifikanz besteht nicht. Für neurologische und psychiatrische Nebenerkrankungen konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

*Bilaterale HTEP*

Tab. 16: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand bilateraler HTEP in der Gesamtkohorte

Bilaterale HTEP	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	39 (39 %)	6 (42,9 %)	33 (38,4 %)	1,21 (0,42-3,48)	0,729
Nein (%)	61 (61 %)	8 (57,1 %)	53 (61,6 %)		

39 % der Patienten in der Gesamtkohorte waren auch auf der kontralateralen Seite mit einer HTEP versorgt. Es konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

*Knochendefekte*

Tab. 17: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand azetabulärer Knochendefekte in der Gesamtkohorte

Paprosky-Score Acetabulum I	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	57 (57 %)	8 (57,1 %)	49 (57 %)	1,01 (0,35-2,92)	0,983
Nein (%)	43 (43 %)	6 (42,9 %)	37 (43 %)		
Paprosky-Score Acetabulum IIa-IIc	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	28 (28 %)	5 (35,7 %)	23 (26,7 %)	1,48 (0,50-4,43)	0,479
Nein (%)	72 (72 %)	9 (64,3 %)	63 (73,3 %)		
Paprosky-Score Acetabulum IIIa-IIIb	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	11 (11 %)	1 (7,1 %)	10 (11,6 %)	0,58 (0,08-4,42)	0,597
Nein (%)	89 (89 %)	11 (92,9 %)	76 (88,4 %)		
Beckendiskontinuität	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	3 (3 %)	0 (0 %)	3 (3,5 %)	0,05 (0,00-48755,72)	0,666
Nein (%)	97 (97 %)	14 (100 %)	83 (96,5 %)		

Tab. 18: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand femoraler Knochendefekte in der Gesamtkohorte

Paprosky-Score Femur I	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	56 (56 %)	9 (64,3 %)	47 (54,7 %)	1,47 (0,49-4,39)	0,488
Nein (%)	44 (44 %)	5 (35,7 %)	39 (45,3 %)		
Paprosky-Score Femur II	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert

Ja (%) Nein (%)	23 (23 %) 77 (77 %)	3 (21,4 %) 11 (78,6 %)	20 (23,3 %) 66 (76,7 %)	0,92 (0,26-3,30)	0,898
<b>Paprosky-Score Femur IIIa-IIIb</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	16 (16 %) 84 (84 %)	2 (14,3 %) 12 (85,7 %)	14 (16,3 %) 72 (83,7 %)	0,83 (0,19-3,72)	0,809
<b>Paprosky-Score Femur IV</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	4 (4 %) 96 (96 %)	0 (0 %) 14 (100 %)	4 (4,7 %) 82 (95,3 %)	0,05 (0,00-5132,93)	0,605

Es konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation anhand schwerer azetabulärer und femoraler Knochendefekte festgestellt werden.

### 4.3.2 Luxationsspezifische Risikofaktoren

#### *Luxationszeitpunkt*

Tab. 19: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Luxationszeitpunktes in der Gesamtkohorte

Zeitpunkt der Luxation	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Frühluxation (%) Spätluxation (%)	45 (45 %) 55 (55 %)	7 (50 %) 7 (50 %)	38 (44,2 %) 48 (55,8 %)	0,77 (0,27-2,20)	0,625

Anhand des Luxationszeitpunktes konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

#### *Luxationsanzahl*

Tab. 20: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsanzahl in der Gesamtkohorte

Anzahl an Luxationen	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	2,4 (± 1,6; 1-11)	2,5 (± 0,9; 1-4)	2,4 (± 1,7; 1-11)	1,09 (0,80-1,47)	0,582

Anhand der Luxationsanzahl konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

*Luxationsrichtung*

Tab. 21: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsrichtung in der Gesamtkohorte

<b>Luxationsrichtung posterior</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	43 (50,6 %) 42 (49,4 %)	6 (50 %) 6 (50 %)	37 (50,7 %) 36 (49,3 %)	0,99 (0,32-3,08)	0,992
<b>Luxationsrichtung anterior</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	40 (47,1 %) 45 (52,9 %)	6 (50 %) 6 (50 %)	34 (46,6 %) 39 (53,4 %)	1,13 (0,37-3,51)	0,831
<b>Luxationsrichtung kranial</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	2 (2,4 %) 83 (97,6 %)	0 (0 %) 12 (100 %)	2 (2,7 %) 71 (97,3 %)	0,05 (0,00-144469,16)	0,689

Anhand der Luxationsrichtung konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden. Für 15 Patienten der Gesamtkohorte ist die präoperative Luxationsrichtung nicht bekannt.

**4.3.3 Indikationsspezifische Risikofaktoren***Indikation der Primärimplantation*

Tab. 22: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Indikation der Primärimplantation der HTEP in der Gesamtkohorte (FKN: Femurkopfnekrose)

<b>Primäre Koxarthrose</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	46 (46 %) 54 (54 %)	8 (57,1 %) 6 (42,9 %)	38 (44,2 %) 48 (55,8 %)	1,61 (0,56-4,65)	0,337
<b>Posttraumatische Koxarthrose</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	4 (4 %) 96 (96 %)	0 (0 %) 14 (100 %)	4 (4,7 %) 82 (95,3 %)	0,77 (0,00-2563,10)	0,254
<b>Dysplasie-Koxarthrose</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	15 (15 %) 85 (85 %)	2 (14,3 %) 12 (85,7 %)	13 (15,1 %) 73 (84,9 %)	0,93 (0,21-4,17)	0,925

Proximale Femurfraktur	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	15 (15 %) 85 (85 %)	3 (21,4 %) 11 (78,6 %)	12 (14 %) 74 (86 %)	1,74 (0,49-6,25)	0,395
FKN	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	8 (8 %) 92 (92 %)	1 (7,1 %) 13 (92,9 %)	7 (8,1 %) 79 (91,9 %)	0,78 (0,10-5,98)	0,811

Bei der Analyse der Indikationen, aufgrund welcher die Patienten der Gesamtkohorte initial mit einer HTEP versorgt werden mussten, waren die Koxarthrose (HR 1,61) und die proximale Femurfraktur (HR 1,74) mit einem leicht erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert, jedoch ohne, dass statistische Signifikanz bestand. Für sonstige Primärindikationen konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden. Am häufigsten war die Koxarthrose vertreten (46 %), es folgten die Dysplasiekoxarthrose (15 %), die proximale Femurfraktur (15 %), die Femurkopfnekrose (8 %) und die posttraumatische Koxarthrose (4 %). Zwölf Patienten erhielten aufgrund anderer Ursachen ihre primäre HTEP, darunter die juvenile Polyarthrit, die angeborene Hüftluxation und die hohe Hüftluxation.

#### Ätiologie der HTEP-Luxation

Tab. 23: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Ätiologie der HTEP-Luxation in der Gesamtkohorte (\*\*: statistischer Trend bei p-Wert 0,05-0,1)

Implantat-Malposition	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	31 (31 %) 69 (69 %)	4 (28,6 %) 10 (71,4 %)	27 (31,4 %) 59 (68,6 %)	0,86 (0,27-2,76)	0,806
Pelvitrochantäre Insuffizienz	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	46 (46 %) 54 (54 %)	10 (71,4 %) 4 (28,6 %)	36 (41,9 %) 50 (58,1 %)	3,12 (0,98-9,95)	0,055**
Impingement	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	12 (12 %) 88 (88 %)	2 (14,3 %) 12 (85,7 %)	10 (11,6 %) 76 (88,4 %)	1,22 (0,27-5,48)	0,792
Inlayaufbrauch	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	11 (11 %) 89 (89 %)	2 (14,3 %) 12 (85,7 %)	9 (10,5 %) 77 (89,5 %)	1,35 (0,30-6,04)	0,694

Kombinierte Verursachung	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	28 (28 %) 72 (72 %)	3 (21,4 %) 11 (78,6 %)	25 (29,1 %) 61 (70,9 %)	0,66 (0,18-6,36)	0,521
Fraktur des Trochanter major	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	9 (9 %) 91 (91 %)	1 (7,1 %) 13 (92,9 %)	8 (9,3 %) 78 (90,7 %)	0,76 (0,10-5,81)	0,792
Unbekannte Ätiologie	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	4 (4 %) 96 (96 %)	0 (0 %) 100 (100 %)	4 (4,7 %) 82 (95,3 %)	0,05 (0,00-2563,06)	0,581

Die Analyse der ätiologischen Ursachen der Instabilität zeigte, dass die pelvitrochantäre Insuffizienz (Charité-Klassifikation Typ II), also eine verminderte Weichteilspannung, mit einem dreifach erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert waren (Abb. 22). Es zeigt sich ein statistischer Trend. Für die HTEP-Luxation durch Prothesenfehlstellung (Charité Typ I), Impingement (Charité Typ III), Inlayaufbrauch (Charité Typ IV), kombinierte Verursachung (Charité Typ V), vorbestehende Trochanterfrakturen sowie unbekannte Ursachen konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

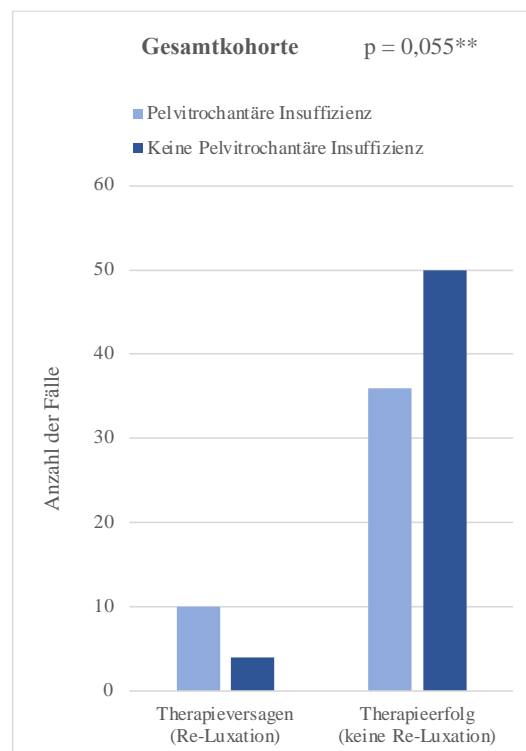


Abb. 22: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Vorliegens pelvitrochanärer Insuffizienz in der Gesamtkohorte



### 4.3.4 Operationsspezifische Risikofaktoren

#### Art der letzten Voroperation

Tab. 24: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der Gesamtkohorte (PI: Primärimplantation; RE-I: Re-Implantation; GS: Girdlestonesituation; \*\*: statistischer Trend bei p-Wert 0,05-0,1)

Art der Voroperation	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Revision (%) PI (%)	63 (63 %) 37 (37 %)	12 (85,7 %) 2 (14,3 %)	51 (59,3 %) 35 (40,7 %)	3,83 (0,86-17,10)	0,079**
RE-I nach GS (%) PI oder sonstige Revision (%)	15 (15 %) 85 (85 %)	4 (28,6 %) 10 (71,4 %)	11 (12,8 %) 75 (87,2 %)	2,65 (0,83-8,46)	0,100**

Die Mehrheit der Patienten der Gesamtkohorte wurde vor der Indexrevision bereits revidiert (63 %). Im Vergleich der Gruppen zeigte sich jedoch, dass die re-luxierten HTEPs öfter vorrevidiert waren als die Gelenke, die durch die Indexrevision stabilisiert werden konnten. Gegenüber der Primärimplantation war die Revision als letzte Voroperation mit einem fast vierfachen Re-Luxationsrisiko assoziiert (HR 3,83) und konnte mittels Cox-Regression zwar nicht als statistisch signifikanter Risikofaktor bestätigt werden, jedoch stellt sich ein statistischer Trend dar (Abb. 23). 15 Patienten (15 %) erhielten vor der Indexrevision einen zweizeitigen HTEP-Wechsel aufgrund einer PPI. Dabei zeigte sich der statistische Trend eines mehr als verdoppelten Re-Luxationsrisikos (HR 2,65), wenn die letzte Voroperation eine Re-Implantation der HTEP nach Girdlestonesituation war.

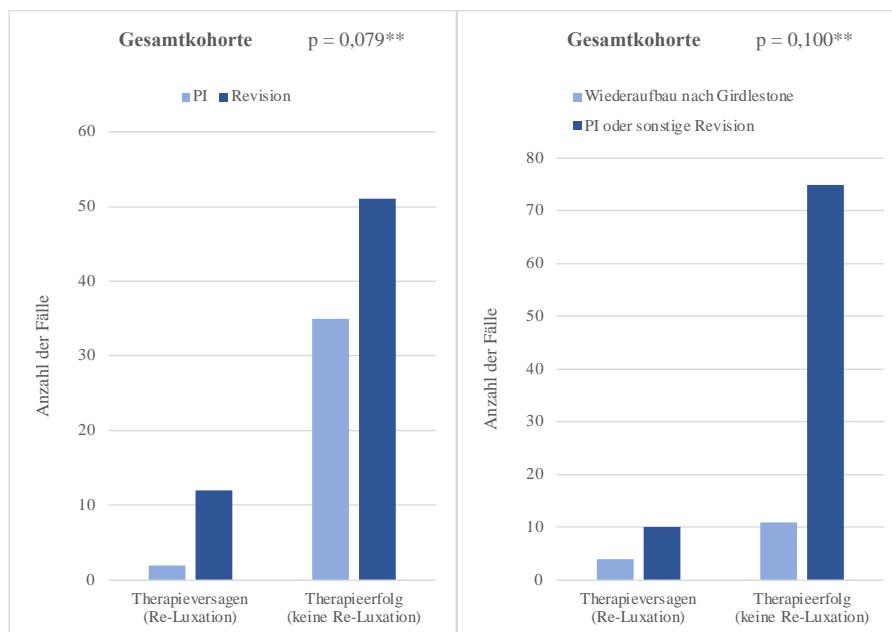


Abb. 23: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der Gesamtkohorte

*Anzahl an Vorrevisionen*

Tab. 25: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Anzahl an Vorrevisionen in der Gesamtkohorte (MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung)

Anzahl an Vorrevisionen	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95% KI)	p-Wert
MW (SD; range)	1,4 (± 1,7; 0-7)	1,8 (± 1,6; 0-5)	1,4 (± 1,7; 0-7)	1,12 (0,85-1,47)	0,426

Im Mittelwert betrug der Anzahl an Vorrevisionen in der Gesamtkohorte 1,4. Die Patienten, deren HTEP re-luxierte, wurden durchschnittlich zwar etwas öfter vorrediviert (1,8 versus 1,4), jedoch konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

*Zeit bis zur Indexrevision*

Tab. 26: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Zeit bis zur Indexrevision in der Gesamtkohorte (MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung)

Zeit seit der PI (Monate)	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	99,7 (± 110,5; 0-455)	101,8 (± 121,1; 0-455)	97,9 (± 102,9; 0-349)	1,00 (1,00-1,01)	0,800

Zeit seit der letzten Operation (Monate)	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	39,4 (± 71,9; 0-349)	26,9 (± 59; 0-166)	41,5 (± 73,9; 0-349)	0,99 (0,99-1,00)	0,476

Die durchschnittliche Zeit seit der primären Implantation der HTEP bis zur Indexrevision betrug in der Gesamtkohorte etwa 100 Monate, während die durchschnittliche Zeit seit der letzten Operation, welche Primärimplantationen und Revisionen einschließt, etwa 40 Monate betrug. Es konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

*Chirurgischer Zugang*

Tab. 27: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des chirurgischen Zugangs in der Gesamtkohorte

Anterolateraler Zugang	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	53 (53 %)	8 (57,1 %)	49 (57 %)	0,79 (0,28-2,27)	0,793
Nein (%)	42 (42 %)	6 (42,9 %)	37 (43 %)		
Lateraler Zugang	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert

Ja (%) Nein (%)	24 (24 %) 71 (71 %)	4 (28,6 %) 10 (71,4 %)	20 (23,3 %) 61 (70,9 %)	1,19 (0,37-3,80)	0,771
<b>Posteriorer Zugang</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	18 (18 %) 77 (81,1 %)	3 (21,4 %) 11 (78,6 %)	15 (17,4 %) 66 (76,4 %)	1,16 (0,32-4,16)	0,821

Etwa die Hälfte der insgesamt inkludierten Patienten wurde im Rahmen der Indexoperation über einen anterolateralen Zugang revidiert (53 %), gefolgt vom lateralen transglutealen Zugang (24 %) und dem posterioren Zugang (18 %). Anhand des chirurgischen Zugangsweges zum Hüftgelenk konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden. Für fünf Patienten der Gesamtkohorte konnte der Zugang nicht eruiert werden.

#### 4.3.5 Implantatsspezifische Risikofaktoren

##### Revidierte HTEP-Komponenten

Tab. 28: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der Gesamtkohorte (\*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05)

<b>Pfannenwechsel</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	55 (55 %) 45 (45 %)	5 (35,7 %) 9 (64,3 %)	50 (58,1 %) 36 (41,8 %)	0,45 (0,15-1,34)	0,149
<b>Schaftwechsel</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	7 (7 %) 93 (93 %)	0 (0 %) 14 (100 %)	7 (8,1 %) 79 (91,9 %)	0,05 (0,00-636,7)	0,525
<b>HTEP-Wechsel (Pfanne und Schaft)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	16 (16 %) 84 (84 %)	2 (14,3 %) 12 (85,7 %)	14 (16,3 %) 72 (83,7 %)	0,86 (0,19-3,84)	0,843
<b>Gleitpaarungswechsel</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	22 (22 %) 78 (78 %)	7 (50 %) 7 (50 %)	15 (17,4 %) 71 (82,6 %)	3,54 (1,24-10,12)	<b>0,018*</b>

Bei mehr als der Hälfte der inkludierten Patienten wurde im Rahmen der Indexrevision die Pfanne gewechselt (54 %), gefolgt von isolierten Wechseln der Gleitpaarung (23 %), kompletten HTEP-Wechseln (16 %) sowie Schaftwechselln (7 %). Ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko einer Re-

Luxation (HR 3,54) bestand, wenn ausschließlich die Gleitpaarung revidiert und Pfanne sowie Schaft nicht gewechselt wurden (Abb. 24).

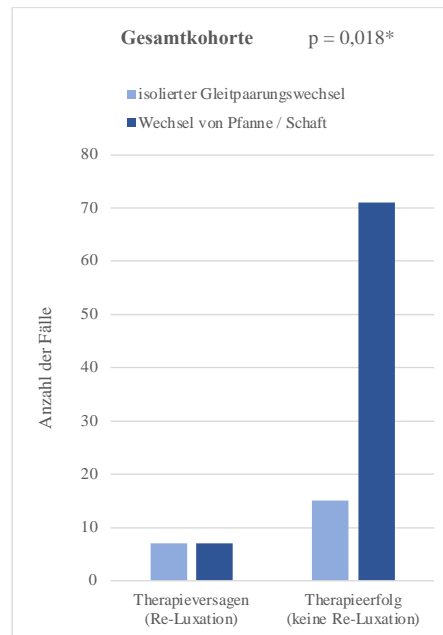


Abb. 24: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der Gesamtkohorte

### Dual-Mobility-Pfannen

Tab. 29: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Verwendung einer DMP in der Gesamtkohorte

Dual-Mobility-Cup	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Nein (%)	55 (55 %)	9 (64,3 %)	46 (53,5 %)	1,49 (0,22-2,0)	0,468
Ja (%)	45 (45 %)	5 (35,7 %)	40 (46,5 %)		

Nahezu die Hälfte der Patienten der Gesamtkohorte (45 %) wurde im Rahmen der Indexrevision mit einer DMP versorgt. Die Patienten, die keine DMP erhielten, zeigten ein anderthalbfach erhöhtes Risiko einer Re-Luxation (HR 1,49). Statistische Signifikanz bestand nicht.

### Constrained Liner

Tab. 30: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Verwendung eines Constrained Liners in der Gesamtkohorte

Constrained Liner	Gesamt (n=100)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%)	11 (11 %)	2 (14,3 %)	9 (10,5 %)	1,46 (0,33-6,51)	0,623
Nein (%)	89 (89 %)	12 (85,7 %)	77 (89,5 %)		

11 % der inkludierten Patienten wurden im Rahmen der Indexrevision mit einem Constrained Liner versorgt. Diese Patienten zeigten ein anderthalbfach erhöhtes Risiko einer Re-Luxation (HR 1,46). Statistische Signifikanz bestand nicht.

### Kopfgröße

Tab. 31: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Kopfgröße in der Gesamtkohorte (MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; \*\*: statistischer Trend bei p-Wert 0,05-0,1)

Kopfgröße (mm)	Gesamt (n=100)	Therapieversager (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW; Median (SD; range)	39,7; 36 (± 8,4; 22-60)	35,9; 36 (± 5,4; 28-47)	40,3; 36 (± 8,6; 22-60)	0,93 (0,86-1,01)	0,073**
< 36 mm (%)	24 (24 %)	5 (35,7 %)	19 (22,1 %)	1,86 (0,62-5,54)	0,261
≥ 36 mm (%)	76 (76 %)	9 (64,3 %)	67 (77,9 %)		
< 32 mm (%)	9 (9 %)	2 (14,3 %)	7 (8,1 %)	2,27 (0,51-10,21)	0,285
≥ 32 mm (%)	91 (91 %)	12 (85,7 %)	79 (91,9 %)		

Im Rahmen der Indexrevision wurde eine durchschnittliche Kopfgröße von 39,7 mm in der Gesamtkohorte verwendet. In 45 Fällen von DMP wurde die Größe des PE-Kopfes betrachtet. Die Therapieversager wurden im Mittelwert mit etwas kleineren Köpfen versorgt als diejenigen Patienten, die kein Rezidivereignis erlitten (35,9 mm versus 40,3 mm). Geringere Kopfgröße war mit einem erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert (HR 0,93) und konnte mittels Cox-Regression zwar nicht als statistisch signifikanter Risikofaktor bestätigt werden, jedoch stellte sich ein statistischer Trend dar (Abb. 25). Bei der systematischen Betrachtung der Kategorien „Kopfgröße < 36 mm“ und „Kopfgröße < 32 mm“ zeigte sich ebenfalls ein etwa verdoppeltes Re-Luxationsrisiko (HR 1,86 bzw. 2,27), jedoch ohne statistische Signifikanz.

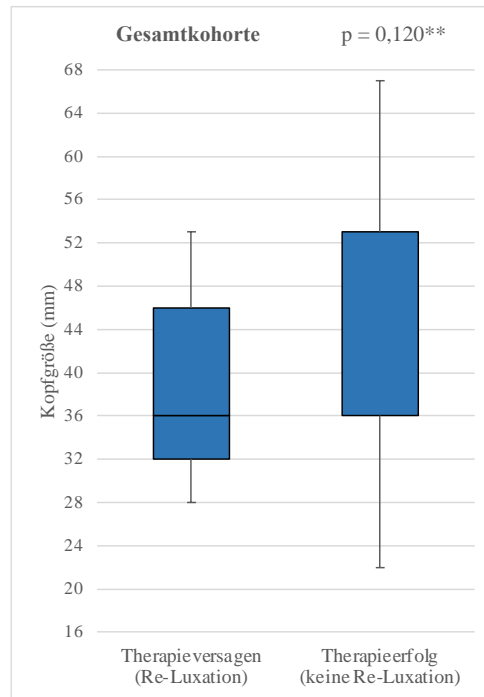


Abb. 25: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Kopfgröße in der Gesamtkohorte

*Biomechanische Parameter*

Tab. 32: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand postoperativer röntgenologisch vermessener Parameter der Hüft-Biomechanik in der Gesamtkohorte (präop.: präoperativ; Abw.: Abweichung; nat.: nativ, RZ: Rotationszentrum)

<b>Beinlängendifferenz (mm) im Vergleich zur Gegenseite</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	0,9 (12,9; -25-55)	-2,4 (12,9; -25-38)	3,5 (12,5; -13-55)	1,00 (0,97-1,05)	0,737
<b>Beinverkürzung &gt; 1 cm im Vergleich zur Gegenseite</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	18 (20,2 %) 71 (79,8 %)	3 (21,4 %) 11 (78,6 %)	15 (20 %) 60 (80 %)	1,10 (0,31-3,94)	0,886
<b>Beinverlängerung &gt; 1 cm im Vergleich zur Gegenseite</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	15 (16,9 %) 74 (83,1 %)	3 (21,4 %) 11 (78,6 %)	12 (16 %) 63 (84 %)	1,42 (0,40-5,09)	0,593
<b>Beinlängendifferenz (mm) im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	1,8 (8,8; -20-19)	0,7 (8,8; -16-16)	2,0 (8,8; -20-19)	0,99 (0,92-1,06)	0,691
<b>Beinverkürzung &gt; 1 cm im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>

Ja (%) Nein (%)	7 (10 %) 63 (90 %)	1 (11,1 %) 8 (88,9 %)	6 (9,8 %) 55 (90,2 %)	1,08 (0,14-8,64)	0,942
<b>Beinverlängerung &gt; 1 cm im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	11 (15,7 %) 59 (84,3 %)	1 (11,1 %) 8 (88,9 %)	10 (16,4 %) 51 (83,6 %)	0,67 (0,08-5,36)	0,705
<b>Pfanneninklination (°)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	43,7 (9,6; 20-65)	45,0 (12,0; 25-65)	43,5 (9,2; 20-65)	1,02 (0,96-1,08)	0,508
<b>Pfannenanteversion (°)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	19,3 (9,1; 0-50)	20,5 (8,7; 6-34)	19,1 (9,3; 0-50)	1,01 (0,96-1,10)	0,631
<b>Gesamtoffset (mm)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	82,5 (9,6; 61-103)	85,1 (8,6; 73-101)	82,1 (9,7; 61-103)	1,02 (0,97-1,08)	0,408
<b>Gesamtoffset (mm) Differenz zu präop.</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	0,4 (8,1; -23-27)	2,8 (6,1; -4-15)	0,0 (8,4; -23-27)	1,04 (0,96-1,12)	0,350
<b>Horizontale Abw. vom nat. RZ (mm)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	1,7 (7,5; -19-19)	1,2 (6,9; -7-17)	1,8 (7,6; -19-19)	0,99 (0,92-1,06)	0,794
<b>Horizontale Abw. vom nat. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	14 (14,1 %) 85 (85,9 %)	2 (14,3 %) 12 (85,7 %)	12 (14,1 %) 73 (85,9 %)	0,95 (0,21-4,25)	0,946
<b>Horizontale Abweichungsrichtung vom nat. RZ</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Lateralisierung (%) Medialisierung (%)	59 (59,6 %) 40 (40,4 %)	6 (42,9 %) 8 (57,1 %)	53 (62,4 %) 32 (37,6 %)	1,96 (0,18-1,48)	0,215
<b>Horizontale Abw. vom präop. RZ (mm)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	-0,7 (4,7; -13-11)	0,2 (4,0; -6-8,7)	-0,8 (4,8; -13-11)	1,05 (0,94-1,17)	0,391
<b>Horizontale Abw. vom präop. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>

Ja (%) Nein (%)	3 (3,1 %) 94 (96,9 %)	0 (0 %) 14 (100 %)	3 (3,6 %) 80 (96,4 %)	0,05 (0,00-11547,06)	0,29
<b>Horizontale Abweichungsrichtung vom präop. RZ</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Medialisierung (%) Lateralisierung (%)	48 (49,5 %) 49 (50,5 %)	6 (42,9 %) 8 (57,1 %)	42 (50,6 %) 41 (49,4 %)	1,38 (0,48-3,98)	0,551
<b>Vertikale Abw. vom nat. RZ (mm)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	7,0 (8,9; -30-34)	4,1 (8,2; -11-20)	7,5 (8,9; -30-34)	0,97 (0,92-1,02)	0,176
<b>Vertikale Abw. vom nat. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	32 (32,3 %) 67 (67,7 %)	4 (28,6 %) 10 (71,4 %)	28 (32,9 %) 57 (67,1 %)	0,85 (0,27-2,70)	0,779
<b>Vertikale Abweichungsrichtung vom nat. RZ</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Kranialisierung (%) Kaudalisierung (%)	81 (81,8 %) 18 (18,2 %)	10 (71,4 %) 4 (28,6 %)	71 (83,5 %) 14 (16,5 %)	1,87 (0,59-5,96)	0,291
<b>Vertikale Abw. vom präop. RZ (mm)</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW; (SD; range)	-0,1 (7,3; -43-17,3)	0,0 (4,2; -7-6,2)	-0,1 (7,8; -43-17,3)	1,00 (0,93-1,07)	0,990
<b>Vertikale Abw. vom präop. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	8 (8,2 %) 89 (91,8 %)	0 (0 %) 14 (100 %)	8 (9,6 %) 75 (90,4 %)	0,04 (0,00-154,38)	0,452
<b>Vertikale Abweichungsrichtung vom präop. RZ</b>	<b>Gesamt (n=100)</b>	<b>Therapieversagen (n=14)</b>	<b>Therapieerfolg (n=86)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Kranialisierung (%) Kaudalisierung (%)	58 (59,8 %) 39 (40,2 %)	7 (50 %) 7 (50 %)	51 (61,4 %) 32 (38,6 %)	1,63 (0,57-4,64)	0,364

Die Untersuchung der postoperativen, röntgenologisch vermessenen Prothesenposition erbrachte, dass eine Beinverlängerung von mehr als 10 mm im Vergleich zur kontralateralen Seite (HR 1,42), eine Kaudalisierung des Rotationszentrums der Hüfte im Vergleich zum nativen idealen (HR 1,87) und zum präoperativen (HR 1,63) Drehzentrum mit einem erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert war. Weiterhin war das Re-Luxationsrisiko erhöht, wenn das rekonstruierte Rotationszentrum gegenüber dem nativen Drehzentrum medialisiert (HR 1,96). Schließlich zeigte sich ein erhöhtes Risiko, wenn das rekonstruierte im Vergleich zum präoperativen Drehzentrum im Sinne einer Lateralisierung abwich (HR 1,38), jedoch jeweils ohne statistische Signifikanz. Für weitere radiologische Messgrößen konnten keine relevanten Unterschiede bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.



#### 4.4 Dual - Mobility versus Standard - Mobility

##### 4.4.1 Demografische Variablen im Kohortenvergleich

Der demografische Vergleich der beiden Subkohorten „DMP“ (45/100) und „SMP“ (44/100) ergab, dass die mit einer DMP versorgten Patienten zum Zeitpunkt der Indexrevision im Durchschnitt signifikant älter ( $p < 0,001$ ) und kränker ( $p = 0,031$  für ASA-Score und  $p = 0,002$  für CCI) sowie häufiger vorrevidiert ( $p = 0,048$ ) waren als die Patienten mit Standardartikulation. Psychiatrische Grunderkrankungen waren unter den DMP-Patienten signifikant häufiger vertreten ( $p = 0,008$ ), auch für neurologische Grunderkrankungen bestand ein statistischer Trend ( $p = 0,066$ ).

Tab. 33: Vergleich demografischer Variablen zwischen der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

Demografische Variable	DMP (n=45)	SMP (n=44)	p-Wert
Alter (Jahre)	74,3 ± 9,3	64,1 ± 13,4	<0,001*
Geschlecht (weiblich/männlich)	30/15	26/18	0,459
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,8 ± 4,9	27,5 ± 5,5	0,594
ASA			0,031*
1	1 (2 %)	2 (5 %)	
2	18 (40 %)	26 (59 %)	
3	24 (54 %)	16 (36 %)	
4	2 (4 %)	0 (0 %)	
CCI			0,002*
0 - 5	34 (76 %)	40 (91 %)	
6 - 10	11 (24 %)	4 (9 %)	
Neurologische Komorbidität	12 (27 %)	5 (11 %)	0,066**
Psychiatrische Komorbidität	9 (20 %)	1 (2 %)	0,008*
Spinale Fusion	4 (9 %)	3 (7 %)	0,392
Zuvor revidiert	32 (71 %)	22 (50 %)	0,042*
Revisionen zuvor (Anzahl)	1,6 ± 1,8	1,0 ± 1,4	0,048*
FU (Monate)	58,1 ± 25,6	55,0 ± 29,7	0,882

##### 4.4.2 Outcome und Therapieversagen im Kohortenvergleich

Der Vergleich des Outcomes der beiden Subkohorten zeigt, dass die im Rahmen der Indexrevision mit einer DMP versorgten Patienten seltener eine Re-Luxation erlitten und aufgrund persistierender Instabilität oder anderer Ursachen re-revidiert werden mussten. Auch in Relation zur Gesamtkohorte erbrachte die Verwendung von DMP den größeren Therapieerfolg. Gleichzeitig trat ein Therapieversagen in Bezug auf alle drei Endpunkte in der Patientengruppe, die mit einer SMP versorgt wurde, öfter auf als in der Gesamtkohorte (Tab. 34). Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in den 5-Jahres-Überlebensraten (5YSR) nach Kaplan Meier wider. Demnach sind Patienten, denen aufgrund einer HTEP-Luxation eine DMP implantiert wurde, nach fünf Jahren mit höherer Wahrscheinlichkeit rezidiv- und re-revisionsfrei (Abb. 26 - 28).

Tab. 34: Vergleich der Überlebensraten zwischen der Gesamtkohorte, der DMP - Kohorte und der SMP - Kohorte (5YSR: 5-Jahres-Überlebensrate)

	<b>Gesamtkohorte</b> (n=100)	<b>DMP - Kohorte</b> (n=45)	<b>SMP - Kohorte</b> (n=44)	<b>p-Wert</b>
<b>Re-Luxations-Rate</b> (5YSR; 95 % KI)	<b>14 %</b> (14/100) (84 %; 0,80-0,88)	<b>11,1 %</b> (5/45) (86 %; 0,80-0,92)	<b>15,9 %</b> (7/44) (82 %; 0,76-0,88)	0,530
<b>Re-Revisions-Rate</b> <b>(durch Re-Luxation)</b> (5YSR; 95 % KI)	<b>10 %</b> (10/100) (90 %; 0,86-0,93)	<b>6,7 %</b> (3/45) (90 %; 0,84-0,96)	<b>11,4 %</b> (5/44) (90 %; 0,86-0,95)	0,673
<b>Re-Revisions-Rate</b> <b>(alle Indikationen)</b> (5YSR; 95 % KI)	<b>22 %</b> (22/100) (79 %; 0,74-0,83)	<b>17,7 %</b> (8/45) (83 %; 0,77-0,90)	<b>25 %</b> (11/44) (75 %; 0,68-0,82)	0,695

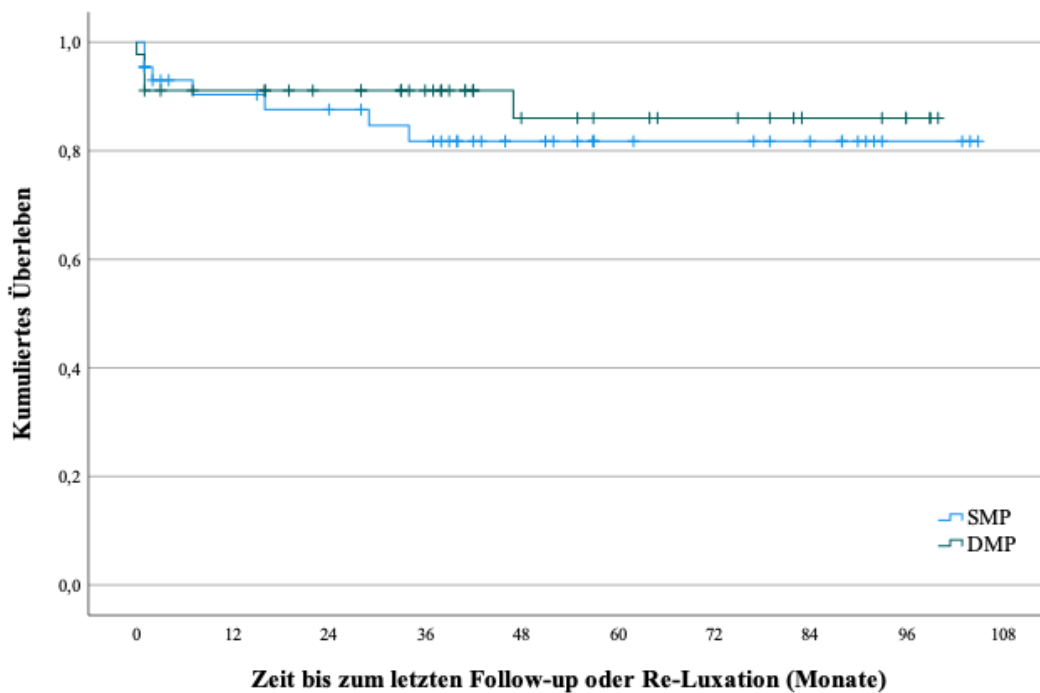


Abb. 26: Kaplan - Meier - Kurve für den Endpunkt Re - Luxation in der DMP-Kohorte und SMP-Kohorte

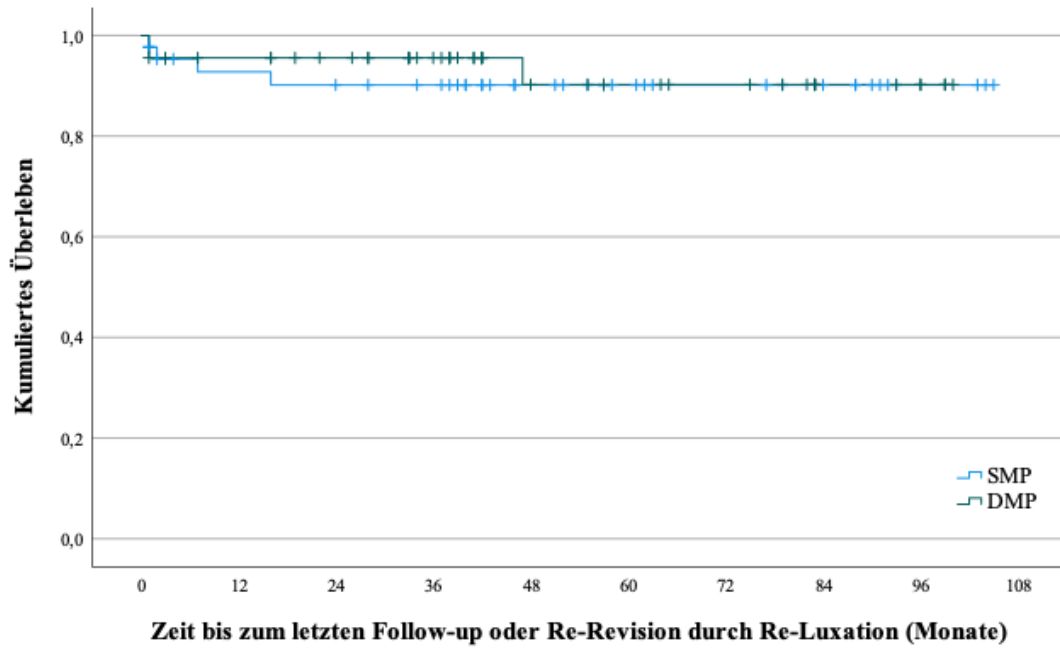


Abb. 27: Kaplan - Meier - Kurve für den Endpunkt Re - Revision durch Re - Luxation in der DMP - Kohorte und SMP - Kohorte

In der DMP-Kohorte repräsentierte die rezidivierende Luxation die häufigste Komplikation (n=5, davon wurden drei re-revidiert. Darüber hinaus kam es zu vier revisionspflichtigen Infektionen, die durch Gleitpaarungswechsel adressiert wurden. Nur ein Patient präsentierte sich mit einer aseptischen Pfannenlockerung nach acht Jahren, die einen Pfannenwechsel zur Folge hatte.

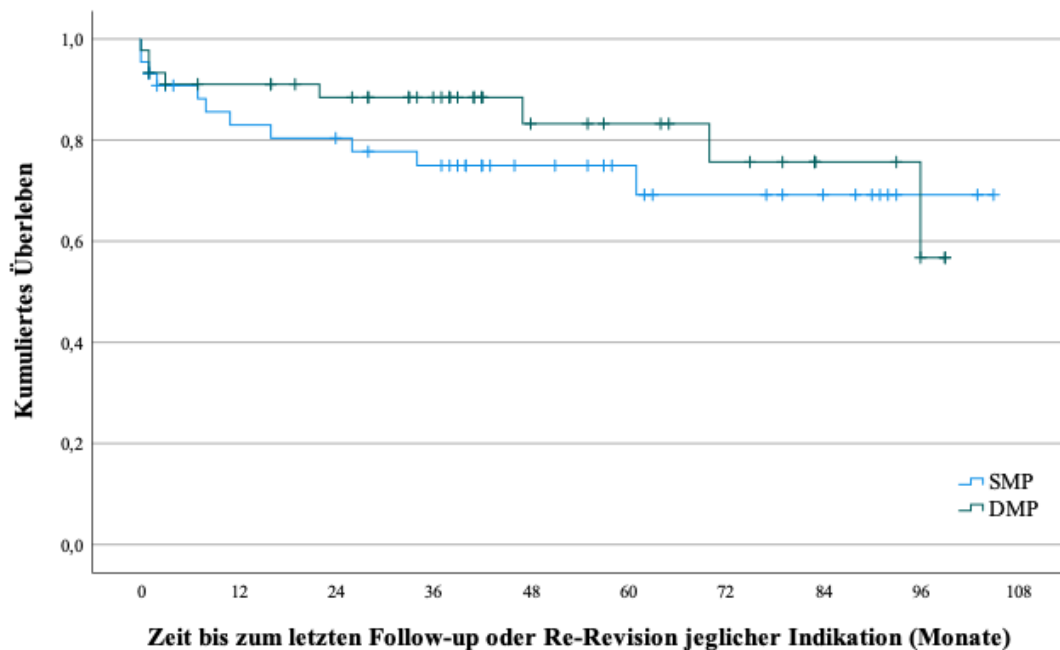


Abb. 28: Kaplan - Meier - Kurve für den Endpunkt Re - Revision jeglicher Indikation in der DMP - Kohorte und SMP - Kohorte

*Modifizierte Harris - Hip - Scores in der DMP - Kohorte und SMP - Kohorte*

Das subjektive Outcome unterschied sich in den Subkohorten nur geringfügig. So ergab sich für die Patienten der im Durchschnitt jüngeren und gesünderen SMP-Gruppe im Rahmen der FU-Untersuchungen im Mittelwert ein etwas besserer postoperativer mod. HHS als in der DMP-Gruppe (68,3 versus 65,7), obwohl die SMP-Gruppe durchschnittlich einen etwas schlechteren präoperativen mod. HHS aufwies (40,9 versus 43,8). Diese minimale Differenz schlug sich auch in der durchschnittlichen Verbesserung der mod. HHS nach der Indexrevision nieder, welche für die DMP-Kohorte 24,1 und für die SMP-Kohorte 26,7 Punkte betrug. Das funktionelle Outcome hat sich in beiden Subkohorten statistisch signifikant ( $p=0,012$  versus  $p=0,007$ ) verbessert, im Mittel um drei von insgesamt vier Funktionsstufen<sup>137</sup>.

Tab. 35: Modifizierte Harris - Hip - Scores der DMP - Kohorte und SMP - Kohorte

	<b>mod. HHS präoperativ</b>	<b>mod. HHS postoperativ</b>
<b>DMP</b> Mittelwert (SD; range)	43,8 ( $\pm$ 25,1; 3-88)	65,7 ( $\pm$ 17,8; 20-91)
<b>SMP</b> Mittelwert (SD; range)	40,9 ( $\pm$ 21,8; 0-73)	68,3 ( $\pm$ 14,2; 38-91)

	<b>Verbesserung des mod. HHS nach Indexrevision</b>	<b>p-Wert</b>
<b>DMP</b> Mittelwert (SD; range)	+ 24,1 ( $\pm$ 23,3; -8-73)	<b>0,012*</b>
<b>SMP</b> Mittelwert (SD; range)	+ 26,7 ( $\pm$ 22,0; -13-71)	<b>0,007*</b>

**4.4.3 Analyse der Risikofaktoren im Kohortenvergleich**

Im Folgenden wird die Analyse der Risikofaktoren im Kohortenvergleich zwischen DMP und SMP systematisch in tabellarischer Form aufgearbeitet. Bei Vorliegen von statistischer Signifikanz ( $p$ -Wert  $\leq 0,05$ ), statistischer Trends ( $p$ -Wert 0,05 - 0,1) oder auffälligen Hazard Ratios (HR) erfolgt zudem eine grafische Darstellung zur besseren Anschaulichkeit.

#### 4.4.3.1 Patientenspezifische Risikofaktoren

##### Geschlecht

Tab. 36: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Geschlechterverteilung in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

Geschlecht	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Weiblich (%)	30 (66,6 %)	4 (80 %)	26 (65 %)	2,04 (0,23-18,26)	0,523
Männlich (%)	15 (33,4 %)	1 (20 %)	14 (35 %)		
Geschlecht	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Weiblich (%)	26 (59,1 %)	5 (71,4 %)	21 (56,8 %)	1,64 (0,32-8,47)	0,553
Männlich (%)	18 (40,9 %)	2 (28,2 %)	16 (43,2 %)		

Der Anteil von Frauen war im Vergleich mit der männlichen Fallzahl sowohl in der DMP-Kohorte, als auch in der SMP-Kohorte erhöht. In der DMP-Kohorte war weibliches Geschlecht mit einem verdoppelten Re-Luxationsrisiko assoziiert (HR 2,04) wie auch in der Gesamtkohorte. Statistische Signifikanz bestand in keiner Subkohorte.

##### Alter

Tab. 37: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Alters in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte (\*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05, \*\*: statistischer Trend bei p-Wert 0,05-0,1)

Alter bei Indexrevision (Jahre)	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	74,3 (± 9,3; 51-88)	63,6 (± 12,2; 52-79)	75,6 (± 8,1; 51-88)	0,91 (0,84-0,99)	0,020*
Alter bei Indexrevision (Jahre)	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	64,1 (± 13,4; 29-87)	72,1 (± 11,7; 46-80)	62,6 (± 13,3; 29-87)	1,07 (0,99-1,15)	0,099**

Im Vergleich der Altersstruktur zeigte sich, dass das Durchschnittsalter der mit einer DMP versorgten Patienten zehn Jahre höher war als in der SMP-Kohorte (74,3 Jahre versus 64,1 Jahre). In der DMP-Kohorte waren die Therapieversager im Mittelwert 12 Jahre jünger als diejenigen Patienten, die kein Rezidivereignis erlitten, während die Therapieversager in der SMP-Kohorte im Gegenteil durchschnittlich 9,5 Jahre älter waren. Besonders ausgeprägt war dieser Unterschied in der DMP-Kohorte, in welcher jüngeres Alter statistisch signifikant als moderater Risikofaktor (HR 0,91) für eine

Re-Luxation nachgewiesen werden konnte. In der SMP-Kohorte zeigte sich der statistische Trend eines erhöhten Re-Luxationsrisikos für höheres Alter (HR 1,07) (Abb. 29).

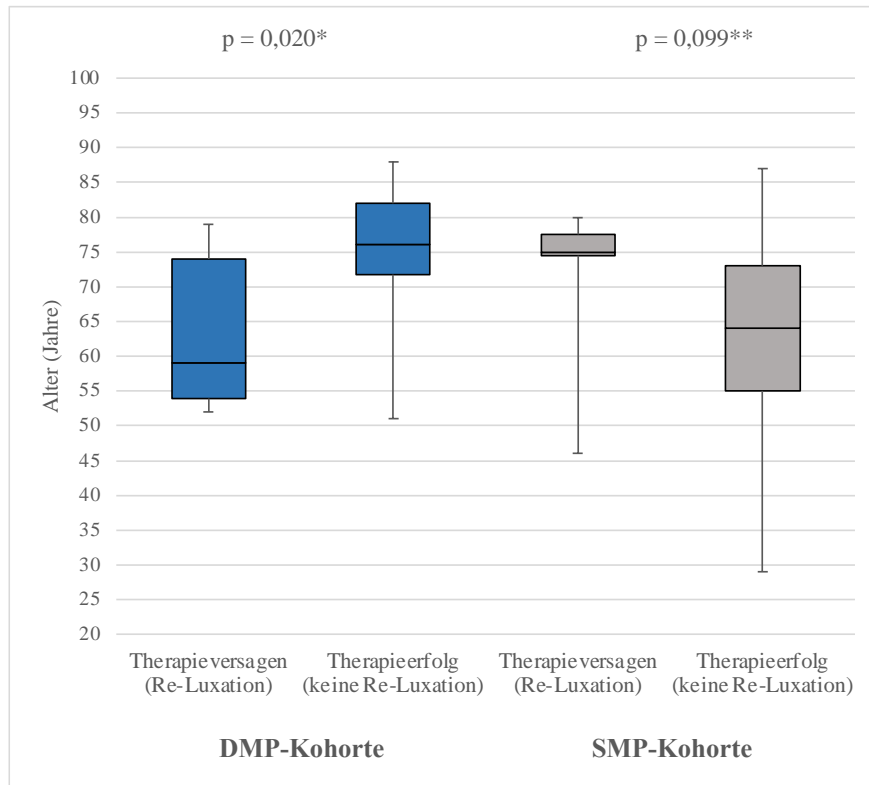


Abb. 29: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Alters in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

**BMI**

Tab. 38: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

BMI (kg/m <sup>2</sup> )	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=14)	Therapieerfolg (n=86)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	26,8 (± 4,9; 18,8-39,9)	24,6 (± 7,1; 19,9-37,1)	27,1 (± 4,6; 18,8-39,9)	0,88 (0,69-1,11)	0,268
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	27,5 (± 5,5; 18,5-44,60)	25,5 (± 3,4; 21,5-30,90)	27,9 (± 5,8; 18,5-44,60)	0,91 (0,78-1,06)	0,238

Der durchschnittliche BMI entsprach in beiden Kohorten einer Präadipositas (26,8 respektive 27,5)<sup>138</sup> und im Kohortenvergleich war erkennbar, dass die Therapieversager jeweils durch einen geringeren BMI gekennzeichnet, im Mittelwert sogar normalgewichtig bzw. präadipös waren (24,6 respektive 25,5) (Abb. 30).

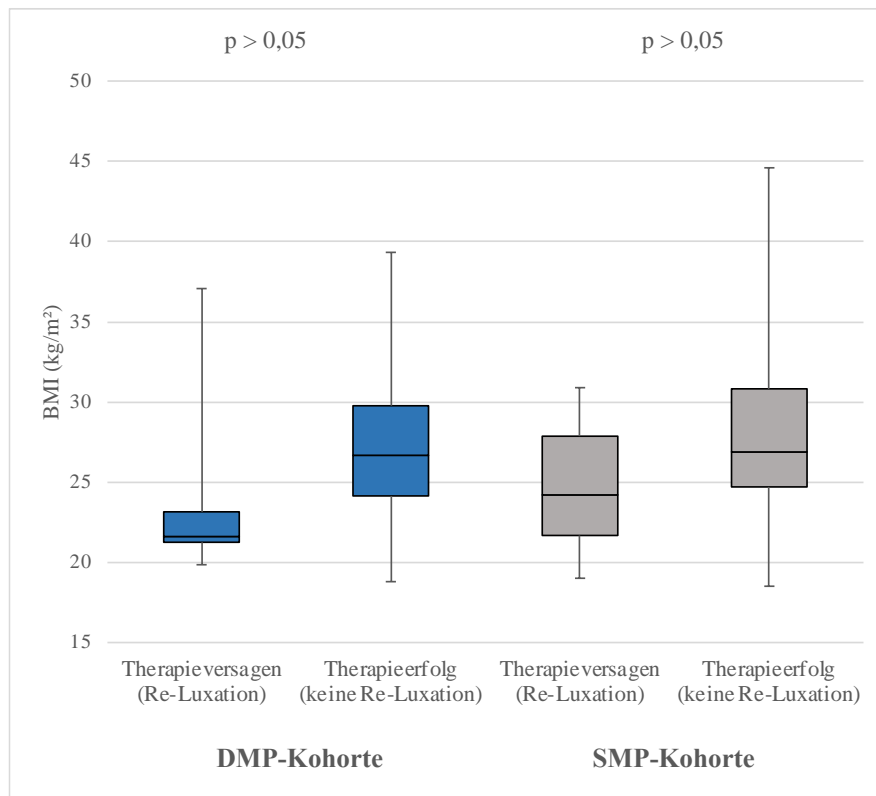


Abb. 30: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des BMI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

ASA-Score

Tab. 39: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des ASA-Scores in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

ASA-Score	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Median (IQR; range)	3 (2-3; 1-4)	2 (2-2; 2-3)	3 (2-3; 1-4)	0,39 (0,09-1,43)	0,147
ASA-Score	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Median (IQR; range)	2 (2-3; 1-3)	2 (2-2; 2-2)	2 (2-3; 1-3)	0,36 (0,09-1,41)	0,142

In der DMP-Kohorte betrug der ASA-Score im Median 3 und in der SMP-Kohorte 2. Re-Luxationen traten in beiden Subkohorten häufiger bei den nach ASA gesünder klassifizierten Patienten auf (HR 0,39 versus 0,36; siehe IQR).

Charlson-Comorbidity-Index

Tab. 40: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des CCI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte (\*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05)

CCI	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Median (IQR; range)	4 (3-5; 1-10)	2 (1-3; 1-3)	5 (3-6; 1-10)	0,42 (0,19-0,92)	0,031*
CCI	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Median (IQR; range)	3 (1-4; 0-8)	3 (1-4; 0-5)	2 (1-4, 0-8)	1,12 (0,79-1,58)	0,521

In der DMP-Kohorte betrug der CCI im Median 4 und in der SMP-Kohorte 3. Re-Luxationen traten in der DMP-Kohorte häufiger bei den nach CCI gesünder klassifizierten Patienten auf (siehe IQR) und ein geringerer CCI konnte für diese Subkohorte mittels Cox-Regression als statistisch signifikanter Risikofaktor für eine Re-Luxation bestätigt werden.

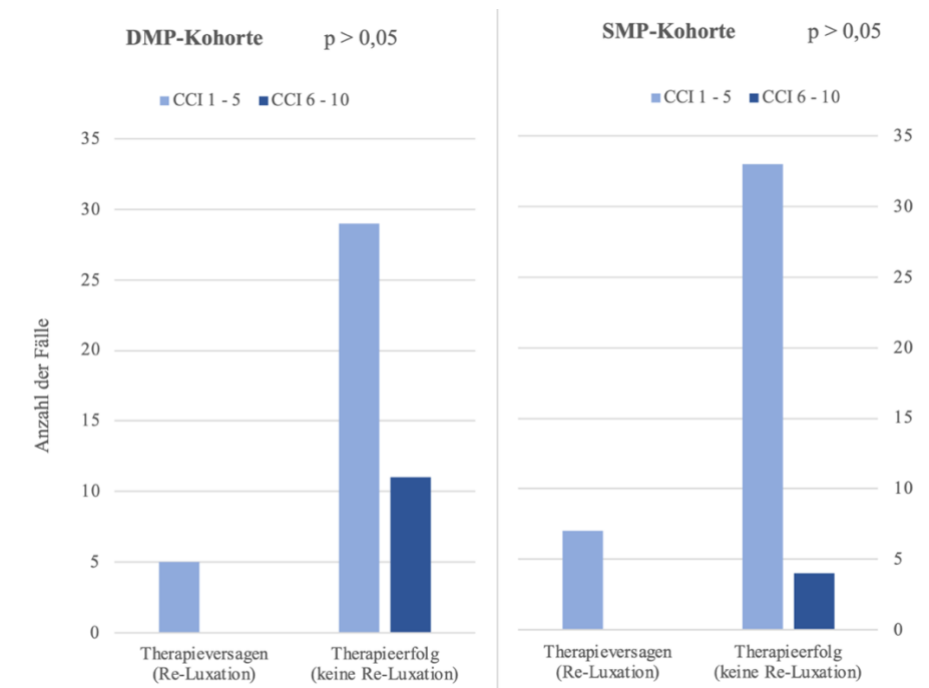


Abb. 31: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des CCI in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte



## Spezifische Komorbiditäten

Tab. 41: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand spezifischer Komorbiditäten in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

<b>Neurologische Komorbiditäten</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	12 (26,6 %) 33 (73,4 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	10 (25 %) 30 (75 %)	1,60 (0,27-9,7)	0,607
<b>Neurologische Komorbiditäten</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	5 (11,4 %) 39 (88,6 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	4 (10,8 %) 33 (89,2 %)	1,63 (0,20-13,65)	0,652
<b>Psychiatrische Komorbiditäten</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	9 (20 %) 36 (80 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	9 (22,5 %) 31 (77,5 %)	0,04 (0,00-374,81)	0,478
<b>Psychiatrische Komorbiditäten</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	1 (2,3 %) 43 (97,7 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	1 (2,7 %) 36 (97,3 %)	0,05 (0,00-31472127)	0,769
<b>Spinale Fusion</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	4 (8,9 %) 41 (91,1 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	3 (7,5 %) 37 (92,5 %)	2,76 (0,31-24,83)	0,366
<b>Spinale Fusion</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	3 (6,8 %) 41 (93,2 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	2 (5,4 %) 35 (94,6 %)	2,27 (0,27-18,91)	0,448

Etwa ein Viertel der Patienten in der DMP-Kohorte (26,6 %) und lediglich ein Zehntel in der SMP-Kohorte (11,4 %) litt zum Zeitpunkt der Indexrevision an einer neurologischen, ein Fünftel (20 %; DMP-Kohorte) bzw. 2,3 % (SMP-Kohorte) an einer psychiatrischen Grunderkrankung und 17,8 % (DMP-Kohorte) bzw. 11,4 % (SMP-Kohorte) an lumbalen bzw. lumbosakralen Spondylodese. Es konnte anhand des Vorliegens spezifischer Komorbiditäten wie auch in der Gesamtkohorte kein signifikanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden, auch wenn sich in beiden Subkohorten ein zwei- bis dreifach erhöhtes Re-Luxationsrisiko nach spinaler Fusion zeigte.

*Bilaterale HTEP*

Tab. 42: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand bilateraler HTEP in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

<b>Bilaterale HTEP</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	17 (37,8 %) 28 (62,2 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	15 (37,5 %) 25 (62,5 %)	1,23 (0,20-7,52)	0,820
<b>Bilaterale HTEP</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	17 (38,6 %) 27 (61,4 %)	3 (42,9 %) 4 (57,1 %)	14 (37,8 %) 23 (62,2 %)	1,33 (0,30-5,95)	0,709

Der Anteil von beidseits mit einer HTEP versorgten Patienten war im Vergleich mit der unilateral versorgten Fallzahl sowohl in der DMP-Kohorte, als auch in der SMP-Kohorte etwa im Verhältnis 1:2 vermindert. Es konnte kein relevanter Unterschied des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

*Knochendefekte*

Tab. 43: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand azetabulärer Knochendefekte in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

<b>Paprosky-Score Acetabulum I</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	28 (62,2 %) 17 (37,8 %)	3 (60 %) 2 (40 %)	25 (62,5 %) 15 (37,5 %)	0,94 (0,16-5,62)	0,946
<b>Paprosky-Score Acetabulum I</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	24 (54,5 %) 20 (45,5 %)	5 (71,4 %) 2 (28,6 %)	19 (51,4 %) 18 (48,6 %)	2,12 (0,41-10,94)	0,369
<b>Paprosky-Score Acetabulum IIa-IIc</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	12 (26,7 %) 33 (73,3 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	10 (25 %) 30 (75 %)	1,69 (0,28-10,13)	0,568
<b>Paprosky-Score Acetabulum IIa-IIc</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	13 (29,5 %) 31 (70,5 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	12 (32,4 %) 25 (67,6 %)	0,41 (0,05-3,40)	0,408
<b>Paprosky-Score Acetabulum IIIa-IIIb</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>

Ja (%)	3 (6,7 %)	0 (0 %)	3 (7,5 %)	0,05	0,698
Nein (%)	42 (93,3 %)	5 (100 %)	37 (92,5 %)	(0,00-2921,86)	
<b>Paprosky-Score Acetabulum IIIa-IIIb</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	7 (15,9 %)	1 (14,3 %)	6 (16,2 %)	0,82	0,851
Nein (%)	37 (84,1 %)	6 (85,7 %)	31 (83,8 %)	(0,10-6,79)	

Tab. 44: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand femoraler Knochendefekte in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

<b>Paprosky-Score Femur I</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	23 (51,1 %)	3 (60 %)	20 (50 %)	1,49	0,664
Nein (%)	22 (48,9 %)	2 (40 %)	20 (50 %)	(0,25-8,90)	
<b>Paprosky-Score Femur I</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	29 (65,9 %)	5 (71,4 %)	24 (64,9 %)	1,12	0,890
Nein (%)	15 (34,1 %)	2 (28,6 %)	13 (35,1 %)	(0,22-5,80)	
<b>Paprosky-Score Femur II</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	13 (28,9 %)	1 (20 %)	12 (30 %)	0,61	0,659
Nein (%)	32 (71,1 %)	4 (80 %)	28 (70 %)	(0,07-5,46)	
<b>Paprosky-Score Femur II</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	8 (18,2 %)	1 (14,3 %)	7 (18,9 %)	0,86	0,888
Nein (%)	36 (81,8 %)	6 (85,7 %)	30 (81,1 %)	(0,10-7,14)	
<b>Paprosky-Score Femur IIIa-IIIb</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	6 (13,3 %)	1 (20 %)	5 (12,5 %)	1,51	0,711
Nein (%)	39 (86,7 %)	4 (80 %)	35 (87,5 %)	(0,17-13,57)	
<b>Paprosky-Score Femur IIIa-IIIb</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	7 (15,9 %)	1 (14,3 %)	6 (16,2 %)	0,96	0,973
Nein (%)	37 (84,1 %)	6 (85,7 %)	31 (83,8 %)	(0,12-8,02)	

Die Patienten beider Subkohorten zeigten zum Zeitpunkt der Indexrevision überwiegend minimale acetabulären Knochendefekte mit intaktem Pfannenrand (Paprosky Typ I, Acetabulum <sup>141</sup>; DMP 62,2 % versus SMP 54,5 %) und minimale metaphysären Knochendefekten des Femurs mit intakter Diaphyse (Paprosky Typ I, Femur <sup>142</sup>; DMP 51,1 % versus SMP 65,9 %). Es konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

#### 4.4.3.2 Luxationsspezifische Risikofaktoren

##### Luxationszeitpunkt

Tab. 45: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Luxationszeitpunktes in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

Zeitpunkt der Luxation	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Frühluxation (%)	24 (53 %)	2 (40 %)	22 (55 %)	1,65 (0,27-9,92)	0,585
Spätluxation (%)	21 (47 %)	3 (60 %)	18 (45 %)		
Zeitpunkt der Luxation	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Frühluxation (%)	19 (43,2 %)	4 (57,1 %)	15 (40,5 %)	0,52 (0,12-2,33)	0,392
Spätluxation (%)	25 (56,8 %)	3 (42,9 %)	22 (59,5 %)		

Obwohl in der DMP-Kohorte insgesamt weniger HTEP-Luxationen später als drei Monate nach der letzten Hüftoperation auftraten (47 %), re-luxierten mehr initial spätluxierte HTEPs (60 %) (HR 1,65). Im Gegenteil kam es in der SMP-Kohorte bei insgesamt öfter vorliegenden initialen Spätluxationen (56,8 %) nach der Indexrevision öfter bei jenen Patienten zur Rezidivluxation, die präoperativ eine Frühluxation ( $\leq 3$  Monate nach der letzten Hüftoperation) erlitten hatten (57,1 %) (HR 0,52). Statistische Signifikanz bestand nicht.

##### Luxationsanzahl

Tab. 46: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsanzahl in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

Anzahl an Luxationen	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	2,3 ( $\pm 1,3$ ; 1-6)	2,8 ( $\pm 0,8$ ; 2-4)	2,2 ( $\pm 1,3$ , 1-6)	1,34 (0,74-2,40)	0,332
Anzahl an Luxationen	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	2,3 ( $\pm 1,4$ ; 1-8)	2,6 ( $\pm 1,0$ ; 1-4)	2,3 ( $\pm 1,5$ , 1-8)	1,16 (0,77-1,76)	0,487

Im Mittelwert betrug die Anzahl der Luxationen bis zum Zeitpunkt der Indexrevision in beiden Subkohorten 2,3. Ein deutlicherer Unterschied zwischen Patienten mit und ohne Re-Luxation zeigte sich in der DMP-Kohorte, in welcher die HTEPs der Patienten, die re-luxierten, präoperativ öfter luxiert waren (2,8 versus 2,2).

*Luxationsrichtung*

Tab. 47: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Luxationsrichtung in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

<b>Luxationsrichtung posterior</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	20 (51,3 %) 19 (48,7 %)	3 (100 %) 0 (0 %)	17 (47,2 %) 19 (52,8 %)	63,15 (0,01-681121,75)	0,382
<b>Luxationsrichtung posterior</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	17 (45,9 %) 20 (54,1 %)	2 (28,6 %) 5 (71,4 %)	15 (50 %) 15 (50 %)	0,52 (0,10-2,68)	0,433
<b>Luxationsrichtung anterior</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	18 (46,2 %) 21 (53,8 %)	0 (0 %) 3 (100 %)	18 (50 %) 18 (50 %)	0,02 (0,00-208,31)	0,401
<b>Luxationsrichtung anterior</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	19 (51,4 %) 18 (48,6 %)	5 (71,4 %) 2 (28,6 %)	14 (46,7 %) 16 (53,3 %)	2,20 (0,43-11,33)	0,347

Jeweils eine Hälfte der untersuchten Hüften beider Subkohorten luxierte vor der Indexrevision nach posterior und anterior. In der SMP-Kohorte zeigte sich ein verdoppeltes Re-Luxationsrisiko für die initial nach anterior luxierte Hüften (HR 2,20). Alle Therapieversager der DMP-Kohorte waren präoperativ nach posterior luxiert, jedoch war die Luxationsrichtung für 15 Patienten nicht bekannt (DMP-Kohorte n=6; SMP-Kohorte n=7, Constrained Liner-Kohorte n=2).

**4.4.3.3 Indikationsspezifische Risikofaktoren***Indikation der Primärimplantation*

Tab. 48: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Indikation der Primärimplantation der HTEP in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte (FKN: Femurkopfnekrose)

<b>Primäre Koxarthrose</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	18 (40 %) 27 (60 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	17 (42,5 %) 23 (57,5 %)	0,37 (0,04-3,31)	0,374
<b>Primäre Koxarthrose</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>

Ja (%) Nein (%)	22 (50 %) 22 (50 %)	5 (71,4 %) 2 (28,6 %)	17 (54,1 %) 20 (45,9 %)	2,73 (0,53-14,08)	0,231
<b>Posttraumatische Koxarthrose</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	4 (8,9 %) 41 (91,1 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	4 (10 %) 39 (90 %)	0,04 (0,00-22503,60)	0,639
<b>Posttraumatische Koxarthrose</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	2 (4,5 %) 42 (95,5 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	2 (5,4 %) 44 (94,6 %)	0,05 (0,00-89335,61)	0,676
<b>Dysplasie- Koxarthrose</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	4 (8,9 %) 41 (91,1 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	3 (7,5 %) 37 (92,5 %)	3,35 (0,35-32,24)	0,295
<b>Dysplasie- Koxarthrose</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	9 (20,5 %) 35 (79,5 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	8 (21,6 %) 29 (78,4 %)	0,61 (0,07-5,06)	0,646
<b>Proximale Femurfraktur</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	10 (22,2 %) 35 (77,8 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	8 (20 %) 32 (80 %)	3,33 (0,47-23,70)	0,229
<b>Proximale Femurfraktur</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	3 (6,8 %) 41 (93,2 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	2 (5,4 %) 35 (94,6 %)	2,14 (0,26-17,77)	0,483
<b>FKN</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	3 (6,7 %) 42 (93,3 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	2 (5 %) 38 (95 %)	4,15 (0,36-47,46)	0,252
<b>FKN</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	2 (4,5 %) 42 (95,5 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	2 (5,4 %) 35 (94,6 %)	0,05 (0,00-4134689,6)	0,743

Bei der Analyse der Indikationen, aufgrund welcher die Patienten initial mit einer HTEP versorgt werden mussten, waren in der DMP-Kohorte die Dysplasiekoxarthrose (HR 3,35), die proximale Femurfraktur (HR 3,33) und die Femurkopfnekrose (HR 4,15) mit einem drei- bis vierfach erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert, jedoch ohne statistische Signifikanz. In der SMP-Kohorte konnte ein zwei- bis dreifach erhöhtes Re-Luxationsrisiko für die Dysplasiekoxarthrose (HR 3,35) und die proximale Femurfraktur (HR 2,14) gezeigt werden, ebenfalls ohne statistische Signifikanz.

## Ätiologie der HTEP-Luxation

Tab. 49: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Ätiologie der HTEP-Luxation in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

<b>Implantat-Malposition</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	8 (17,8 %) 37 (82,2 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	8 (20 %) 32 (80 %)	0,04 (0,00-999,47)	0,527
<b>Implantat-Malposition</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	22 (50 %) 22 (50 %)	3 (42,9 %) 4 (57,1 %)	19 (51,4 %) 18 (48,6 %)	0,62 (0,14-2,78)	0,533
<b>Pelvitrochantäre Insuffizienz</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	27 (60 %) 18 (40 %)	5 (100 %) 0 (0 %)	22 (55 %) 18 (45 %)	45,50 (0,03-78037,45)	0,315
<b>Pelvitrochantäre Insuffizienz</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	11 (25 %) 33 (75 %)	3 (42,9 %) 4 (57,1 %)	8 (21,6 %) 29 (78,4 %)	2,84 (0,63-12,74)	0,174
<b>Impingement</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	7 (15,6 %) 38 (84,4 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	6 (15 %) 34 (85 %)	1,43 (0,16-12,86)	0,749
<b>Impingement</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	5 (11,4 %) 39 (88,6 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	4 (10,8 %) 33 (89,2 %)	1,24 (0,15-10,27)	0,844
<b>Inlayaufbrauch</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	3 (6,7 %) 42 (93,3 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	2 (5 %) 38 (95 %)	3,58 (0,40-32,06)	0,254
<b>Inlayaufbrauch</b>	<b>SMP (n=55)</b>	<b>Therapieversagen (n=9)</b>	<b>Therapieerfolg (n=46)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	7 (15,9 %) 37 (84,1 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	6 (16,2 %) 31 (83,8 %)	0,85 (0,10-7,05)	0,879
<b>Kombinierte Verursachung</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	17 (37,8 %) 28 (62,2 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	16 (40 %) 24 (60 %)	0,38 (0,04-3,41)	0,387

Kombinierte Verursachung	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	10 (22,7 %) 34 (77,3 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	9 (24,3 %) 28 (75,7 %)	0,49 (0,06-4,05)	0,505
Fraktur des Trochanter major	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	7 (15,6 %) 38 (84,4 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	6 (15 %) 34 (85 %)	1,31 (0,15-11,75)	0,807
Fraktur des Trochanter major	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	2 (4,5 %) 42 (95,5 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	2 (5,4 %) 35 (94,6 %)	0,05 (0,00-89335,61)	0,676
Unbekannte Ätiologie	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	2 (4,4 %) 43 (95,6 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	2 (5 %) 38 (95 %)	0,05 (0,00-425514,5)	0,743
Unbekannte Ätiologie	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	2 (4,5 %) 42 (95,5 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	2 (5,4 %) 35 (94,6 %)	0,95 (0,00-89335,61)	0,676

Die Analyse der ätiologischen Ursachen der Instabilität der untersuchten HTEPs erbrachte, dass pelvitrochantäre Insuffizienz (Charité-Klassifikation Typ II), in beiden Subkohorten wie auch in der Gesamtkohorte mit einem erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert waren (Abb. 32). Insbesondere in der DMP-Kohorte zeigte sich ein stark erhöhtes Risiko um den Faktor 45,50. Statistische Signifikanz bestand nicht. Für die HTEP-Luxation durch Prothesenfehlstellung (Charité I Typ), Impingement (Charité Typ III), Inlayaufbrauch (Charité Typ IV) kombinierte Verursachung (Charité Typ V), vorbestehende Trochanterfraktur sowie unbekannt Ursachen konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.



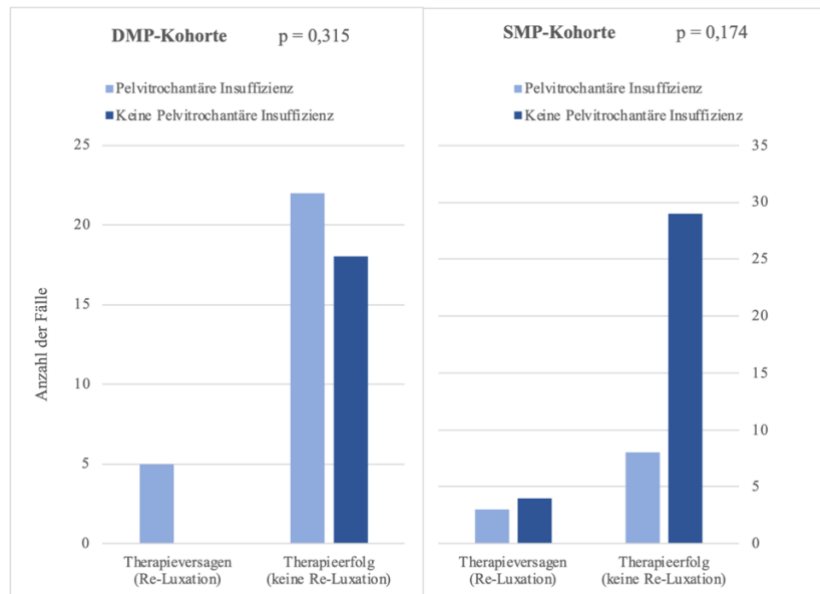


Abb. 32: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Vorliegens pelvitrochantärer Insuffizienz in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

#### 4.4.3.4 Operationsspezifische Risikofaktoren

##### Art der letzten Voroperation

Tab. 50: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte (PI: Primärimplantation; Re-I: Re-Implantation; GS: Girdlestonesituation; \*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05)

Art der Voroperation	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Revision (%) PI (%)	32 (71,1 %) 13 (28,9 %)	4 (80 %) 1 (20 %)	28 (70 %) 12 (30 %)	1,58 (0,07-5,18)	0,624
Art der Voroperation	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Revision (%) PI (%)	22 (50 %) 22 (50 %)	6 (85,7 %) 1 (14,3 %)	16 (43,2 %) 21 (56,8 %)	8,49 (1,02-70,95)	0,048*
Art der Voroperation	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Re-I nach GS (%) PI oder sonstige Revision (%)	7 (15,6 %) 38 (84,4 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	5 (12,5 %) 35 (87,5 %)	4,28 (0,71-25,72)	0,112
Art der Voroperation	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Re-I nach GS (%) PI oder sonstige Revision (%)	4 (9,1 %) 40 (90,9 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	3 (8,1 %) 34 (91,9 %)	2,32 (0,28-19,41)	0,438

Mindestens die Hälfte der Patienten beider Subkohorten wurde vor der Indexrevision bereits revidiert (71,1 % bzw. 50 %). Im Vergleich der Gruppen zeigte sich, dass die re-luxierten HTEPs noch öfter vorrevidiert waren als die Gelenke, die durch die Indexrevision stabilisiert werden konnten. Gegenüber der Primärimplantation war die Revision als letzte Voroperation in der SMP-Kohorte mit einem achtfach erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert (HR 8,49) und konnte als statistisch signifikanter Risikofaktor bestätigt werden (Abb. 33).

In der DMP-Kohorte zeigte sich hingegen ein vierfach erhöhtes Re-Luxationsrisiko (HR 4,28), wenn die letzte Voroperation vor der Indexrevision die Re-Implantation der HTEP nach Girdlestonesituation im Rahmen eines zweizeitigen Wechsels aufgrund einer PPI war. Statistische Signifikanz bestand nicht. In der SMP-Kohorte konnte kein relevanter Zusammenhang mit dem Risiko einer Re-Luxation und dem zweizeitigen HTEP-Wechsel aufgrund einer PPI beobachtet werden.

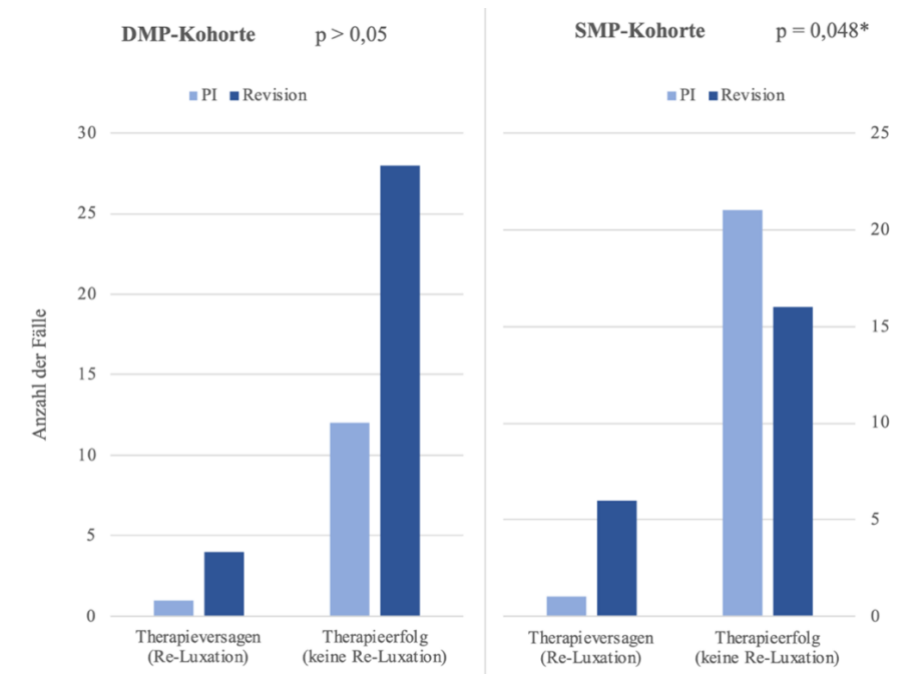


Abb. 33: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Art der letzten Voroperation in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

Anzahl an Vorrevisionen

Tab. 51: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Anzahl an Vorrevisionen in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

Anzahl an Vorrevisionen	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	1,6 (± 1,8; 0-7)	2,6 (± 2,3; 0-5)	1,5 (± 1,7; 0-7)	1,24 (0,84-1,84)	0,283
≥ 2 Revisionen (%)	17 (37,7 %)	3 (60 %)	14 (35 %)	2,54 (0,42-15,2)	0,308
< 2 Revisionen (%)	28 (62,3 %)	2 (40 %)	26 (65 %)		

Anzahl an Vorrevisionen	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	1,0 (± 1,4; 0-5)	1,1 (± 0,7; 0-2)	1,0 (± 1,5; 0-5)	1,16 (0,72-1,85)	0,546
≥ 2 Revisionen (%)	11 (25 %)	2 (28,6 %)	9 (24,3 %)	1,71 (0,33-8,93)	0,522
< 2 Revisionen (%)	33 (75 %)	5 (71,4 %)	28 (75,7 %)		

Im Mittelwert betrug die Anzahl an Vorrevisionen in den Subkohorten 1,6 (DMP) bzw. 1,0 (SMP). Die Patienten der DMP-Kohorte, deren HTEP re-luxierte, wurden durchschnittlich zwar etwas öfter vorrevidiert (2,6 versus 1,5), jedoch konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

Bei Unterteilung der Anzahl an Vorrevisionen in die zwei Kategorien „≥ 2 Revisionen“ und „< 2 Revisionen“ zeigte sich in der DMP-Kohorte, dass Patienten mit mindestens zwei Vorrevisionen mit verdoppeltem Risiko eine Re-Luxation nach der Indexrevision erlitten (HR 2,54).

#### *Zeit bis zur Indexrevision*

Tab. 52: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der Zeit bis zur Indexrevision in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

Zeit seit der letzten Operation (Monate)	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	38,4 (± 72; 0-240)	44,5 (± 81; 1-166)	37,6 (± 72; 0-240)	1,17 (0,91-1,08)	0,863
Zeit seit der letzten Operation (Monate)	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	50,1 (± 82,5; 0-349)	27,1 (± 61,4; 0-166)	54,4 (± 85,9; 0-349)	1,00 (0,98-1,01)	0,426

Die durchschnittliche Zeit seit der letzten Operation einschließlich Primärimplantation der HTEP bis zur Indexrevision betrug in den Subkohorten 38,4 (DMP) bzw. 50,1 Monate (SMP). Während die Zeit bis zur Indexrevision in der DMP-Kohorte in der Gruppe der Therapieversager durchschnittlich länger war als in der Gruppe, deren Therapie erfolgreich war (44,5 versus 37,6 Monate), verhielt es sich in der SMP-Kohorte genau gegensätzlich (27,1 versus 54,4 Monate). Es konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

## Chirurgischer Zugang

Tab. 53: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des chirurgischen Zugangs in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

<b>Anterolateraler Zugang</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	22 (55 %) 18 (45 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	21 (60 %) 14 (40 %)	0,24 (0,03-2,21)	0,209
<b>Anterolateraler Zugang</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	27 (61,4 %) 17 (38,6 %)	6 (85,7 %) 1 (14,3 %)	21 (56,8 %) 16 (43,2 %)	3,91 (0,47-32,46)	0,207
<b>Lateraler Zugang</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	11 (27,5 %) 29 (72,5 %)	3 (60 %) 2 (40 %)	8 (22,9 %) 27 (77,1 %)	3,32 (0,54-20,28)	0,193
<b>Lateraler Zugang</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	11 (25 %) 33 (75 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	11 (29,7 %) 26 (70,3 %)	0,03 (0,00-39,81)	0,341
<b>Posteriorer Zugang</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	7 (17,5 %) 33 (82,5 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	6 (17,1 %) 29 (82,9 %)	1,12 (0,13-10,01)	0,920
<b>Posteriorer Zugang</b>	<b>SMP (n=55)</b>	<b>Therapieversagen (n=9)</b>	<b>Therapieerfolg (n=46)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	6 (13,6 %) 38 (13,6 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	5 (13,5 %) 33 (86,5 %)	1,09 (0,13-9,05)	0,938

Mehr als die Hälfte der Patienten beider Subkohorten wurde im Rahmen der Indexrevision über einen anterolateralen Zugang revidiert (55 % versus 61,4 %), gefolgt vom lateralen transglutealen Zugang (27,5 % versus 25 %) und dem posterioren Zugang (17,5 % versus 13,6 %). In der DMP-Kohorte zeigte sich für den lateralen transglutealen Zugang ein dreifach erhöhtes Re-Luxationsrisiko (HR 3,32), während in der SMP-Kohorte der anterolaterale Zugang mit einem erhöhten Risiko vergesellschaftet war (HR 3,91). Für fünf Patienten der DMP-Kohorte konnte der Zugang nicht eruiert werden.

#### 4.4.3.5 Implantatsspezifische Risikofaktoren

##### Revidierte HTEP-Komponenten

Tab. 54: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte (\*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05)

Pfannenwechsel	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	32 (71,1 %) 13 (28,9 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	30 (75 %) 10 (25 %)	0,66 (0,11-3,96)	0,651
Pfannenwechsel	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	18 (40,9 %) 26 (59,1 %)	2 (28,6 %) 5 (71,4 %)	16 (43,2 %) 21 (56,8 %)	0,54 (0,10-2,78)	0,459
Schaftwechsel	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	7 (15,9 %) 37 (84,1 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	7 (18,9 %) 30 (81,1 %)	0,04 (0,00-240,07)	0,464
HTEP-Wechsel (Pfanne und Schaft)	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	6 (13,3 %) 39 (86,7 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	6 (15 %) 34 (85 %)	0,04 (0,00-3406,65)	0,579
HTEP-Wechsel (Pfanne und Schaft)	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	9 (20,5 %) 35 (79,5 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	8 (21,6 %) 29 (78,4 %)	0,60 (0,07-4,95)	0,632
Gleitpaarungswechsel	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	7 (15,6 %) 38 (84,4 %)	3 (60 %) 2 (40 %)	4 (10 %) 36 (90 %)	8,23 (1,36-49,79)	0,022*
Gleitpaarungswechsel	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	10 (22,7 %) 34 (77,3 %)	4 (57,1 %) 3 (42,9 %)	6 (16,2 %) 31 (83,8 %)	5,59 (1,24-25,15)	0,025*

Bei der Mehrheit der Patienten der DMP-Kohorte wurde im Rahmen der Indexrevision die Pfanne gewechselt (68,9 %). Ein erhöhtes Risiko einer Re-Luxation zeigte sich in beiden Subkohorten, wenn ausschließlich die Gleitpaarung revidiert und Pfanne sowie Schaft nicht gewechselt wurden (HR 8,23 versus HR 5,59). Der isolierte Gleitpaarungswechsel konnte in beiden Subkohorten als statistisch

signifikanter Risikofaktor für eine Re-Luxation bestätigt werden (Abb. 34). In der DMP-Kohorte wurde die Zementierung einer DMP in eine feste bereits bestehende Pfanne als Gleitpaarungswechsel definiert.

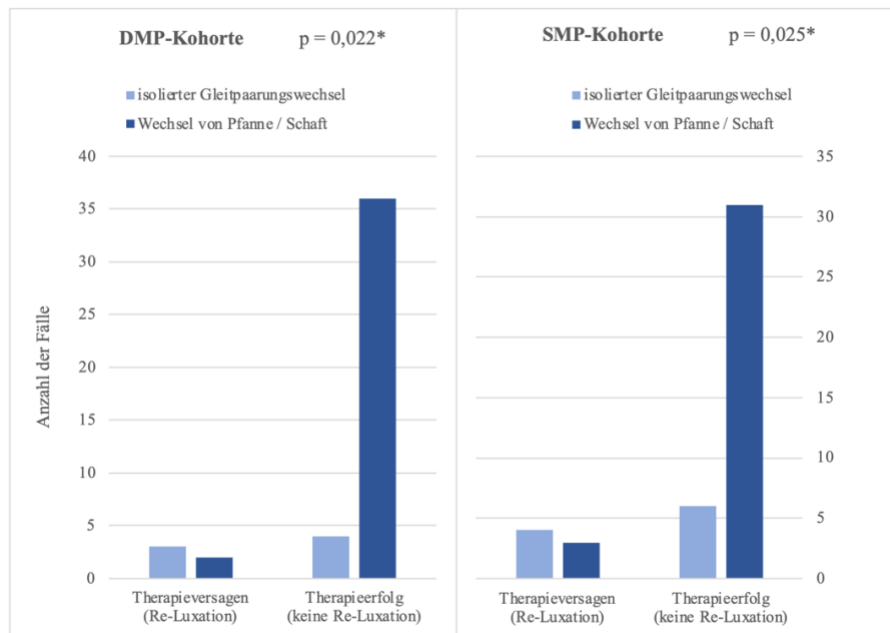


Abb. 34: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand der revidierten HTEP-Komponenten in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte

*Kopfgröße*

Tab. 55: Vergleich des Therapieerfolgs- und versagens anhand der Kopfgröße in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte (\*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05)

Kopfgröße (mm) (PE-Kopf)	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	47,2 (± 6,1; 37-60)	41,4 (± 3,6; 37-47)	48,0 (± 5,9; 37-60)	0,80 (0,64-0,99)	0,042*
Kopfgröße (mm) (innerer Kopf)	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
22 mm (%)	6 (13,3 %)	1 (20 %)	5 (12,5 %)	1,52 (0,07-5,92)	0,711
28 mm (%)	39 (86,7 %)	4 (80 %)	35 (87,5 %)		
Kopfgröße (mm)	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	34,0 (± 3,3; 28-36)	34,2 (± 2,1; 32-36)	33,9 (± 3,4; 28-36)	1,04 (0,80-1,35)	0,785

< 36 mm (%)	16 (36,4%)	3 (42,9%)	13 (35,1%)	1,27 (0,29-5,68)	0,753
≥ 36 mm (%)	28 (63,6%)	4 (57,1%)	24 (64,9%)		
< 32 mm (%)	5 (11,4%)	0 (0%)	5 (13,5%)	0,04 (0,00-1354,30)	0,549
≥ 32 mm (%)	39 (88,6%)	7 (100%)	32 (86,5%)		

Im Rahmen der Indexrevision wurde eine durchschnittliche Kopfgröße von 47,2 mm (DMP) bzw. 34,0 mm (SMP) verwendet. Dabei wurde in der DMP-Kohorte der PE-Kopf bei einem Minimum von 37 mm analysiert, da dieser den „luxationsgefährdeten“ Kopf darstellt. Die Therapieversager der DMP-Kohorte wurden im Mittelwert mit 6,6 mm weniger durchmessenden Köpfen versorgt als diejenigen Patienten, die kein Rezidivereignis erlitten (41,4 mm versus 48,0 mm). Geringere Kopfgröße war in dieser Kohorte mit einem erhöhten Re-Luxationsrisiko assoziiert (HR 0,80) und konnte als statistisch signifikanter Risikofaktor bestätigt werden. Die Betrachtung der Größe des inneren Kopfes in der DMP-Kohorte erbrachte ein 1,5-fach erhöhtes Risiko bei der Verwendung von 22 mm durchmessenden Köpfen gegenüber 28 mm durchmessenden Köpfen.

In der SMP-Kohorte zeigte sich kein relevanter Unterschied und auch bei der systematischen Betrachtung der Kategorien „Kopfgröße < 36 mm“ und „Kopfgröße < 32 mm“ konnte kein relevanter Unterschied bezüglich des Risikos einer Re-Luxation festgestellt werden.

#### Verankerungskonzept der DMP

Tab. 56: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Verankerungskonzepts der DMP

(\*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05)

DMP zementfrei verankert	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	9 (20 %) 36 (80 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	9 (22,5 %) 31 (77,5 %)	0,04 (0,00-850,4)	0,517
DMP in den Knochen zementiert	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	24 (53,3 %) 21 (46,7 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	22 (55 %) 18 (45 %)	0,53 (0,09-3,19)	0,489
DMP in ein neues Konstrukt zementiert	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	3 (6,7 %) 42 (93,3 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	3 (7,5 %) 37 (92,5 %)	0,05 (0,00-292145,8)	0,698
DMP in eine feste Pfanne zementiert	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	7 (15,6 %) 38 (84,4 %)	3 (60 %) 2 (40 %)	4 (10 %) 36 (90 %)	8,23 (1,36-49,79)	0,022*

Etwa die Hälfte der DMP wurde direkt in den Knochen zementiert (53,3 %). Ein Fünftel der Pfannen (20 %) wurde zementfrei im Azetabulum verankert, 6,7 % wurden in ein neu geschaffenes Konstrukt, nämlich eine Revisionspfanne oder Cage-Konstruktion einzementiert und 15,6 % wurden in eine bereits bestehende, fest sitzende Pfanne einzementiert. Letztere Methode war mit einem achtfach erhöhten

Risiko für eine Re-Luxation assoziiert und konnte als statistisch signifikanter Risikofaktor bestätigt werden (HR 8,23) (Abb. 35).

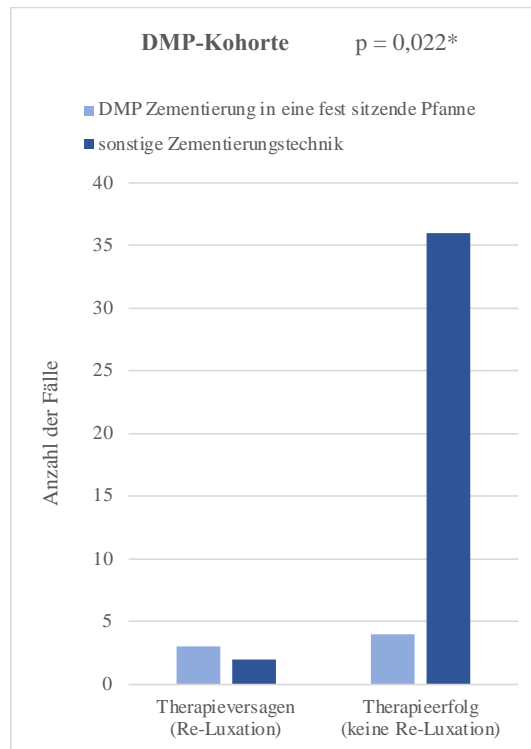


Abb. 35: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand des Verankerungskonzepts der DMP

### Biomechanische Parameter

Tab. 57: Vergleich des Therapieerfolgs und -versagens anhand postoperativer röntgenologisch vermessener Parameter der Hüft-Biomechanik in der DMP-Kohorte und der SMP-Kohorte (präop.: präoperativ; Abw.: Abweichung; nat.: nativ, RZ: Rotationszentrum; \*: statistische Signifikanz bei p-Wert < 0,05)

Beinlängendifferenz (mm) im Vergleich zur Gegenseite	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	-2,4 (± 12,9; -25-38)	-7,2 (± 12,9; -25-9)	-1,6 (± 12,9; -25-38)	0,96 (0,88-1,04)	0,304
Beinlängendifferenz (mm) im Vergleich zur Gegenseite	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
MW (SD; range)	3,8 (± 13,0; -13-55)	10,9 (± 11,3; 0-25)	2,4 (± 13,0; -13-55)	1,05 (1,00-1,10)	0,041*
Beinverkürzung > 1 cm im Vergleich zur Gegenseite	DMP (n=45)	Therapieversagen (n=5)	Therapieerfolg (n=40)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert
Ja (%) Nein (%)	12 (30,8 %) 27 (69,2 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	10 (29,4 %) 24 (70,6 %)	1,70 (0,28-10,20)	0,563
Beinverkürzung > 1 cm im Vergleich zur Gegenseite	SMP (n=44)	Therapieversagen (n=7)	Therapieerfolg (n=37)	Hazard Ratio (95 % KI)	p-Wert



Ja (%) Nein (%)	4 (10 %) 36 (90 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	4 (12,1 %) 29 (87,9 %)	0,04 (0,00-1011,95)	0,536
<b>Beinverlängerung &gt; 1 cm im Vergleich zur Gegenseite</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	5 (12,8 %) 34 (87,2 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	5 (14,7 %) 29 (85,3 %)	0,04 (0,00-2389,11)	0,565
<b>Beinverlängerung &gt; 1 cm im Vergleich zur Gegenseite</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	8 (20 %) 32 (80 %)	3 (42,9 %) 4 (57,1 %)	5 (15,2 %) 28 (84,8 %)	3,98 (0,88-17,94)	0,072**
<b>Beinlängendifferenz (mm) im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	-1,4 (± 8,5; -20-17)	-2,0 (± 1,7; -3-0)	-1,4 (± 9,0; -20-17)	0,99 (0,87-1,14)	0,912
<b>Beinlängendifferenz (mm) im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	4,6 (± 8,7; -16-19)	-1,1 (± 10,8; -16-16)	5,1 (± 8,3; -10-19)	0,97 (0,87-1,07)	0,480
<b>Beinverkürzung &gt; 1 cm im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	6 (21,4 %) 22 (78,6 %)	0 (0 %) 3 (100 %)	6 (24 %) 17 (76 %)	0,03 (0,00-4109,92)	0,571
<b>Beinverkürzung &gt; 1 cm im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	1 (2,8 %) 35 (97,2 %)	1 (16,7 %) 5 (83,3 %)	0 (0 %) 30 (100 %)	17,16 (1,56-189,26)	0,020*
<b>Beinverlängerung &gt; 1 cm im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	2 (7,1 %) 26 (92,9 %)	0 (0 %) 3 (100 %)	2 (8 %) 23 (92 %)	0,04 (0,00-95310,10)	0,750
<b>Beinverlängerung &gt; 1 cm im Vergleich zu präop. ipsilateral</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	9 (25 %) 27 (75 %)	1 (16,7 %) 5 (83,3 %)	8 (26,7 %) 22 (73,3 %)	0,64 (0,07-5,45)	0,679
<b>Pfanneninklination (°)</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	43,7 (± 9,6; 20-65)	45,0 (± 12,0; 25-65)	43,5 (± 9,2; 20-65)	1,02 (0,96-1,08)	0,508
<b>Pfanneninklination (°)</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>

MW (SD; range)	45,0 (± 9,6; 20-65)	44,7 (± 9,4; 32-61)	45,1 (± 9,8; 20-65)	1,00 (0,92-1,08)	0,997
<b>Pfannenanteversion (°)</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	22,0 (± 10,2; 0-50)	23,0 (± 9,9; 9-34)	21,8 (± 10,3; 0-50)	1,01 (0,93-1,10)	0,812
<b>Pfannenanteversion (°)</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	17,8 (± 7,5; 3-31)	18,3 (± 8,0; 6-28)	17,7 (± 7,5; 3-31)	1,01 (0,92-1,11)	0,851
<b>Gesamtoffset (mm)</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	82,2 (± 9,2; 61-103)	83,8 (± 7,5; 73-100)	81,9 (± 9,4; 61-103)	1,01 (0,96-1,08)	0,553
<b>Gesamtoffset (mm)</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	83,3 (± 9,2; 64-100)	86,9 (± 7,5; 80-100)	82,6 (± 9,5; 64-100)	1,06 (0,96-1,16)	0,250
<b>Gesamtoffset (mm) Differenz zu präop.</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	-1,7 (± 10,2; -23-27)	0,00 (± 2,6; -3-2)	-1,9 (± 10,7; -23-27)	1,02 (0,1-1,13)	0,777
<b>Gesamtoffset (mm) Differenz zu präop.</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	1,5 (± 6,7; -9-15)	4,3 (± 7,4; -4-15)	0,9 (± 6,5; -9-12)	1,06 (0,94-1,20)	0,330
<b>Horizontale Abw. vom nat. RZ (mm)</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	1,5 (± 7,5; -11-19)	2,4 (± 8,6; -4-17)	1,4 (± 7,5; -11-19)	1,02 (0,91-1,13)	0,776
<b>Horizontale Abw. vom nat. RZ (mm)</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	0,7 (± 7,5; -19-16)	-1,0 (± 6,2; -7-11)	1,0 (± 7,8; -19-16)	0,98 (0,89-1,08)	0,645
<b>Horizontale Abw. vom nat. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	6 (13,3 %) 39 (86,7 %)	1 (20 %) 4 (80 %)	5 (12,5 %) 35 (87,5 %)	1,39 (0,15-12,58)	0,770
<b>Horizontale Abw. vom nat. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	6 (13,6 %) 38 (86,4 %)	1 (14,3 %) 6 (85,7 %)	5 (13,5 %) 32 (86,5 %)	1,08 (0,13-9,00)	0,941

<b>Horizontale Abweichungsrichtung vom nat. RZ</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Lateralisierung (%)	24 (53,3 %)	2 (40 %)	22 (55 %)	1,56 (0,11-3,85)	0,627
Medialisierung (%)	21 (46,7 %)	3 (60 %)	18 (45 %)		
<b>Horizontale Abweichungsrichtung vom nat. RZ</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Lateralisierung (%)	25 (56,8 %)	2 (28,6 %)	23 (62,2 %)	2,86 (0,07-1,78)	0,204
Medialisierung (%)	19 (43,2 %)	5 (71,4 %)	14 (37,8 %)		
<b>Horizontale Abw. vom präop. RZ (mm)</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	-0,7 (± 4,8; -11,2-8,3)	-4,3 (± 4,4; -7,5-0,7)	-0,4 (± 5,3; -11,2-8,3)	0,86 (0,67-1,11)	0,237
<b>Horizontale Abw. vom präop. RZ (mm)</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	-0,8 (± 4,7; -9,2-11)	-1,5 (± 3,1; -6-3)	-0,8 (± 4,3; -9,2-11)	0,97 (0,81-1,16)	0,721
<b>Horizontale Abw. vom präop. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	2 (4,4 %)	0 (0 %)	2 (5 %)	0,05 (0,00-4255141)	0,743
Nein (%)	43 (95,6 %)	5 (100 %)	38 (95 %)		
<b>Horizontale Abw. vom präop. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%)	1 (2,3 %)	0 (0 %)	1 (2,8 %)	0,05 (0,00-2380829)	0,766
Nein (%)	42 (97,7 %)	7 (100 %)	35 (97,2 %)		
<b>Horizontale Abweichungsrichtung vom präop. RZ</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Lateralisierung (%)	27 (60 %)	4 (80 %)	23 (57,5 %)	2,98 (0,33-26,77)	0,330
Medialisierung (%)	18 (40 %)	1 (20 %)	17 (42,5 %)		
<b>Horizontale Abweichungsrichtung vom präop. RZ</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Lateralisierung (%)	26 (60,5 %)	5 (71,4 %)	21 (58,3 %)	1,82 (0,11-2,86)	0,481
Medialisierung (%)	17 (39,5 %)	2 (28,6 %)	15 (41,7 %)		
<b>Vertikale Abw. vom nat. RZ (mm)</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	6,5 (± 8,4; -11-31)	4,2 (± 9,5; -11-13)	6,8 (± 8,3; -10-31)	0,97 (0,86-1,09)	0,553
<b>Vertikale Abw. vom nat. RZ (mm)</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	6,2 (± 9,0; -30-22)	0,6 (± 4,0; -4-8)	7,2 (± 9,3; -30-22)	0,95 (0,90-1,01)	0,172

<b>Vertikale Abw. vom nat. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	13 (28,9 %) 32 (71,1 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	11 (27,5 %) 29 (72,5 %)	1,84 (0,30-11,16)	0,510
<b>Vertikale Abw. vom nat. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	13 (29,5 %) 31 (70,5 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	13 (35,1 %) 24 (64,9 %)	0,03 (0,00-18,23)	0,274
<b>Vertikale Abweichungsrichtung vom nat. RZ</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Kranialisierung (%) Kaudalisierung (%)	36 (80 %) 9 (20 %)	4 (80 %) 1 (20 %)	32 (80 %) 8 (20 %)	0,90 (0,10-8,05)	0,921
<b>Vertikale Abweichungsrichtung vom nat. RZ</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Kranialisierung (%) Kaudalisierung (%)	36 (81,8 %) 8 (18,2 %)	4 (57,1 %) 3 (42,9 %)	32 (86,5 %) 5 (13,5 %)	4,68 (1,03-21,22)	0,045*
<b>Vertikale Abw. vom präop. RZ (mm)</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	-0,1 (±7,3; -15,3-32,6)	0,1 (± 4,6; -5,5-6,1)	1,7 (± 5,5; -15,3-32,6)	0,95 (0,80-1,12)	0,523
<b>Vertikale Abw. vom präop. RZ (mm)</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
MW (SD; range)	-0,1 (± 7,4; -43-9)	0,7 (± 3,8; -4,8-6,2)	-2,6 (± 9,7; -43-9)	1,05 (0,93-1,19)	0,443
<b>Vertikale Abw. vom präop. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	2 (4,4 %) 43 (95,6 %)	0 (0 %) 5 (100 %)	2 (5 %) 38 (95 %)	0,05 (0,00-582376,0)	0,774
<b>Vertikale Abw. vom präop. RZ &gt; 10 mm</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Ja (%) Nein (%)	6 (14 %) 37 (86 %)	0 (0 %) 7 (100 %)	6 (16,7 %) 30 (83,3 %)	0,04 (0,00-318,59)	0,480
<b>Vertikale Abweichungsrichtung vom präop. RZ</b>	<b>DMP (n=45)</b>	<b>Therapieversagen (n=5)</b>	<b>Therapieerfolg (n=40)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Kranialisierung (%) Kaudalisierung (%)	29 (64,4 %) 16 (35,6 %)	2 (40 %) 3 (60 %)	27 (67,5 %) 13 (32,5 %)	2,75 (0,46-16,47)	0,268
<b>Vertikale Abweichungsrichtung vom präop. RZ</b>	<b>SMP (n=44)</b>	<b>Therapieversagen (n=7)</b>	<b>Therapieerfolg (n=37)</b>	<b>Hazard Ratio (95 % KI)</b>	<b>p-Wert</b>
Kranialisierung (%) Kaudalisierung (%)	22 (51,2 %) 21 (48,8 %)	4 (57,1 %) 3 (42,9 %)	18 (50 %) 18 (50 %)	0,87 (0,19-3,87)	0,849

Die Untersuchung der postoperativen Beinlänge hat ergeben, dass die Therapieversager unter den mit einer DMP versorgten Patienten durchschnittlich eine Beinverkürzung im Vergleich zur Gegenseite zeigten, während die Therapieversager der SMP-Kohorte im Mittel eine ausgeprägte Beinverlängerung davontrugen (-7,2 mm versus 10,9 mm). Die Betrachtung klinisch relevanter Beinlängendifferenzen (> 10 mm) bestätigte, dass die Patienten der DMP-Kohorte häufiger relevante Beinverkürzungen gegenüber der kontralateralen Seite und jene der SMP-Kohorte häufiger Beinverlängerungen von mehr als 10 mm nach der Indexrevision aufwiesen, womit jeweils eine Erhöhung des Risikos einer Re-Luxation assoziiert war (HR 1,70 versus HR 3,98). Statistische Signifikanz zeigte sich in der SMP-Kohorte für die Beinlängendifferenz im Vergleich mit der Gegenseite ( $p=0,041$ ) und ein statistischer Trend für eine Beinverlängerung von mehr als 1 cm ( $p=0,072$ ). Gleichzeitig war das Risiko einer Re-Luxation in der SMP-Kohorte statistisch signifikant um den Faktor 17 (HR 17,16) erhöht, wenn das betroffene Bein gegenüber der präoperativen Situation um mehr als 1 cm verkürzt wurde ( $p=0,020$ ).

Den isolierten Einflüssen der Pfanneninklination, -anteversion, des Gesamtoffsets sowie der Differenz des Gesamtoffsets im Vergleich mit dem präoperativen Befund konnte kein relevanter Zusammenhang mit dem Risiko einer Re-Luxation nachgewiesen werden.

Die Analyse des Rotationszentrums hat folgende Ergebnisse hervorgebracht. Das Risiko einer Re-Luxation war in beiden Subkohorten erhöht, wenn das rekonstruierte Rotationszentrum horizontal im Sinne einer Medialisierung vom nativen Zentrum der Hüfte abwich (DMP HR 1,56; SMP HR 2,86). Gleichzeitig war das Risiko in der DMP-Kohorte dreifach erhöht, wenn das postoperative gegenüber dem präoperativen Drehzentrum lateralisiert war (HR 2,98), während in der SMP-Kohorte ein größeres Risiko von einer Medialisierung im Vergleich zum präoperativen Rotationszentrum ausging (HR 1,82). Diese Beobachtung ließen sich nicht durch statistische Trends oder Signifikanz stützen.

In der SMP-Kohorte zeigte sich jedoch bei der Betrachtung der vertikalen Abweichungsrichtung ein statistisch signifikantes fast fünffach erhöhtes Re-Luxationsrisiko durch eine Kaudalisierung des neuen vom nativen Rotationszentrum (HR 4,68;  $p=0,045$ ). In der DMP-Kohorte zeigte sich ein erhöhtes Re-Luxationsrisiko bei einer Kaudalisierung im Vergleich mit dem präoperativen Rotationszentrum, jedoch ohne statistische Signifikanz (HR 2,75).

#### **4.5 Constrained Liner**

Die elf Patienten, denen ein gekoppeltes Inlay implantiert wurde, erhielten dieses infolge eines Pfannenwechsels (5/11), Gleitpaarungswechsels (5/11) oder vollständigen HTEP-Wechsels (1/11) im Rahmen der Indexrevision. Diese Subkohorte zeigte die höchsten Versagensraten (vgl. 4.4.2) (Tab. 58). So re-luxierten zwei mit einem Constrained Liner versorgten Hüften ein halbes Jahr nach der Indexrevision erneut und mussten aufgrund dessen re-revidiert werden (18 %, jeweils Gleitpaarungswechsel). Beide HTEPs re-re-luxierten unmittelbar nach der Indexrevision und wurden

schließlich durch Re-Re-Revision mit Pfannenwechsel und Whiteside-Plastik (in einem Fall) final stabilisiert. Ein weiterer Patient entwickelte eine PPI und erhielt eine Re-Revision in Form eines zweizeitigen HTEP-Wechsels. Eine explizite Analyse der Risikofaktoren für eine Re-Luxation in der Subkohorte der Constrained Liner erfolgte aufgrund der geringen Ereignis- und Fallzahl (2/11) nicht.

Tab. 58: Überlebensraten in der Subkohorte der Constrained Liner

	<b>Constrained Liner (n=11)</b>
<b>Re-Luxations-Rate</b> (5YSR; 95 % KI)	<b>18,2 % (2/11)</b> (81 %; 0,69-0,93)
<b>Re-Revisions-Rate</b> <b>(durch Re-Luxation)</b> (5YSR; 95 % KI)	<b>18,2 % (2/11)</b> (81 %; 0,69-0,93)
<b>Re-Revisions-Rate</b> <b>(alle Indikationen)</b> (5YSR; 95 % KI)	<b>27,3 % (3/11)</b> (71 %; 0,56-0,85)



Abb. 36: Versorgung mit einem Constrained Liner nach rezidivierender posteriorer HTEP-Luxation bei Alzheimerdemenz und Sturzneigung

Die Revision der luxierten HTEP unter Einsatz von Constrained Inlays führte in der vorliegenden Patientenkohorte zu einer durchschnittlichen Verbesserung des mod. HHS von 21 Punkten, was wie auch in den anderen Subkohorten einer erheblichen statistisch signifikanten ( $p < 0,001$ ) Korrektur um bis zu drei von vier Funktionsstufen entspricht<sup>137</sup> (Tab. 59).

Tab. 59: Modifizierter Harris - Hip - Score in der Subkohorte der Constrained Liner

	mod. HHS präoperativ	mod. HHS postoperativ
<b>Constrained-Subkohorte</b> Mittelwert (SD; range)	57,0 ( $\pm$ 34,3; 19-87)	71,3 ( $\pm$ 16,3; 51-91)

	Verbesserung des mod. HHS nach Indexrevision	p-Wert
<b>Constrained-Subkohorte</b> Mittelwert (SD; range)	+ 21,0 ( $\pm$ 21,4; 4-45)	<b>&lt;0,001*</b>

Die mit einer DMP versorgten Patienten waren signifikant häufiger durch allgemeine Komorbidität (ASA-Score; CCI) und neurologische Nebenerkrankungen gekennzeichnet als die mit einem Constrained Liner versorgten. Darüber hinaus waren sie insgesamt älter, von geringerem BMI und häufiger spinal fusioniert. Die Patienten der Constrained-Subkohorte zeigten generell mehr psychiatrische Komorbiditäten und Voroperationen bei kürzerem durchschnittlichen FU (Tab. 60).

Tab. 60: Vergleich demografischer Variablen zwischen der DMP-Subkohorte und der Constrained-Subkohorte

Demografische Variable	DMP (n=45)	Constrained (n=11)	p-Wert
Alter (Jahre)	74,3 $\pm$ 9,3	68,9 $\pm$ 11,9	0,129
Geschlecht (weiblich/männlich)	30/15	8/3	0,700
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,8 $\pm$ 4,9	27,4 $\pm$ 3,9	0,496
ASA			<b>0,015*</b>
1	1 (2 %)	1 (9 %)	
2	18 (40 %)	8 (73 %)	
3	24 (54 %)	2 (18 %)	
4	2 (4 %)	0 (0 %)	
CCI			<b>0,075**</b>
0 - 5	34 (76 %)	9 (82 %)	
6 -10	11 (24 %)	2 (18 %)	
Neurologische Komorbidität	12 (27 %)	0 (0 %)	<b>0,053**</b>
Psychiatrische Komorbidität	9 (20 %)	3 (27 %)	0,598
Spinale Fusion	4 (9 %)	0 (0 %)	0,305
Zuvor revidiert	32 (71 %)	9 (82 %)	0,472
Revisionen zuvor (Anzahl)	1,6 $\pm$ 1,8	2,3 $\pm$ 2,0	0,234
FU (Monate)	58,1 $\pm$ 25,6	40,4 $\pm$ 20,6	0,311

## 5. Diskussion

### 5.1 Outcome der Revision der instabilen Hüfttotalendoprothese

Die prognostische Wahrscheinlichkeit des Therapieerfolgs nach Revision der luxierten HTEP ist von zentraler Bedeutung für betroffene Patienten und die behandelnden Revisionschirurgen. Entsprechend der Zielsetzung dieser Studie wurde der mittelfristige Therapieerfolg in Form der 5-Jahres-Überlebensraten (5YSR) für die Endpunkte „Re-Luxation“, „Re-Revision durch Re-Luxation“ und „Re-Revision jeglicher Indikation“ erhoben. Die in dieser Studie erfassten Versagensraten zeigen sich kongruent mit den Ergebnissen vergleichbarer Studien (Tab. 61).

Tab. 61: Übersicht über Studien, die den Therapieerfolg der Revision luxierter HTEPs untersuchten

Autor	Jahr	Zeitraum	FU (Jahre)	Fallzahl	Re-Luxationen (Rate %; 5YSR %)	Re-Revisionen durch Re-Luxation (Rate %; 5YSR %)	Re-Revisionen jeglicher Indikation (Rate %; 5YSR %)
Eigene Studie	2023	2012-2019	4,4 (0,1-8,8)	n=100	14 (14 %; <b>84</b> %)	10 (10 %; <b>90</b> %)	22 (22 %; <b>79</b> %)
Daly & Morrey <sup>76</sup>	1992	1969-1983	7,6 (1,9-19)	n=85	37 (43,5 %; -)	10 (11,8 %; -)	10 (11,8 %; -)
Biviji et al. <sup>144</sup>	2009	1990-2000	4,7 (2-9,4)	n=45	13 (28,9 %; -)	10 (22,2 %; -)	10 (22,2 %; -)
Carter et al. <sup>145</sup>	2011	2000-2007	5,6 (2-9,9)	n=154	33 (21,4 %; -)	26 (16,9 %; -)	41 (26,6 %; -)
Wera et al. <sup>49</sup>	2012	-	2,9 (2-6,5)	n=75	11 (14,7 %; <b>79</b> %)	-	-
Jo et al. <sup>146</sup>	2015	1995-2005	5,5	n=528	86 (15,9 %; <b>85</b> %)	53 (9,8 %; -)	122 (22,6 %; <b>40</b> %)
Yoshimoto et al. <sup>147</sup>	2017	1995-2014	4,4 (1-17,8)	n=88	16 (18,2 %; -)	8 (9,1 %; -)	10 (11,4 %; -)
Herman et al. <sup>148</sup>	2020	2009-2013	5 (min. 2)	n=379	76 (20,1 %; -)	66 (17,4 %; -)	78 (21 %; -)
Mehta et al. <sup>149</sup>	2021	2008-2015	1,5 (0-7,3)	n=24	4 (16,7 %; -)	-	7 (29,2 %; -)
Klemm et al. <sup>150</sup>	2022	-	4,6 (3,1-5)	n=211	-	13 (6,2 %; <b>77</b> %)	32 (15,1 %; -)
<b>Mittelwerte und Mediane der Versagensraten (exklusive der eigenen Studie)</b>					<b>Mittelwert 22,4 % Median 19,2 %</b>	<b>Mittelwert 14,5 % Median 14,4 %</b>	<b>Mittelwert 20,7 % Median 22,2 %</b>

In Zusammenschau mit den Ergebnissen der in Tab. 61 dargestellten Studien zeigt sich eine relativ geringe Rate an Re-Luxationen und Re-Revisionen nach Revision einer luxierten HTEP. Dennoch erleidet fast jeder fünfte Patient nach fünf Jahren eine Re-Luxation (22,4%) oder unterzieht sich einem



erneuten Revisionseingriff (20,7%), was auch die britischen und schwedischen Registerdaten widerspiegeln<sup>151,152</sup>.

Daly und Morrey<sup>76</sup> untersuchten 1992 erstmals das Outcome der Revision instabiler HTEPs, inkludierten dabei jedoch auch Patienten mit Subluxationen. Die größte Kohortenstudie (n=528) mit mittlerem FU stammt von Jo et al.<sup>146</sup>, deren Überlebensraten mit jenen dieser Untersuchung vergleichbar sind. Insgesamt ähneln sich die Re-Luxations- und Re-Revisionsraten in allen neun dargestellten Studien - die Mittelwerte und Mediane der Versagensraten sind etwas höher als die eigenen Ergebnisse. 5-Jahres-Überlebensraten für die genannten Endpunkte wurden nur in drei der diskutierten Untersuchungen ermittelt<sup>49, 146, 150</sup> und die Ergebnisse nähern sich den Outcomes dieser Arbeit an. Bezüglich der demografischen Basisparameter aller in Tab. 59 aufgeführten Studien ist festzustellen, dass sich die Studienpopulationen allesamt homogen wie in der vorliegenden Arbeit etwa im Verhältnis 2:1 aus Frauen und Männern zusammensetzen, das Durchschnittsalter um 68 Jahre (62<sup>76</sup> - 69,2<sup>144</sup>) und der durchschnittliche BMI der untersuchten Patienten um 27 kg/m<sup>2</sup> (23,4 kg/m<sup>2</sup><sup>148</sup> - 29,3 kg/m<sup>2</sup><sup>149</sup>) rangiert. Der Vergleich dieser Studien zeigt, dass die Re-Luxationsraten nach Revision seit den 1990er Jahren tendenziell rückläufig sind, jedoch scheint die Rate an Re-Revisionen in einem Bereich zwischen 11,4%<sup>147</sup> und 29,2%<sup>149</sup> zu stagnieren. Die Ursachen hierfür müssen weiterhin evaluiert und möglicherweise auch in den spezifischen Komplikationen moderner Revisionsimplantate wie der DMP gesucht werden (vgl. 5.3). Grundsätzlich handelt es sich aber bei instabilen HTEPs häufig um komplexe Fälle mit mehrfachen Voroperationen, Knochen- und Weichteildefekten und pelvitrochantärer Insuffizienz, die naturgemäß mit erhöhten Komplikationsraten vergesellschaftet sind.

## **5.2 Risikofaktoren der Re - Luxation**

Es konnten sowohl für die Gesamtkohorte (n=100), sowie für die beiden Subkohorten der mit einer DMP (n=45) und SMP (n=44) versorgten Patienten zahlreiche Risikofaktoren für das Auftreten einer Re-Luxation identifiziert werden, die im Folgenden diskutiert werden.

### **5.2.1 Patientenspezifische Risikofaktoren**

Wie in der Literatur vielfach bereits beschrieben, betrifft die Luxation der HTEP überwiegend Frauen<sup>33, 51-53, 84, 85</sup> und auch in der vorliegenden Studienpopulation wurden nahezu doppelt so viele Frauen wie Männer revidiert (vgl. 4.1.1). Weibliches Geschlecht konnte jedoch nicht mit statistischer Signifikanz als Risikofaktor für Re-Luxationen bestätigt werden, auch wenn sich für Frauen in allen Kohorten ein etwa verdoppeltes Risiko zeigte (Gesamt HR 2,45; DMP HR 2,04; SMP HR 1,64). Ein Grund hierfür könnte die geringere durchschnittliche Masse und Kraft der hüftumgreifenden Muskulatur<sup>153, 154, 155</sup> im Vergleich zu männlichen Patienten sein. Es ist bekannt, dass Frauen häufiger von degenerativen Rupturen der Abduktoren betroffen sind<sup>156</sup>. Zudem zeigt sich eine höhere Prävalenz schwerer Formen der Hüftdysplasien bei Frauen<sup>157</sup>, was ebenfalls mit dem erhöhten Luxationsrisiko vereinbar ist.

Der Zusammenhang des Patientenalters mit dem Risiko rezidivierender Luxationen ist kontrovers zu diskutieren. So zeigte sich in der SMP-Kohorte ein statistischer Trend leicht erhöhten Risikos für ältere Patienten (HR 1,07; 95 % KI 0,99-1,15;  $p=0,099$ ). Hingegen konnte parallel der negative Einfluss jüngeren Alters für die DMP-Subkohorte, in der die Patienten signifikant älter als in der SMP-Subkohorte waren ( $p<0,001$ ), bei einer Hazard Ratio von 0,91 (95 % KI 0,84-0,99) als statistisch signifikanter Risikofaktor ( $p=0,020$ ) identifiziert werden. Dies deckt sich mit den im Rahmen von univariaten Regressionsanalysen ermittelten Ergebnissen von Herman et al. ( $p=0,030$ )<sup>148</sup> und Yoshimoto et al. ( $p=0,010$ )<sup>147</sup>. Jedoch erbrachte die vertiefte multivariate Cox-Regression in beiden genannten Studien keine statistische Signifikanz mehr für jüngeres Alter (HR 0,69; 95 % KI 0,44-1,08;  $p=0,106$  respektive HR 0,59; 95 % KI 0,31-1,05;  $p=0,073$ ). Das Team um Jo et al. ermittelte zudem ein erhöhtes Re-Revisionsrisiko für jüngere Patienten durch multiple Regression (HR 0,80; 95 % KI 0,69-0,93;  $p=0,004$ )<sup>146</sup>. Als Erklärungsansatz können die bessere durchschnittliche Mobilität und die generell höheren Aktivitätsansprüche jüngerer Patienten herangezogen werden. So beobachteten Girard et al. eine hohe Luxationsrate von 15% nach einem durchschnittlichen FU von 6,2 Jahren bei Patienten mit vorrevidierter HTEP, die jünger als 30 Jahre waren ( $p<0,001$ )<sup>158</sup>.

Entgegen einer rezenten Studie von Klemm et al., die anhand einer multivariaten Regressionsanalyse ein doppeltes Re-Luxationsrisiko für übergewichtige Patienten darlegen konnte (HR 2,20; 95 % KI 0,76-6,39;  $p=0,01$ )<sup>150</sup>, präsentierte sich in der vorliegenden Untersuchung der statistische Trend eines erhöhten BMI als protektiv-, beziehungsweise ein geringerer BMI als Risikofaktor (HR 0,88; 95 % KI 0,78-1,00;  $p=0,053$ ). Hauptargument für dieses Phänomen ist die funktionelle Bewegungseinschränkung, die mit Adipositas häufig einhergeht und Luxationsereignisse unwahrscheinlicher machen kann<sup>24, 39, 159</sup> (vgl. 1.6.1).

Schwere allgemeine Komorbidität schien darüber hinaus einen positiven Einfluss auf das Re-Luxationsrisiko nach Revision zu haben. So zeigte sich in der Gesamtkohorte ein statistisch signifikantes erhöhtes Risiko bei geringem ASA-Score (HR 0,38; 95 % KI 0,16-0,91;  $p=0,030$ ) sowie ein Trend für ein leicht erhöhtes Risiko bei geringem CCI (HR 0,78; 95 % KI 0,60-1,02;  $p=0,073$ ). In der DMP-Subkohorte war sogar ein statistisch signifikantes Risiko bei geringerem CCI (HR 0,42; 95 % KI 0,19-0,92;  $p=0,031$ ) zu beobachten. Dabei wiesen die Patienten der DMP-Kohorte im Mittel signifikant schlechtere ASA- und CCI-Punktwerte auf als jene der SMP-Kohorte ( $p=0,031$  bzw.  $p=0,002$ ) (vgl. Tab. 32). Diese Ergebnisse stellen ein Novum dar, denn die Resultate anderer Studienkohorten zeigten sich konträr unter erhöhtem Luxationsrisiko bei höheren ASA-Scores<sup>33, 63, 64</sup>. Dies stützt plausibel die Argumentation, dass insbesondere die jüngeren, normalgewichtigeren und gesünderen Patienten dieser Studienpopulation einem erhöhten Re-Luxationsrisiko unterlagen, da sie potenziell aktiver und weniger in ihren Bewegungsausmaßen eingeschränkt sind als ältere, übergewichtigere und kränkere Patienten.

Die Analyse spezifischer neurologischer, psychiatrischer und orthopädischer Nebenerkrankungen sowie azetabulärer respektive femoraler Knochendefekte hat keinen relevanten Einfluss auf das Risiko einer Re-Luxation hervorgebracht. Es sei angemerkt, dass die mit einer DMP versorgten Patienten dabei signifikant häufiger an neurologischen und psychiatrischen Begleiterkrankungen litten ( $p=0,066$  bzw.  $p=0,008$ ). Diese spezifischen Komorbiditäten und die individuelle Knochensituation sollten dennoch bei der Therapieplanung rezidivierender HTEP-Luxationen berücksichtigt werden, da andere Autoren durchaus ein signifikantes Risikopotential für diese Einflussfaktoren beschreiben. So wiesen Klemt et al. durch multivariate Regression für Erkrankungen der Wirbelsäule mit einhergehend eingeschränkter spinopelviner Mobilität ein doppeltes Re-Luxationsrisiko nach (HR 2,14; 95 % KI 0,99-2,97;  $p=0,03$ )<sup>150</sup>, während Herman et al. ein fast vierfaches Re-Luxationsrisiko für Patienten mit Beckendiskontinuität darlegen konnten (HR 3,69; 95 % KI 1,66-8,21;  $p=0,001$ )<sup>148</sup>.

### 5.2.2 Luxationsspezifische Risikofaktoren

Der Einfluss des Luxationszeitpunktes (Früh- oder Spätluxation in Relation zur letzten Voroperation), der Anzahl an Luxationen vor der Indexrevision und der anatomischen Richtung der Luxation (posterior, anterior oder kranial) konnten nicht als signifikante Risikofaktoren für Re-Luxationen belegt werden, auch wenn sich eine leichte Tendenz persistierender Instabilität nach Frühluxationen (besonders in der Gesamt- und SMP-Kohorte) bei höherer initialer Luxationszahl (in allen Kohorten) zeigte, was in erster Linie auf die Strukturschwäche und Laxizität des periartikulären Gewebes infolge frühzeitiger und häufiger Luxationen zurückzuführen ist. Kath et al. konnten nachweisen, dass Patienten ein erhöhtes Risiko für eine Zweit-Luxation tragen, je eher sie innerhalb des Frühluxationszeitraumes (< 3 Monate) eine Luxation erleiden<sup>160</sup>. Ferner zeigte sich ein erhöhtes Risiko nach posteriorer und später Luxation in der DMP- (HR 63,15 bzw. HR 1,65) und nach anteriorer Luxation in der SMP-Kohorte (HR 2,20), jedoch nicht signifikant.

### 5.2.3 Indikationsspezifische Risikofaktoren

Von der Indikation für die PI der HTEP Rückschlüsse auf die Re-Luxationswahrscheinlichkeit zu ziehen, gelang Yoshimoto et al. durch multivariate Cox-Regression, die der idiopathischen aseptischen Hüftkopfnekrose ein mehr als fünffaches Risiko für postoperative Rezidivluxationen zuschreiben (HR 5,62; 95 % KI 1,05-31,34;  $p=0,044$ )<sup>147</sup>. Die vorliegende Untersuchung konnte keine Primärindikation statistisch signifikant hervorheben, jedoch zeigten sich in der Gesamtpopulation ein 1,61-faches Risiko im Zusammenhang mit der primären Koxarthrose, die jedoch auch mit 46 % am häufigsten vertreten war und ein 1,74-faches Risiko für die proximale Femurfraktur. In den Subkohorten mit DMP und SMP konnte ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang mit der Indikation der PI und dem Risiko einer Re-Luxation hergestellt werden.

Die vorliegende Studie ermittelte den Einfluss der Luxationsätiologie und identifizierte Luxationen, die als Folge pelvirochantärer Insuffizienz verursacht wurden (Charité-Klassifikation Typ II) als Risikofaktor für eine Re-Luxation (HR 3,12; 95% KI 0,98-9,95;  $p=0,055$ ), wobei sich ein statistischer Trend zeigte. In den Subkohorten der mit DMP und SMP versorgten Patienten bestätigte sich diese Beobachtung. Insbesondere in der DMP-Gruppe, in der alle Patienten mit Re-Luxation durch eine Insuffizienz der Abduktoren gekennzeichnet waren, stellte sich ein deutlich erhöhtes Risiko dar (HR 45,50; 95% KI 0,03-78037,45;  $p=315$ ). Auch andere Studien bestätigten den erheblichen negativen Einfluss einer eingeschränkten Integrität der pelvirochantären Muskulatur auf das Rezidivrisiko nach Revision einer HTEP-Luxation<sup>148,150</sup>. Für sonstige ätiologische Einflussfaktoren inklusive der Luxation durch Sturz mit Trochanterfraktur oder bei unbekannter Ätiologie konnte kein relevanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. Wera et al. hingegen konnten zeigen, dass das Re-Luxationsrisiko durchaus erhöht ist, wenn die Ursache einer HTEP-Luxation nicht ermittelt werden kann und die Revision in der Folge unter Einsatz von Spezialimplantaten wie DMP oder Constrained Inlays erfolgte (OR 7,6; 95 % KI 1,1-51,2;  $p=0,04$ )<sup>49</sup>.

#### **5.2.4 Operationsspezifische Risikofaktoren**

Für die Gesamtkohorte zeigte sich die statistische Tendenz eines erhöhten Re-Luxationsrisikos, wenn Patienten bereits vorrevidiert waren (HR 3,83; 95 % KI 0,86-17,10;  $p=0,079$ ). Bei isolierter Betrachtung der Patienten mit Standard-Artikulation (SMP) war dies statistisch signifikant (HR 8,49; 95 % KI 1,02-70,95;  $p=0,048$ ). Das Risiko war zudem in allen Kohorten ungefähr verdoppelt, wenn mindestens zwei Vorrevisionen stattgefunden haben (Gesamt HR 2,54; 95 % KI 0,42-15,2;  $p=0,308$ ). Diese Korrelation wurde auch von Jo et al. (HR 1,94; 95 % KI 1,16-3,13;  $p=0,010$ ) beobachtet<sup>146</sup>, die diesen Zusammenhang mit dem Weichgewebs- und Knochentrauma begründeten, welche mit jeder weiteren OP der Hüfte einhergehen. Zusätzlich zeigte sich ein statistischer Trend für ein erhöhtes Re-Luxationsrisiko in der Gesamt- und DMP-Kohorte, wenn es sich bei der letzten Voroperation um den Wiederaufbau der HTEP nach Girdlestonesituation aufgrund eines zweizeitigen durch eine PPI bedingten HTEP-Wechsels handelte (Gesamt HR 2,65; 95 % KI 0,83-8,46;  $p=0,100$ ; DMP HR 4,28; 95% KI 0,71-25,72;  $p=0,112$ ). Eine große von McAlister et al. durchgeführte Analyse von 515 zweizeitigen HTEP-Wechsels bei einem mittleren FU von 5 Jahren bestätigte die erhöhte Luxationsrate (5YSR 10,5%)<sup>161</sup>. Als wesentlicher zugrundeliegender Risikofaktor wurde die Abduktoreninsuffizienz (HR 29,9; 95 % KI 16,5-54,2  $p<0,001$ ) infolge extensiver Voroperationen angeführt. DMP konnten das Re-Luxationsrisiko in dieser Serie zweizeitiger Revisionen senken, jedoch ohne statistische Signifikanz (HR 0,29; 95 % KI 0,04-2,15  $p=0,23$ )<sup>161</sup>.

Die Zeit seit der Primärimplantation der HTEP beziehungsweise der letzten Revision sowie der verwendete chirurgische Zugangsweg zum Hüftgelenk spielten in der untersuchten Kohorte keine relevante Rolle für die Rezidivwahrscheinlichkeit. Während der Einfluss des zeitlichen Aspekts der letzten Hüftoperation auf das Re-Luxationsrisiko in wissenschaftlichen Studien kaum Erwähnung

findet, existiert in der Literatur inzwischen ein vorsichtiger Konsens über die Gleichwertigkeit der posterioren, lateralen und anterolateralen Zugangstechnik bezüglich der Rate rezidivierender Luxationen, sofern bei Verwendung posteriorer Zugänge ein suffizienter Verschluss der dorsalen Gelenkkapsel erfolgt <sup>162, 163</sup>. Harmer et al. konnten in ihrer rezenten Studie anhand von 705 Revisions Hüften Hinweise dafür liefern, dass die Raten an Re-Luxationen und Re-Revisionen auch nicht davon abhängig sind, ob man im Rahmen einer Revision denselben oder einen diskordanten chirurgischen Zugang als bei der Primärimplantation wählt <sup>164</sup>. Für den direkt lateralen Zugang konnte im Rahmen einer randomisiert kontrollierten Studie belegt werden, dass dieser im Vergleich mit dem minimalinvasiven anterolateralen Zugang häufiger mit einer radiologisch gesicherten Sehnenläsion sowie Atrophie des Musculus gluteus medius und klinisch relevanten Abduktionsdefiziten in der Hüfte einhergeht <sup>165</sup>. Als Folge dieser Muskelschädigung kann eine pelvitrochantäre Insuffizienz mit resultierender Instabilität induziert werden.

Unter den vier Patienten, die eine Muskellappenplastik nach Whiteside erhielten, re-luxierte keine Hüfte. Dies unterstreicht den Stellenwert der Muskelrekonstruktion bei Glutealinsuffizienz und wirft die Frage auf, ob dieser therapeutische Ansatz häufiger zur Stabilisierung von luxierenden HTEPs erwogen werden sollte. Laut dem Erstbeschreiber dieser Technik und weiteren Autoren senkt der Transfer eines Lappens des Musculus gluteus maximus nicht nur die Luxationswahrscheinlichkeit <sup>166</sup>, sondern vermindert auch Erscheinungen wie das Trendelenburg-Zeichen und Duchene-Hinken <sup>166, 167</sup>, <sup>168</sup>, steigert die Abduktionskraft <sup>166</sup> und reduziert Schmerzen in der Hüftregion <sup>166, 168</sup>. Bisher finden sich keine wissenschaftlichen Erkenntnisse über den Einsatz der Whiteside-Plastik zur Therapie der luxierten HTEP.

### **5.2.5 Implantatsspezifische Risikofaktoren**

Unter den zahlreichen untersuchten implantatsspezifischen Faktoren konnte in der Gesamtkohorte für isolierte Gleitpaarungswechsel und kleine Kopfdurchmesser ein negativer Einfluss auf das Re-Luxationsrisiko festgestellt werden. Bei der Analyse der revidierten Komponenten in der Gesamtkohorte fiel zunächst auf, dass ein Wechsel der mobilen Prothesenteile (Kopf und Inlay) mit einem mehr als dreifach erhöhten Risiko für eine Re-Luxation vergesellschaftet war (HR 3,54; 95 % KI 1,24-10,12; p=0,018) und auch in den Subkohorten zeigte sich dieses erhöhte Risiko nach isoliertem Gleitpaarungswechsel (DMP: HR 8,23, 95 % KI 1,36-49,79; p=0,022; SMP: HR 5,59; 95 % KI 1,24-25,15; p=0,025).

Bei Betrachtung der Gesamtkohorte zeigte sich, dass die Verwendung von DMP zu einem um den Faktor 1,5 (HR 1,49; p=0,468) verringerten Re-Luxationsrisiko führte, während bei Patienten mit Constrained Liner das Risiko um den Faktor 1,5 (HR 1,46; p=0,623) erhöht war.

Die Untersuchung der Kopfgrößen bestätigt die deutliche Tendenz in der Literatur, dass kleinere Köpfe mit einem erhöhten Luxationsrisiko assoziiert sind<sup>28, 53, 87-92</sup>. So zeigte sich auch für die Revisionsituation ein statistischer Trend für geringere Kopfdiameter in der Gesamtkohorte (HR 0,93, 95 % KI 0,86-1,01; p=0,073) bei einer durchschnittlichen Kopfgröße von 35,9 mm in der Versagens- und 40,3 mm in der Therapieerfolg-Gruppe. Andere Autoren teilten diese Beobachtung durchweg und berichteten von einem erhöhtem Re-Luxationsrisiko nach Revision mit Köpfen kleiner als 36 mm (HR 0,54; 95 % KI 0,31-0,86; p=0,010<sup>148</sup>; HR 0,39; 95 % KI 0,11-0,93; p=0,037<sup>146</sup>) und kleiner als 32 mm (OR 3,86; 95 % KI 1,16-15,30; p=0,027<sup>147</sup>; OR 4,27; 95 % KI 1,23-14,75; p=0,02<sup>145</sup>), jeweils ermittelt durch multivariate Regressionsanalyse. Dabei sind die hohen Durchschnittsgrößen in der vorliegenden Studie auf den 45-prozentigen Anteil an DMP zurückzuführen, in dem der Durchmesser des PE-Kopfes für den Luxationsmechanismus maßgeblich ist. In ebenjener DMP-Kohorte konnten kleine PE-Köpfe als signifikanter Risikofaktor für das Auftreten eines Luxationsrezidivs bestätigt werden (HR 0,80; 95 % KI 0,64-0,99; p=0,042). Die Durchschnittsgröße betrug unter den Therapieversagern 41,4 mm und in der Gruppe ohne Re-Luxation 48,0 mm. Wir konnten somit nach unserem Kenntnisstand erstmals für die Revision der luxierten HTEP aufzeigen, dass sich der allgemein bekannte protektive Einfluss größerer Prothesenköpfe auch auf das Konzept der DMP übertragen lässt. Möglicherweise hat die Größe des PE-Kopfes einen entscheidenderen Einfluss auf die Luxationsneigung als das Dual-Mobility Konzept an sich. Für diese These liefern auch rezente Untersuchung von Weintraub et al.<sup>169</sup> sowie Sonn et al.<sup>170</sup> Hinweise, die keine Unterschiede hinsichtlich der Luxationsraten im Vergleich zwischen DMP und HTEPs mit „jumbo heads“ (Köpfe  $\geq 36$  mm<sup>169</sup> sowie  $\geq 40$  mm<sup>170</sup>) feststellen konnten. Kopfgrößen dieser Dimension können natürlich nur unter der Voraussetzung einer geeigneten Anatomie mit großen Pfannengrößen verwendet werden, wobei auf eine ausreichende Stärke des PE-Inlays zu achten ist.

Darüber hinaus wurde in dieser Studie der Einfluss der Fixationstechnik von DMP auf die Re-Luxationsrate beleuchtet. So sind in der Revision verschiedene Szenarien für die Verankerung der DMP möglich (vgl. 1.8.2.2). Die vier beschriebenen Optionen wurden hinsichtlich ihres Risikos analysiert, wobei die Einzementierung der DMP in eine bereits bestehende Pfanne als signifikanter Risikofaktor für eine Re-Luxation identifiziert werden konnte (HR 8,23; 95 % KI 1,36-49,79; p=0,022).

Schließlich wurde eine extensive röntgenologische Beurteilung der postoperativen Prothesenposition durchgeführt, infolge welcher der Einfluss der Beinlänge, Pfanneninklination und -anteversion, des Offsets und der Abweichung des neuen vom nativen und präoperativen Rotationszentrum analysiert wurde. Dabei konnte eine statistisch signifikant erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Re-Luxation nur für wenige radiologische Korrelate nachgewiesen werden.

So zeigte sich ein erhöhtes Risiko in den Fällen einer postoperativen Beinverlängerung gegenüber der kontralateralen Seite von mehr als 1 cm in der Gesamtkohorte (HR 1,42; 95 % KI 0,40-5,09; p=0,593) und in der SMP-Kohorte (HR 3,98; 95 % KI 0,88-17,94; p=0,072), in welcher sich ein statistischer

Trend darstellte. Bei Patienten, die im Rahmen der Indexrevision eine SMP erhielten, korrelierte das Re-Luxationsrisiko statistisch signifikant mit dem Ausmaß der postoperativen Beinlängendifferenz zur Gegenseite (HR 1,05; 95 % KI 1,00-1,10;  $p=0,041$ ). Diese Ergebnisse sind insofern paradox, dass eine Beinverlängerung mit einer Erhöhung der Weichteilspannung einhergeht und somit das Luxationsrisiko reduzieren müsste, was nach Sculco et al. und Parvizi et al. mitunter sogar als therapeutischer Ansatz während der Revision dient<sup>171, 172</sup>. In der DMP-Kohorte waren hingegen Patienten mit einer klinisch relevanten Beinverkürzung von über 1 cm gefährdet, eine Re-Luxation zu erleiden (HR 1,70; 95 % KI 0,28-10,20;  $p=0,563$ ), jedoch ohne statistische Signifikanz. Die Betrachtung der postoperativen Beinlängendifferenz gegenüber der präoperativen ipsilateralen Situation erbrachte für die SMP-Kohorte, dass eine Verkürzung des Beines um mehr als 1 cm im Vergleich zum präoperativen Befund auf der gleichen Seite mit einem signifikant erhöhten Risiko einherging (HR 17,16; 95 % KI 1,56-189,26;  $p=0,020$ ). Dieses Ergebnis ist in Anbetracht der reduzierten Weichteilspannung plausibel. Insbesondere Patienten mit plevitrochantärer Insuffizienz benötigen häufig eine Verlängerung der Beinlänge, um die Weichteilspannung trotz defizitärer Abduktoren zu erhöhen. Eine Luxationsneigung trotz verlängerter Beinlänge kann ein Indiz für degenerierte Glutealmuskulatur sein und im Umkehrschluss bietet auch eine ausgeprägte Beinverlängerung bei desolater Muskelsituation keinen suffizienten Luxationsschutz.

Die Pfannenausrichtung unterschied sich in der Studienpopulation nicht bezüglich des Risikos einer Re-Luxation. Im Durchschnitt befanden sich die Pfannen aller Subkohorten unabhängig vom Therapieerfolg oder -versagen (Re-Luxation) nach der Indexrevision innerhalb der LSZ (Inklination  $30^\circ$  bis  $50^\circ$  und/oder Anteversion  $5^\circ$  bis  $25^\circ$ <sup>106</sup>). Damit zeigt sich, dass die LSZ als maßgebliche Orientierung für eine luxationsstabile Pfannenposition in Frage gestellt werden kann, da dennoch 14% der untersuchten HTEPs erneut luxierten. Vermutlich bildet die LSZ nur eine Facette der optimalen Pfanneneinstellung. Eine rezente Studie von Hevesi et al. entwickelte die LSZ weiter und definierte mithilfe einer dreidimensionalen, durch künstliche Intelligenz unterstützten Computerrekonstruktion von 9.907 HTEPs eine modernere azetabuläre Safe Zone. Nach dieser ist das Risiko einer Luxation am geringsten, wenn sich die Pfanneninklination in einem idealen Bereich von  $27^\circ$  bis  $47^\circ$  und die Pfannenanteversion zwischen  $18^\circ$  und  $38^\circ$  befindet<sup>173</sup>. Zusätzlich rücken in der Endoprothetik ergänzende Klassifikationssysteme in den Vordergrund, welche weitere Dimensionen wie die Mobilität des lumbopelvinen Komplexes bei der intraoperativen Pfanneneinstellung berücksichtigen<sup>174</sup> und die zukünftig vermehrt in die Revisionsplanung einfließen könnten.

Die Analyse des postoperativen Offsets hat in keiner Kohorte einen signifikanten Einfluss auf das Risiko einer Re-Luxation hervorgebracht. Zu erwarten wäre eine erhöhte Luxationsneigung bei vermindertem Offset, welches sekundäre Impingementerscheinungen wahrscheinlicher macht (siehe 1.4.1), wie eine aktuelle biomechanische Analyse veranschaulicht. Die Autoren dieser Studie empfehlen in erster Linie eine Erhöhung des azetabulären Offsets, beispielsweise durch Lateralisierung des Rotationszentrums

mittels Offset-Inlays und heben hervor, dass auch die anteroposteriore Achse der Hüfte im Kontext des Offsets berücksichtigt werden sollte, da ein leicht ventralisiertes Drehzentrum positiven Einfluss auf die pelvitrochantäre Weichteilspannung ausüben kann <sup>175</sup>.

Abweichungen vom idealen Rotationszentrum des Hüftgelenks durch eine lateralisierte / medialisierte beziehungsweise kranialisierte / kaudalisierte Pfannenposition können die Gelenkmechanik negativ beeinflussen und so das Luxationsrisiko erhöhen. Im Vergleich mit anderen Methoden zur Bestimmung des Drehzentrums gilt die verwendete Methode nach Fessy et al. <sup>140</sup> als die präziseste <sup>176</sup> und erfordert im Gegensatz zu den Verfahrensweisen nach Ranawat et al. <sup>177</sup> oder John und Fisher <sup>178</sup> keine Berücksichtigung der Beckenkammhöhe, die in der tief zentrierten Beckenübersichtsaufnahme häufig nicht abgebildet ist. Ein leicht erhöhtes Risiko für eine Re-Luxation ohne statistische Signifikanz präsentierte sich in allen Kohorten, wenn das rekonstruierte Drehzentrum der Hüfte gegenüber dem anatomischen Rotationszentrum medialisiert und/oder kaudalisiert wurde. In der SMP-Kohorte war diese Beobachtung statistisch signifikant, bei einem fast fünffachen Risiko durch eine Kaudalisierung (HR 4,68, 95 % KI 1,03-21,22; p=0,045). Diese Ergebnisse erscheinen jedoch paradox, da eine Medialisierung des Drehzentrums tatsächlich eine Verminderung des kombinierten Offsets zur Folge hat, aber die Kaudalisierung infolge der erhöhten Weichteilspannung eine reduzierte Luxationstendenz bewirken müsste. So beobachteten Sariali et al. eine erhöhte Luxationstendenz, wenn das postoperative Rotationszentrum gegenüber der anatomischen Situation medialisiert und kranialisiert wurde <sup>179</sup> und Asayama et al. konnten demonstrieren, dass die bestmögliche postoperative Abduktorenfunktion durch eine annähernd physiologische Rekonstruktion des anatomischen Drehzentrums erreicht werden kann <sup>180</sup>. Im Vergleich mit dem präoperativen Hüftdrehzentrum zeigte sich hingegen in allen Kohorten, dass ein erhöhtes Re-Luxationsrisiko vorlag, wenn das Rotationszentrum durch die Indexrevision lateralisiert wurde. Obgleich auch hier keine statistische Signifikanz vorlag, sind diese Ergebnisse biomechanisch nachvollziehbar. Bezüglich der vertikalen Abweichung vom präoperativen Drehzentrum zeigte sich ein leicht erhöhtes Re-Luxationsrisiko bei Kaudalisierung in der Gesamt- und DMP-Kohorte, jedoch entgegengesetzt bei Kranialisierung des rekonstruierten Rotationszentrums in der SMP-Kohorte. Es lässt sich schlussfolgern, dass kein radiologisch erfasster Aspekt eindeutig mit einem erhöhten Risiko einer Rezidivluxation assoziiert ist.

### **5.3 Vor- und Nachteile des Dual - Mobility - Konzepts**

Die DMP erzielte in der vorliegenden Kohorte gute Resultate nach Einsatz in der Revision luxierter HTEPs, besonders im direkten Vergleich mit Standardartikulationen. Sowohl der objektive Therapieerfolg in Form der Überlebensraten als auch die subjektive durch die Patienten berichtete Funktionsverbesserung stellten sich zufriedenstellend dar. Im Folgenden sollen diese Dimensionen des Outcomes sowie die Aspekte sonstiger postoperativer Komplikationen und wirtschaftliche Gesichtspunkte diskutiert werden.



Tab. 62: Übersicht über Studien, die den Therapieerfolg der Revision luxierter HTEP mittels DMP untersuchten

Autor	Jahr	Zeitraum	FU (Jahre)	Fallzahl	Re-Luxationen (%; 5YSR)	Re-Revisionen durch Re-Luxation (%; 5YSR)	Re-Revisionen jeglicher Indikation (%; 5YSR)
Eigene Studie	2023	2012-2019	4,8 (0-8,6)	n=45	5 (11,1 %; <b>86 %</b> )	3 (6,7 %; <b>90 %</b> )	8 (17,7 %; <b>83 %</b> )
Guyen et al. <sup>101</sup>	2009	2000-2005	4 (2,2-6,8)	n=54	3 (5,6 %; -)	2 (3,7 %; -)	5 (9,3 %; -)
Leiber-Wackenheim et al. <sup>181</sup>	2011	1995-2001	8 (6-11)	n=50	1 (1,7 %; <b>98 %</b> )	-	-
Mertl et al. <sup>182</sup>	2012	1995-2003	7,7 (4-14)	n=145	9 (6,2 %; -)	3 (2,1 %; -)	10 (6,9 %; <b>93 %</b> )
Jakobsen et al. <sup>183</sup>	2014	2000-2010	3,7 (0-9,9)	n=56	1 (1,8 %; <b>98 %</b> )	1 (1,8 %; <b>98 %</b> )	3 (5,4 %; <b>84 %</b> )
Prudhon et al. <sup>184</sup>	2014	2010-2012	2	n=21	1 (4,8 %; -)	-	-
Van Heumen et al. <sup>104</sup>	2015	2007-2011	2,4 (1-5,5)	n=49	0 (0 %, <b>100 %</b> )	0 (0 %; <b>100 %</b> )	3 (6,1 %; <b>93 %</b> )
Hamadouche et al. <sup>185</sup>	2017	2009-2013	8,2 (5-13)	n=51	3 (5,9 %; <b>86 %</b> )	3 (5,9 %; <b>86 %</b> )	7 (13,7 %; <b>75 %</b> )

Sowohl die eigene als auch die in Tab. 62 aufgelisteten Studien belegen, dass die DMP ein effektives Mittel zur Therapie der rekurrend luxierenden HTEP darstellt und erneute Revisionen bei mittelfristigem FU reduzieren, aber nicht vollständig verhindern kann. Die größte Kohorte untersuchten Mertl et al. (n=145), die darüber hinaus über ausgesprochen geringe Raten an mechanischen Komplikationen wie Pfannenlockerungen (5,5 %), intraprotetischen Dislokationen (1,4 %) und Abriebphänomenen (0 %) berichteten <sup>182</sup>.

Die erhebliche durchschnittliche Verbesserung des subjektiven Outcomes, dargestellt durch den mod. HHS, zeichnete sich auch in den Untersuchungen anderer Autoren ab <sup>186, 187</sup> und Harwin et al. demonstrierten im direkten Vergleich von HTEP-Revision mit DMP und SMP statistisch signifikant bessere HHS-Ergebnisse in der DMP-Kohorte nach einem durchschnittlichen FU von vier Jahren <sup>188</sup>. Eine rezente Meta-Analyse von Levin et al. ermittelte hingegen keinen signifikant verbesserten subjektiven Funktionsstatus nach Revision mit einer DMP verglichen mit SMP, bei jedoch exzellentem kurzfristigen objektiven Outcome der DMP mit geringer Luxationsrate (OR 0,24, p=0,002) <sup>189</sup>.

In der vorliegenden Studienpopulation wurden erstmals Risikofaktoren der (Re-)Luxation berücksichtigt und systematisch für Patienten mit DMP aufgearbeitet (vgl. 5.2). So zeigte sich ein erhöhtes Risiko für ein Luxationsrezidiv bei jüngeren Patienten mit geringer allgemeiner Komorbidität (CCI) und somit mutmaßlich höherem Belastungsanspruch, außerdem bei Luxationen durch

pelvitrochantäre Insuffizienz (Charité-Klassifikation Typ II), Zementierung in eine bereits bestehende feste Pfanne und unter Verwendung kleinerer PE-Köpfe. Entgegen der gegenwärtigen Tendenz der Zementierung von DMP in festsitzende Pfannen während Revisionen von Patienten mit hohem Operationsrisiko durch die Empfehlung einiger Autoren<sup>132, 133</sup>, konnte durch diese Studie ein deutlich erhöhtes Risiko (HR 8,23;  $p=0,022$ ) für rezidivierende Luxationen festgestellt werden, sodass diese Praxis bei der Adressierung einer instabilen HTEP hinterfragt werden sollte (Abb. 37). Der Nutzen geringerer Knochendestruktion und kürzerer OP-Dauer sollte penibel gegen das Belassen einer suboptimalen Komponentenposition mit dem Risiko einer persistierenden Instabilität abgewogen werden.



Abb. 37: Anteriore Re-Luxation einer in eine zementfreie Revisionspfanne zementierten DMP

Die Betrachtung anderer Komplikationen als der rekurrierenden Luxation ergab keinen relevanten Unterschied bezüglich aseptischer Pfannenlockerungen. Jeweils eine Pfanne pro Subkohorte lockerte sich und musste durch Pfannenwechsel korrigiert werden, nach acht Jahren in der DMP-Kohorte (96 Monate) und nach fünf Jahren in der SMP-Kohorte (61 Monate). Damit bestätigt sich die in der Literatur vorbeschriebene Feststellung, dass DMP mittelfristig nicht häufiger zu erhöhten Lockerungsraten führen<sup>190, 191</sup>. Auch mit Hinblick auf septische Komplikationen ließ sich kein Unterschied zwischen den Subkohorten ermitteln. Jeweils vier Patienten jeder Subkohorte entwickelten eine PPI. Bis auf einen Frühinfekt in der SMP-Kohorte handelte es sich um Spätinfektionen. Vor dem Hintergrund, dass die mit einer DMP versorgten Patienten signifikant älter, kränker, häufiger voroperiert und somit eher infektionsgefährdet waren (vgl. 4.4.1), sollte dieser Aspekt besondere Beachtung finden. Entgegen der verbreiteten Befürchtung, dass DMP einer höheren Wahrscheinlichkeit des Gleitpaarungsverschleißes infolge des auf zwei Oberflächen belasteten PE-Gleitlagers unterliegen<sup>126</sup>, konnte ein Inlayaufbrauch in der vorliegenden Studienpopulation im mittelfristigen FU nicht beobachtet werden.

Eine spezifische Komplikation der DMP bildet die intraprothetische Dislokation (IPD), welche die traumatische oder verschleißbedingte Dissoziation von Prothesenkopf und mobilem Inlay (PE-Kopf) oder Schaftkonus (Abb. 38) bezeichnet. Eine IPD kann ausschließlich offenchirurgisch reponiert werden. Forcierte geschlossene Repositionsmanöver bei luxierter DMP sind eine typische Ursache der traumatischen IPD, wie in zahlreichen Fallberichten beschrieben wurde<sup>192-194</sup>. Die Rate verschleißbedingter IPD betrug in historischen Studien in den ersten zehn postoperativen Jahren bis zu 4 %<sup>195-198</sup>, aber auch rezente Untersuchungen berichten von Fällen intraprothetischer Dissoziationen durch Aufbrauch des PE-Kopfes<sup>101, 182, 184</sup>. Infolge der Entwicklung ultrahochvernetzter PE-Komponenten ist jedoch mit einer signifikanten Reduktion abriebinduzierter Komplikationen zu rechnen<sup>126</sup>. In der vorliegenden DMP-Kohorte wurde keine IPD beobachtet.



Abb. 38: Posteriore Luxation einer zementierten HTEP bei Kopf-Konus-Dissoziation aus einer DMP (zementierte Advantage®-Pfanne, Firma Zimmer Biomet, Warsaw, USA)

Es gibt noch ein weiteres kritisches Argument zu beachten, welches sich auf modulare DMP bezieht und zum differenzierten Einsatz solcher Pfannensysteme mahnt. Jüngst äußerten einige Autoren Bedenken bezüglich der Verwendung modularer DMP, deren Metallpfanne durch ein weiteres zwischengeschaltetes Metall-Inlay mit dem mobilen PE-Kopf verbunden ist. Diese pfannenseitige Metal-on-Metal-Konstruktion (MoM) der modularen DMP ist mit messbar erhöhter Korrosion assoziiert, die wiederum aufgrund von ALTR durch Metalledritus mit einem erhöhten Luxationsrisiko einhergehen kann<sup>199, 200</sup>. Im Rahmen dieser Studie wurde keine modulare DMP implantiert.

Von hoher Relevanz für unser Gesundheitssystem ist abschließend auch die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Verwendung der DMP. Zunächst sind tripolare Pfannen zum gegenwärtigen Zeitpunkt teurer als Standard-Implantate <sup>201</sup>, wobei die Angaben zu den absoluten Kosten je nach Hersteller und Land stark variieren <sup>202</sup>. Ein fundiertes Urteil über die Kosteneffizienz innovativer Implantattechnologien lässt sich laut den Autoren älterer Analysen nur ermitteln, wenn die Dimensionen der Implantatkosten, der Krankenhauskosten und der Revisionsrate in ihrer Gesamtheit betrachtet werden <sup>203</sup>. Neue Prothesendesigns, wie die DMP in der vorliegenden Arbeit, sind demnach erst dann kosteneffektiv, wenn ihr finanzieller Aufwand die Kosten der konventionellen Implantate nicht um mehr als das 1,2- bis Zweifache überschreitet und sie die Revisionsrate erfolgreich um 15 bis 20 % bei einem FU von 15 bis 20 Jahren reduzieren können <sup>28, 203-205</sup>.

Mehrere aktuelle Studien unternahmen den Versuch die komplexe Frage zu beantworten, ob die DMP im Vergleich mit Standard-Implantaten in der Primärversorgung gesundheitsökonomische Vorteile bietet. So konstatierte die Arbeitsgruppe um Barlow im Jahr 2017, dass sich die DMP kosteneffektiver darstellt als eine SMP, wenn ihr durchschnittlicher Einkaufspreis nicht mehr als 1.023 US-Dollar teurer ist und ihre jährliche inkrementelle Versagensrate in Bezug auf Luxationen und IPDs nicht höher ist als 0,29 % respektive 0,49 %. Aus Ermangelung an langfristigen Daten zum Outcome der DMP wurde schließlich nur eine vorsichtige Befürwortung der Wirtschaftlichkeit dieses Implantatkonzeptes formuliert <sup>206</sup>. Optimistischer zeigt sich die Prognose, die aus der Analyse der Kosten-Nutzen-Relation mittels Markov-Modell von Epinette et al. hervorgeht. In Frankreich könne die primärimplantierte DMP demzufolge im Vergleich mit SMP jährliche Kosteneinsparungen von mehr als 100 Mio. Euro generieren. Doch auch mit dieser Schlussfolgerung geht die Forderung nach klinischen Langzeitstudien einher <sup>207</sup>. Somit kann die These eines langfristigen überlegenen Kosteneinsparpotentials der DMP in der Primärendoprothetik aktuell noch nicht abschließend verifiziert werden <sup>208</sup>. Selbst für Hochrisikopatienten mit spinalen Komorbiditäten und Fusionsoperationen müsse eine DMP nach Elbuluk et al. das Luxationsrisiko auf 0,9 % reduzieren und dürfe nicht mehr als 18 % teurer sein als ein Standard-Implantat, um kosteneffizienter zu sein <sup>202</sup>.

Für den expliziten Einsatz der DMP in der Revisionssituation, die den vordergründigen Diskussionsgegenstand dieser Arbeit darstellt, existieren bisher keine wissenschaftlichen Studien bezüglich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses. Eine instabilitätsbedingte (Re-)Revision mit möglicherweise längerer Liegezeit verursacht je nach Umfang immense Kosten in Höhe mehrerer tausend Euro pro Patient, sodass der Einsatz luxationssicherer Komponenten wie der DMP, insbesondere im Rahmen von Revisionen, trotz ihres initial höheren Preises finanziell gerechtfertigt erscheint.

#### 5.4 Stärken und Limitationen der vorliegenden Arbeit

Es handelt sich bei der vorliegenden Arbeit nach dem Kenntnisstand der Autorenschaft um die erste Studie, die das mittelfristige Outcome der Revision nach HTEP-Luxation mit den zugrunde liegenden Risikofaktoren zusammenführt und zusätzlich eine detaillierte Risikostratifizierung für die DMP vornimmt. Es wurden neue mögliche Einflussfaktoren beachtet, von welchen bisher unzureichend in der Literatur berichtet wurde, beispielsweise die Ätiologie der Luxation, die Fixationstechnik der DMP oder die Rekonstruktion des Rotationszentrums des Hüftgelenks durch die Revision. Damit werden die vielfältigen Dimensionen der Einflüsse auf den Therapieerfolg der Revision luxierter HTEPs ganzheitlich abgebildet, worin die zentrale Stärke dieser Studie liegt.

Es lassen sich jedoch einige Limitationen dieser Arbeit feststellen. Zunächst handelt es sich hier um eine Studie, die an nur einem Zentrum durchgeführt wurde und bei der die Kohortengröße naturgemäß verhältnismäßig klein ist. Im Vergleich mit anderen monozentrischen Studien zu diesem Thema befindet sich die Größe der untersuchten Gesamtkohorte etwa im Durchschnitt<sup>49, 76, 101, 104, 147, 181, 183, 185</sup>. Um statistisch signifikante Ergebnisse zu erzielen und graduelle Unterschiede feststellen zu können, ist eine größere Gruppenstärke mit damit einhergehend erhöhter statistischer Power sinnvoll, um statistische Alpha- und Betafehler (Fehler erster und zweiter Art der Hypothesentestung) zu vermeiden und bessere Rückschlüsse auf die in der Grundgesamtheit geltenden Verhältnisse zu ermöglichen.

Aufgrund der relativ kleinen Kohortengröße wurde im Rahmen der Analyse der Risikofaktoren eine explorative univariate und keine multivariate Cox-Regression durchgeführt, da diese statistische Methode korrekterweise höhere Fall- und Ereigniszahlen erfordert. *Lege artis* sollte nur eine Variable pro 20 Events analysiert werden<sup>209</sup>. Bei einer Fallzahl von 100 und einer Ereigniszahl von 14 (14 Re-Luxationen) hätten in dieser Studie demnach keine Einflussfaktoren in die multiple Regression inkludiert werden können. Diese hätte zur Varianzaufklärung und Offenlegung von Multikollinearität beitragen können, denn das Ziel der multivariaten Regressionsanalyse besteht in der Adjustierung der Schätzer für mögliche Confounder (Störgrößen). Andere Autoren ignorierten diese Vorgabe und führten trotz geringer Zahlen multivariate Analysen durch<sup>76, 145-148</sup>. Entsprechend hoch ist die Gefahr, dass die Ergebnisse der univariaten Time-to-Event-Analyse verzerrt sein könnten.

In erster Linie ist diese Studie jedoch durch die ausgeprägte demografische Heterogenität der Studienpopulation limitiert. So herrscht eine unausgeglichene Geschlechterverteilung, die Anzahl und das Ausmaß der Voroperationen am betroffenen Hüftgelenk variieren stark und auch die Altersverteilung zeigt eine große Varianz. Es erfolgte keine Randomisierung der Subkohorten (DMP versus SMP), welche darüber hinaus ebenfalls ausgesprochen heterogen sind (vgl. 4.4.1). Hinzu kommt, dass die Wahl der Revisionsimplantate stets auf der subjektiven Entscheidungsfindung des jeweiligen Operateurs basierte. Die DMP ist generell und war auch in dieser Studienpopulation älteren und kränkeren Patienten vorbehalten, was im Umkehrschluss impliziert, dass die guten Ergebnisse der DMP

im Vergleich zur SMP eher unterschätzt werden. Um diesen Bias zu reduzieren, wäre eine Fall-Kontroll-Studie mit Matching erstrebenswert. Aufgrund der geringen Fallzahl war dies jedoch nicht umsetzbar.

Eine weitere Limitation bildet letztendlich die lückenhafte Erfassung der Patientendaten, welche typisch für retrospektive Kohortenstudien ist. Die Darstellung der subjektiven Outcomes ist dahingehend limitiert, dass ein vollständiger Verlauf mit prä- und postoperativen PROMs nur für einen Teil der Patienten dargestellt werden konnte. Zudem ist bei der Interpretation zu beachten, dass die präoperativen mod. HHS den Zustand während oder kurz nach stattgefundenen Luxationsereignissen vor der Indexrevision widerspiegeln und entsprechend verfälscht sein können, was eine Überschätzung der sehr guten Ergebnisse der durchschnittlichen Verbesserung der mod. HHS zur Folge haben kann.

Alle prä- und postoperativen Röntgen-, sowie präoperativen CT- und MRT-Bilder wurden untersucht, sofern diese vorhanden waren. Insbesondere hinsichtlich CT- und MRT-Aufnahmen waren nur für relativ wenige Patienten Daten vorhanden, weshalb eine optimale quantitative Aufarbeitung der Prothesenpositionierung (insbesondere die kombinierte Anteversion anhand rotationscomputertomografischer Aufnahmen) und der muskulären Situation (Goutailler-Klassifikation anhand magnetresonanztomografischer Aufnahmen<sup>210,211</sup>) nicht möglich war.

## 5.5 Schlussfolgerungen für Klinik und Forschung

Für den klinischen Alltag lässt sich aus den vorliegenden Ergebnissen schlussfolgern, dass die Revision, insbesondere unter Einsatz von Dual-Mobility-Pfannensystemen, suffizient und mit einer relativ geringen Versagensrate zur nachhaltigen Prothesenstabilität führen kann. Die dargestellte Analyse der patientenspezifischen Risikofaktoren legt jedoch nahe, dass insbesondere junge, nicht übergewichtige und gesunde Patienten darüber aufgeklärt werden sollten, dass sie einem erhöhten postoperativen Risiko der Re-Luxation unterliegen könnten, selbst wenn sie mit einem Spezialimplantat wie der DMP therapiert werden. Luxationsspezifische Faktoren wie der Zeitpunkt, die Anzahl und die Richtung der zur Revision führenden Luxationen scheinen hingegen keine Konsequenz für das Rezidivrisiko zu haben, ebenso wenig wie die Indikation für die PI der HTEP. Die pelvitrochantäre Insuffizienz ist ein signifikanter Risikofaktor für das Therapieversagen und sollte gezielt mit einer DMP oder einem Constrained Liner adressiert werden, auch wenn zweitens einer strengen Indikationsstellung unterliegen sollten. Patienten, die am dislozierten künstlichen Hüftgelenk bereits zuvor revidiert wurden, sind besonders gefährdet eine weitere Luxation zu erleiden. In diesen Patienten ist eine Erhebung des Muskelstatus unerlässlich und die Indikation zu einer zusätzlichen Muskelplastik<sup>122</sup> und Kapselrekonstruktion<sup>120</sup> zu prüfen. Bisher wurden in der Literatur keine objektivierbaren Kriterien beschrieben, die spezifizieren, welcher Patient von einer solchen Weichteiloperation zur Therapie der pelvitrochantären Insuffizienz profitiert. Vor dem Hintergrund der vermehrt in den wissenschaftlichen Fokus rückenden „abductor deficiency-induced recurrent instability“<sup>212</sup> wird diesem ätiologischen Aspekt der HTEP-Instabilität zukünftig enorme Bedeutung in der Revisionschirurgie zukommen.

Weiterhin erscheint das Risiko der Re-Luxation erhöht, wenn im Rahmen der Revision nur die mobilen Prothesenkomponenten gewechselt werden. Folglich empfiehlt es sich präoperativ kritisch zu diskutieren, ob ein Wechsel beziehungsweise eine Neuorientierung der Pfanne und/oder des Schafes notwendig ist. Außerdem sollte eine DMP nicht unkritisch in eine bestehende festsitzende Pfanne einzementiert werden, da dieses Konzept das Risiko einer Re-Luxation erhöhen kann. Bei der Revision instabiler HTEPs ist auch anhand der Ergebnisse dieser Studie die Verwendung großer Prothesenköpfe zu empfehlen, was auch auf den Durchmesser des PE-Kopfes der DMP übertragen werden kann, der im Rahmen der anatomischen Möglichkeiten möglichst groß gewählt werden sollte. Letztlich ist darauf zu achten, dass die Revision der luxierten HTEP in einer möglichst anatomischen Rekonstruktion der Biomechanik des Hüftgelenks resultiert, um das Risiko einer Re-Luxation zu minimieren. Dabei sollte das rekonstruierte Rotationszentrum der Hüfte so gering wie möglich vom nativen und präoperativen Drehzentrum abweichen. Die Beinlängendifferenz sollte sowohl im Vergleich mit der kontralateralen Seite als auch ipsilateral in Relation zur präoperativen Beinlänge so gering wie möglich ausfallen und 1 cm nicht überschreiten. Zudem spielt die Pfanneneinstellung, insbesondere in der Revisionsituation, eine zentrale Rolle. Die zunehmend in den Hintergrund rückende LSZ wird in der modernen Endoprothetik kontinuierlich durch weitere Klassifikationskonzepte ergänzt und sukzessiv abgelöst werden.

Laut dem aktuellen Stand der Wissenschaft verspricht die Revision und besonders der Einsatz der DMP eine effektive und sichere Methode zur Behandlung und Vorbeugung weiterer Luxationen zu sein und auch auf Basis der vorliegenden Untersuchung kann die DMP in der Revisionsituation befürwortet werden. Ein Bedarf weiterer Forschung zum idealen Management HTEP-Luxation besteht jedoch durchaus, denn neben einigen akzeptierten Behandlungsalgorithmen existiert in Deutschland bisher noch kein standardisiertes Konzept für die Diagnostik und fachgerechte Therapie der HTEP-Luxation, beispielsweise im Rahmen einer Leitlinie.

Die gesicherte Identifikation von Risikofaktoren spielt eine fundamentale Rolle für therapeutische Ansätze bei einem Krankheitsbild mit einer solch multifaktoriellen Genese wie der HTEP-Luxation. Zukünftige Studien sollten daher eine vollständige kontinuierliche radiologische Befunderhebung und größere Kohorten mit größerer statistischer Power und höheren Eventzahlen umfassen, damit durch multivariate Regression für statistisch signifikante Variablen adjustiert werden kann und Risikofaktoren eindeutig bestätigt werden können. Es bräuchte darüber hinaus prospektive randomisierte kontrollierte Studien von hoher wissenschaftlicher Qualität und Aussagekraft mit längerfristigen Nachuntersuchungsintervallen, die das Outcome und die spezifischen Komplikationen tripolarer Pfannen im Vergleich mit Standardpfannen beleuchten, um den Stellenwert der DMP im Revisionszenario weiter zu unterstreichen und um definitive Aussagen über die Kosteneffektivität dieser Implantate treffen zu können.

Dabei kollidieren jedoch die wissenschaftlichen Ideale der Randomisierung und Verblindung mit ethischen Prinzipien, denn eine operative Versorgung von Patienten mit orthopädischen Implantaten kann weder randomisiert noch verblindet erfolgen. Somit bleibt das Spannungsfeld zwischen medizinischer Praxis und dem Streben nach wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn zu dieser Thematik aller Voraussicht nach bestehen und die gut begründete Einzelfallentscheidung zur DMP anhand retrospektiver Analysen wie dieser wird wahrscheinlich weiterhin den Goldstandard bei der Behandlung der luxierten HTEP darstellen. Die aktuelle Tendenz einer alternden Gesellschaft infolge des demografischen Wandels erfordert, dass wirksame Strategien zur Prävention und Therapie postoperativer Komplikationen in der Hüftendoprothetik entwickelt werden, damit die Patientenversorgung weiter verbessert und das Gesundheitssystem finanziell entlastet werden kann.



## 6. Literaturverzeichnis

- 1 **Busse R, Blümel M:** Germany: Health system review. *Health Syst Transit.* 2014; 16(2):1-296. PMID: 25115137.
- 2 **Larsson K, Thorslund M:** Chapter 8: old people's health. *Scand J Public Health Suppl.* 2006; 67:185-198. DOI: 10.1080/14034950600677253
- 3 World Health Organization (WHO): The burden of musculoskeletal conditions at the start of the new millenium: report of a WHO scientific group. *Technical Report Series.* 2003; Geneva. 919 (Accessed 01.06.2021 at [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42721/WHO\\_TRS\\_919.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42721/WHO_TRS_919.pdf?sequence=1))
- 4 **Woolf AD, Pfleger B:** Burden of major musculoskeletal conditions. *Bull World Health Organ.* 2003; 81(9):646-56. Epub 2003 Nov 14. PMID: 14710506; PMCID: PMC2572542.
- 5 **Woolf AD, Erwin J, March L:** The need to address the burden of musculoskeletal conditions. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2012 Apr; 26:183-224. DOI: 10.1016/j.berh.2012.03.005
- 6 Gesundheitsberichterstattung des Bundes (GBE): Stichwortsuche: Krankheitskosten Arthrose nach Einrichtung. 2020. (Accessed 01.06.2021 at [https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg\\_isgbe5.prc\\_isgbe](https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg_isgbe5.prc_isgbe))
- 7 **Cross M, Smith E, Hoy D, Nolte S, Ackerman I, Fransen M, Bridgett L, Williams S, Guillemin F, Hill CL, Laslett LL, Jones G, Cicuttini F, Osborne R, Vos T, Buchbinder R, Woolf A, March L:** The global burden of hip and knee osteoarthritis. Estimates from the global burden of disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014 Jul; 73(7):1323-30. Epub 2014 Feb 19. DOI: 10.1136/annrheumdis-2013-204763
- 8 **Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M, Hrsg.:** *AE-Manual der Endoprothetik: Hüfte und Hüftrevision.* Heidelberg: Springer-Verlag, 2012
- 9 World Health Organization (WHO): Decade of healthy ageing: plan of action. 2020. (Accessed 01.06.2021 at <https://www.who.int/publications/m/item/decade-of-healthy-ageing-plan-of-action>)
- 10 Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG): Qualitätsreport 2019 (Accessed 01.06.2021 at <https://iqtig.org/veroeffentlichungen/qualitaetsreport/>)
- 11 **Learmonth ID, Young C, Rorabeck C:** The operation of the century: total hip replacement. *Lancet.* 2007 Oct; 370(9597):1508-19. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60457-7
- 12 **Iorio R, Robb WJ, Healy WL, Berry DJ, Hozack WJ, Kyle RF, Lewallen DG, Trousdale RT, Jiranek WA, Stamos VP, Parsley BS:** Orthopaedic surgeon workforce and volume assessment for total hip and knee replacement in the United States: preparing for an epidemic. *J Bone Joint Surg Am.* 2008 Jul; 90(7):1598-605. DOI: 10.2106/JBJS.H.00067
- 13 **Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M:** Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am.* 2007 Apr; 89(4):780-5. DOI: 10.2106/JBJS.F.00222
- 14 Endoprothesenregister Deutschland (EPRD): Jahresbericht 2016. (Accessed 01.06.2021 at [https://www.eprd.de/fileadmin/user\\_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/EPRD-Jahresbericht\\_2016\\_Einzelseiten\\_Online-Version.pdf](https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/EPRD-Jahresbericht_2016_Einzelseiten_Online-Version.pdf))
- 15 Endoprothesenregister Deutschland (EPRD): Jahresbericht 2021. (Accessed 01.06.2021 at [https://www.eprd.de/fileadmin/user\\_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/Jahresbericht2021\\_2021-10-25\\_F.pdf](https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/Jahresbericht2021_2021-10-25_F.pdf))

- 16 **Dy CJ, Bozic KJ, Pan TJ, Wright TM, Padgett ED, Lyman S:** Risk factors for early revision after total hip arthroplasty. *Arthritis Care Res.* 2014 Jun; 66(6):907-15. doi: 10.1002/acr.22240
- 17 **Hedlundh U, Ahnfelt L, Hybbinette CH, Weckstrom J, Fredin H:** Surgical experience related to dislocations after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 1996 Mar; 78(2):206-9. PMID: 8666625.
- 18 **Swedish Hip Arthroplasty Register:** Annual report 2019. (Accessed 01.06.2021 at [https://registercentrum.blob.core.windows.net/shpr/r/VGR\\_Annual-report\\_SHAR\\_2019\\_EN\\_Digital-pages\\_FINAL-ryxaMBUWZ\\_.pdf](https://registercentrum.blob.core.windows.net/shpr/r/VGR_Annual-report_SHAR_2019_EN_Digital-pages_FINAL-ryxaMBUWZ_.pdf))
- 19 **Sadoghi P, Liebensteiner M, Agreiter M, Leithner A, Böhler N, Labek G:** Revision surgery after total joint arthroplasty: a complication-based analysis using worldwide arthroplasty registers. *J Arthroplasty.* 2013 Sep; 28(8):1329-32. DOI: 10.1016/j.arth.2013.01.012
- 20 **New Zealand Orthopedic Association.** The New Zealand Joint Registry 20 Year Report. 2018 (Accessed 01.06.2021 at <https://www.nzoa.org.nz/annual-reports>)
- 21 **Australian Orthopedic Association.** National Joint Replacement Registry: Annual Report 2019 (Accessed 01.06.2021 at <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2019>)
- 22 **Wetters NG, Murray TG, Moric M, Sporer SM, Paprosky WG, Della Valle CJ:** Risk factors for dislocation after revision total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Feb; 471(2):410-6. DOI: 10.1007/s11999-012-2561-7
- 23 **Delaunay C, Hamadouche M, Girard J, Duhamel A, SoFCOT Group:** What are the causes for failure of primary arthroplasties in France? *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Dec; 471(12):3863-9. DOI: 10.1007/s11999-013-2935-5
- 24 **Hailer NP, Weiss RJ, Stark A, Kärrholm J:** The risk of revision due to dislocation after total hip arthroplasty depends on surgical approach, femoral head size, sex, and primary diagnosis. An analysis of 78,098 operations in the Swedish Hip Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 2012 Oct; 83(5):442-8. DOI: 10.3109/17453674.2012.733919
- 25 **Mahoney CR, Pellicci PM:** Complications in primary total hip arthroplasty: avoidance and management of dislocations. *Instr Course Lect.* 2003; 52:247-55. PMID: 12690852
- 26 **Padgett DE, Warashina H:** The unstable total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 2004 Mar; (420):72-9. DOI: 10.1097/00003086-200403000-00011
- 27 **Patel PD, Potts A, Froimson MI:** The dislocating hip arthroplasty: prevention and treatment. *J Arthroplasty.* 2007 Jun; 22(4 Suppl 1):86-90. DOI: 10.1016/j.arth.2006.12.111
- 28 **Alberton GM, High WA, Morrey BF:** Dislocation after total hip arthroplasty: an analysis of risk factors and treatment options. *J Bone Joint Surg Am.* 2002 Oct; 84(10):1788-92. PMID: 12377909.
- 29 **Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Vail TP, Berry DJ:** The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Jan; 91(1):128-33. DOI: 10.2106/JBJS.H.00155
- 30 **Khatod M, Barber T, Paxton E, Namba R, Fithian D:** An analysis of the risk of hip dislocation with a contemporary total joint registry. *Clin Orthop Relat Res.* 2006 Jun; 447:19-23. DOI: 10.1097/01.blo.0000218752.22613.78
- 31 **Meek RMD, Allan DB, McPhillips G, Howie CR:** Epidemiology of dislocation after total hip arthroplasty. *Clin Orthop Related Res.* 2006 Jun; 447:9-18. DOI: 10.1097/01.blo.0000218754.12311.4a
- 32 **Bundesministerium für Gesundheit:** Startseite, Themen, Prävention, Gesundheitsgefahren, Seltene Erkrankungen. (Accessed 01.06.2022 at

- <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/gesundheitsgefahren/seltenerkrankungen.html>
- 33 **Woo RY, Morrey BF**: Dislocations after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1982 Dec; 64(9):1295-306. PMID: 7142237
- 34 **Bozic KJ, Ong K, Lau E, Kurtz SM, Vail TP, Rubash HE, Berry DJ**: Risk of complication and revision total hip arthroplasty among Medicare patients with different bearing surfaces. *Clin Orthop Relat Res.* 2010 Sep; 468(9):2357-62. DOI: 10.1007/s11999-010-1262-3
- 35 **McGrory BJ, McGrory CP, Barbour L, Barbour B**: Transient subluxation of the femoral head after total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2010 Nov; 92(11):1522-6. DOI: 10.1302/0301-620X.92B11.24702
- 36 **Preininger B, Haschke F, Perka C**: Diagnostik und Therapie der Luxation nach Hüfttotalendoprothesenimplantation. *Orthopäde.* 2014 43:54-63. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag. DOI: 10.1007/s00132-013-2125-x
- 37 **D'Angelo F, Murena L, Zatti G, Cherubino P**: The unstable total hip replacement. *Indian J Orthop.* 2008 Jul; 42(3):252-9. DOI: 10.4103/0019-5413.39667
- 38 **Bartz RL, Nobel PC, Kadakia NR, Tullos HS**: The effect of femoral component head size on posterior dislocation of the artificial hip joint. *J Bone Joint Surg Am.* 2000 Sep; 82(9):1300-7. DOI: 10.2106/00004623-200009000-00010
- 39 **Kurtz WB, Ecker TM, Reichmann WM, Murphy SB**: Factors affecting bony impingement in hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2010 Jun; 25(4):624-34.e1-2. DOI: 10.1016/j.arth.2009.03.024
- 40 **Malik A, Maheshwari A, Dorr L**: Impingement with total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2007 Aug; 89:1832-1842. DOI: 10.2106/JBJS.F.01313
- 41 **Berend KR, Lombardi Jr AV, Mallory TH, Adams JB, Russell JH, Groseth KL**: The long-term outcome of 755 consecutive constrained acetabular components in total hip arthroplasty examining the success and failures. *J Arthroplasty.* 2005 Oct; 20(7 Suppl 3):93-102. DOI: 10.1016/j.arth.2005.06.001
- 42 **Dargel J, Oppermann J, Brüggemann GP, Eysel P**: Übersichtsarbeit: Luxationen nach Hüftendoprothese. *Dtsch Arztl Int.* 2014; 111:884-90. DOI: 10.3238/arztebl.2014.0884
- 43 **Jerosch J**: Die instabile Hüftendoprothese. Ursachen, Diagnostik, Behandlungsoptionen. OUP. 2016; 6:324-333. DOI: 10.3238/oup.2016.0324-0333
- 44 **Abarquero-Diezhandino A, Toro-Ibarguen A, Moreno-Beamud JA, Ojeda-Thies C, Delgado-Diaz E**: Obturator dislocation of total hip arthroplasty with disassembly of the prosthesis components and periprosthetic fracture in morbid obese patient. *Acta Orthop Mex.* 2020 Jan-Feb; 34(1):47-52. DOI: 10.35366/94624
- 45 **Leichtle UG, Leichtle CI, Taslaci F, Reize P, Wünschel M**: Dislocation after total hip arthroplasty: risk factors and treatment options. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2013; 47(2):96-103. DOI: 10.3944/aott.2013.2978
- 46 **Von Knoch M, Berry DJ, Harmsen WS, Morrey BF**: Late dislocation after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2002 Nov; 84(11):1949-53. DOI: 10.2106/00004623-200211000-00007
- 47 **Bolland BJ, Whitehouse SL, Timperley AJ**: Indications for early hip revision surgery in the UK-a re-analysis of NJR data. *Hip Int.* 2012 Mar-Apr; 22(2):145-52. DOI: 10.5301/HIP.2012.9184
- 48 **Dorr LD, Wolf AW, Chandler R, Conaty JP**: Classification and treatment of dislocations of total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1983 Mar; (173):151-8. PMID: 6825326

- 49 **Wera GD, Ting NT, Moric M, Paprosky WG, Sporer SM, Della Valle CJ:** Classification and management of the unstable total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2012 May; 27(5):710-5. DOI: 10.1016/j.arth.2011.09.010
- 50 **Perka C, Haschke F, Tohtz S:** Luxationen nach Hüftendoprothetik. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2012; 150(2),e89-e105. DOI: 10.1055/s-0031-1298419
- 51 **Ali Khan MA, Brakenbury PH, Reynolds IS:** Dislocation following total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1981; 63-B(2):214-8. DOI: 10.1302/0301-620X.63B2.7217144
- 52 **Turner RS:** Postoperative total hip prosthetic femoral dislocations. Incidence, etiologic factors, and management. *Clin Orthop Relat Res*. 1994 Apr; (301):196-204. DOI:10.1097/00003086-199404000-00031
- 53 **Berry DJ, von Knoch M, Schleck CD, Harmsen WS:** The cumulative long-term risk of dislocation after primary Charnley total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2004 Jan; 86(1):9-14. DOI: 10.2106/00004623-200401000-00003
- 54 **Grossmann P, Braun M, Becker W:** Dislocation following total hip endoprosthesis. Association with surgical approach and other factors. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1994 Nov-Dec; 132(6):521-6. DOI: 10.1055/s-2008-1039481
- 55 **Boettcher WG:** Total hip arthroplasties in the elderly. Morbidity, mortality, and cost effectiveness. *Clin Orthop Relat Res*. 1992 Jan; (274):30-4. PMID: 1729017
- 56 **Esposito CI, Gladnick BP, Lee YY, Lyman S, Wright TW, Mayman DJ, Padgett DE:** Cup position alone does not predict risk of dislocation after hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2015 Jan; 30(1):109-13. DOI: 10.1016/j.arth.2014.07.009
- 57 **Woolson ST, Rahimtoola ZO:** Risk factors for dislocation during the first 3 months after total primary total hip replacement. *J Arthroplasty*. 1999 Sep; 14(6):662-8. DOI: 10.1016/s0883-5403(99)90219-x
- 58 **Haverkamp D, Klinkenbijn MN, Somford MP, Albers GHB, van der Vis HM:** Obesity in total hip arthroplasty--does it really matter? A meta-analysis. *Acta Orthop*. 2011 Aug; 82(4):417-22. DOI: 10.3109/17453674.2011.588859
- 59 **Daabiss M:** American Society of Anaesthesiologists physical status classification. *Indian J Anaesth*. 2011 Mar; 55(2):111-5. DOI: 10.4103/0019-5049.79879
- 60 **Jolles BM, Zangger P, Leyvraz PF:** Factors predisposing to dislocation after primary total hip arthroplasty: a multivariate analysis. *J Arthroplasty*. 2002 Apr; 17(3):282-8. DOI: 10.1054/arth.2002.30286
- 61 **Fessy MH, Putman S, Viste A, Isida R, Ramdane N, Ferreira A, Leglise A, Rubens-Duval B, Bonin N, Bonomet F, Combes A, Boisgard S, Mainard D, Leclercq S, Migaud H, SFHG:** What are the risk factors for dislocation in primary total hip arthroplasty? A multicenter case-control study of 128 unstable and 438 stable hips. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017 Sep; 103(5):663-668. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.05.014
- 62 **Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR:** A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987; 40(5):373-83. DOI: 10.1016/0021-9681(87)90171-8
- 63 **Meek RMD, Allan DB, McPhillips G, Howie CR:** Late dislocation after total hip arthroplasty. *Clin Med Res*. 2008 May; 6(1):17-23. DOI: 10.3121/cmr.2008.770

- 64 **Suh KT, Kim DW, Lee HS, Seong YJ, Lee JS:** Is the dislocation rate higher after bipolar hemiarthroplasty in patients with neuromuscular diseases? *Clin Orthop Relat Res.* 2012 Apr; 470(4):1158-64. DOI: 10.1007/s11999-011-2139-9
- 65 **Werner BC, Brown TE:** Instability after total hip arthroplasty. *World J Orthop.* 2012 Aug; 18;3(8):122-30. DOI: 10.5312/wjo.v3.i8.122
- 66 **Gausden EB, Parhar HS, Popper JE, Sculco PK, Rush BNM:** Risk factors for early dislocation following primary elective total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018 May; 33(5):1567-1571.e2. DOI: 10.1016/j.arth.2017.12.034
- 67 **Paterno SA, Lachiewicz PF, Kelley SS:** The influence of patient-related factors and the position of the acetabular component on the rate of dislocation after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1997 Aug; 79(8):1202-10. DOI: 10.2106/00004623-199708000-00013
- 68 **Del Sole EM, Vigdorich JM, Schwarzkopf R, Errico TJ, Buckland AJ:** Total hip arthroplasty in the spinal deformity population: does degree of sagittal deformity affect rates of safe zone placement, instability, or revision? *J Arthroplasty.* 2017 Jun; 32(6):1910-1970. DOI: 10.1016/j.arth.2016.12.039
- 69 **Buckland AJ, Puvanesarajah V, Vigdorich J, Schwarzkopf R, Jain A, Klineberg EO:** Dislocation of a primary total hip arthroplasty is more common in patients with a lumbar spinal fusion. *Bone Joint J.* 2017 May; 99-B(5):585-591. DOI: 10.1302/0301-620X.99B5.BJJ-2016-0657.R1
- 70 **Esposito CI, Carroll KM, Sculco PK, Padgett DE, Jerabek SA, Mayman DJ:** Total hip arthroplasty patients with fixed spinopelvic alignment are at risk of hip dislocation. *J Arthroplasty.* 2018 May; 33(5):1449-1454. DOI: 10.1016/j.arth.2017.12.005
- 71 **Conroy JL, Whitehouse SL, Graves SE, Pratt NL, Ryan P, Crawford RW:** Risk factors for revision for early dislocation in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2008 Sep; 23(6):867-72. DOI: 10.1016/j.arth.2007.07.009
- 72 **Berry DJ:** Unstable total hip arthroplasty: detailed overview. *Instr Course Lect.* 2001;50:265-74. PMID: 11372323
- 73 **Wang L, Trousdale RT, Ai S, An KN, Dai K, Morrey BF:** Dislocation after total hip arthroplasty among patients with developmental dysplasia of the hip. *J Arthroplasty.* 2012 May;27(5):764-9. DOI: 10.1016/j.arth.2011.08.021
- 74 Swedish Hip Arthroplasty Register: Annual report 2014. (Accessed 01.06.2021 at <https://registercentrum.blob.core.windows.net/shpr/r/Annual-report-2014-BJv-q8pil.pdf>)
- 75 **Ekelund A, Rydell N, Nilsson OS:** Total hip arthroplasty in patients 80 years of age and older. *Clin Orthop Relat Res.* 1992 Aug; (281):101-6. PMID: 1499193
- 76 **Daly PJ, Morrey BF:** Operative correction of an unstable total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1992 Oct; 74(9):1334-43. PMID: 1429788
- 77 **Dudda M, Gueleryuez A, Gautier E, Busato A, Roeder C:** Risk factors for early dislocation after total hip arthroplasty: a matched case-control study. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2010 Aug; 18(2):179-83. DOI: 10.1177/230949901001800209
- 78 **Masonis JL, Bourne RB:** Surgical approach, abductor function, and total hip arthroplasty dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 2002 Dec; (405):46-53. DOI: 10.1097/00003086-200212000-00006
- 79 **Goldstein WM, Gleason TF, Kopplin M, Branson JJ:** Prevalence of dislocation after total hip arthroplasty through posterolateral approach with partial capsulotomy and capsulorrhaphy. *J Bone Joint Surg Am.* 2001; 83-A Suppl 2 (Pt 1):2-7. DOI: 10.2106/00004623-200100021-00002

- 80 **Hummel MT, Malkani AL, Yakkanti MR, Baker DL:** Decreased dislocation after revision total hip arthroplasty using larger femoral head size and posterior capsular repair. *J Arthroplasty*. 2009 Sep; 24(6 Suppl):73-6. DOI: 10.1016/j.arth.2009.04.026
- 81 **Glassman AH:** Exposure for revision: total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res*. 2004 Mar; (420):39-47. PMID: 15057077
- 82 **Nogler MM, Thaler MR:** The direct anterior approach for hip revision: accessing the entire femoral diaphysis without endangering the nerve supply. *J Arthroplasty*. 2017 Feb; 32(2):510-514. DOI: 10.1016/j.arth.2016.07.044
- 83 **Ravi B, Jenkinson R, Austin PC, Corxford R, Wasserstein D, Escott B, Paterson JM, Kreder H, Hawker GA:** Relation between surgeon volume and risk of complications after total hip arthroplasty: propensity score matched cohort study. *BMJ*. 2014; 348:g3284. DOI: 10.1136/bmj.g3284
- 84 **Kosashvili Y, Drexler M, Backstein D, Safir O, Lakstein D, Safir A, Chakraverty R, Dwyer T, Gross A:** Dislocation after the first and multiple revision total hip arthroplasty: comparison between acetabulum-only, femur-only and both component revision hip arthroplasty. *Can J Surg*. 2014 Apr; 57(2):E15-8. DOI: 10.1503/cjs.000913
- 85 **Adelani MA, Mall NA, Nyazee H, Clohisy JC, Barrack RL, Nunley RM:** Revision total hip arthroplasty with retained acetabular component. *J Bone Joint Surg Am*. 2014 Jun; 96(12):1015-1020. DOI: 10.2106/JBJS.L.01177
- 86 **Wegrzyn J, Tebaa E, Jecquel A, Carret JP, Bejui-Hugues J, Pibarot V:** Can dual mobility cups prevent dislocation in all situations after revision total hip arthroplasty? *J Arthroplasty*. 2015 Apr; 30(4):631-40. DOI: 10.1016/j.arth.2014.10.034
- 87 **Berry DJ, von Knoch M, Schleck CD, Harmsen WS:** Effect of femoral head diameter and operative approach on risk of dislocation after primary total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2005 Nov; 87(11):2456-63. DOI: 10.2106/JBJS.D.02860
- 88 **Zijlstra WP, De Hartog B, Van Steenberghe LN, Scheurs BW, Nelissen RGHH:** Effect of femoral head size and surgical approach on risk of revision for dislocation after total hip arthroplasty. *Acta Orthop*. 2017 Aug; 88(4):395-401. DOI: 10.1080/17453674.2017.1317515
- 89 **Peters CL, McPherson E, Jackson JD, Erickson JA:** Reduction in early dislocation rate with large-diameter femoral heads in primary total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007 Sep; 22(6 Suppl 2):140-4. DOI: 10.1016/j.arth.2007.04.019
- 90 **Stroh DA, Issa K, Johnson AJ, Delanois RE, Mont MA:** Reduced dislocation rates and excellent functional outcomes with large-diameter femoral heads. *J Arthroplasty*. 2013 Sep; 28(8):1415-20. DOI: 10.1016/j.arth.2012.11.017
- 91 **Howie DW, Holubowycz OT, Middleton R; Large Articulation Study Group:** Large femoral heads decrease the incidence of dislocation after total hip arthroplasty. A randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2012 Jun; 20;94(12):1095-102. DOI: 10.2106/JBJS.K.00570
- 92 **Hoskins W, Rainbird S, Holder C, Stoney J, Graves SE, Bingham R:** A comparison of revision rates and dislocation after primary total hip arthroplasty with 28, 32, and 36-mm femoral heads and different cup sizes: an analysis of 188,591 primary total hip arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am*. 2022 Aug; 17;104(16):1462-1474. DOI: 10.2106/JBJS.21.01101

- 93 **Prodinger PM, Schauwerker J, Mühlhofer H, Harrasser N, Pohlig F, Suren C, von Eisenhart-Rothe R:** Luxation nach Hüfttotalendoprothesenrevision: Analyse von Risikofaktoren und Lösungsstrategien. *Orthopäde*. 2017; 46, 133-141. DOI: 10.1007/s00132-016-3377-z
- 94 **Cooper HJ, Della Valle CJ:** Large diameter femoral head: is bigger always better? *Bone Joint J*. 2014 Nov; 96-B(11 Suppl A):23-6. DOI: 10.1302/0301-620X.96B11.34342
- 95 **Puppulin L, Leto A, Hasegawa M, Pezzotti G:** A comparative microstructural study of vitamin-E blended and infused highly crosslinked UHMWPE for total knee arthroplasty. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2014 Nov; 39:247-56. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2014.07.029
- 96 **Oral E, Muratoglu OK:** Vitamin E diffused, highly crosslinked UHMWPE: a review. *Int Orthop*. 2011 Feb; 35(2):215-23. DOI: 10.1007/s00264-010-1161-y
- 97 **Shin WC, Moon NH, Jeon SB; Suh KT:** Comparison of surgical outcomes between standard and elevated-rim highly cross-linked polyethylene acetabular liners in primary total hip arthroplasty with minimum 15-year follow-up: single-center, retrospective cohort study. *J Arthroplasty*. 2020 May; 35(5):1290-1296. DOI: 10.1016/j.arth.2019.12.026
- 98 **Van Sikes C, Lai LP, Schreiber M, Mont MA, Jinnah RH, Seyler TM:** Instability after total hip arthroplasty: treatment with large femoral heads vs constrained liners. *J Arthroplasty*. 2008 Oct; 23(7 Suppl):59-63. DOI: 10.1016/j.arth.2008.06.032
- 99 **Parvizi J, Picinic E, Sharkey PF:** Revision total hip arthroplasty for instability: survival techniques and principles. *J Bone Joint Surg Am*. 2008 May; 90(5):1134-42. PMID: 18451408
- 100 **Hailer NP, Weiss RJ, Stark A, Kärrholm J:** Dual-mobility cups for revision due to instability are associated with a low rate of re-revisions due to dislocation: 228 patients from the Swedish Hip Arthroplasty Register. *Acta Orthop*. 2012 Dec; 83(6):566-71. DOI: 10.3109/17453674.2012.742395
- 101 **Guyen O, Pibarot V, Vaz G, Chevillotte C, Bejui-Hugues J:** Use of a dual mobility socket to manage total hip arthroplasty instability. *Clin Orthop Relat Res*. 2009 Feb; 467(2):465-472. DOI: 10.1007/s11999-008-0476-0
- 102 **Mohaddes M, Cnudde P, Rolfson O, Wall A, Kärrholm J:** Use of dual-mobility cup in revision hip arthroplasty reduces the risk for further dislocation: analysis of seven hundred and ninety one first-time revisions performed due to dislocation, reported to the Swedish Hip Arthroplasty Register. *Int Orthop*. 2017 Mar; 41(3):583-588. DOI: 10.1007/s00264-016-3381-2
- 103 **Chughtai M, Mistry JB, Diedrich AM, Jauregui JJ, Elmallah RK, Bonutti PM, Harwin SF, Malkani AL, Kolisek FR, Mont MA:** Low frequency of early complications with dual-mobility acetabular cups in cementless primary THA. *Clin Orthop Relat Res*. 2016; 474:2181-2187. DOI: 10.1007/s11999-016-4811-6
- 104 **Van Heumen M, Heesterbeek PJC, Swierstra BA, van Hellemond GG, Goosen JHM:** Dual mobility acetabular component in revision total hip arthroplasty for persistent dislocation: no dislocations in 50 hips after 1-5 years. *J Orthop Traumatol*. 2015 Mar; 16(1):15-20. DOI: 10.1007/s10195-014-0318-7
- 105 **Simian E, Chatellard R, Druon J, Berhouet J, Rosset P:** Dual mobility cup in revision total hip arthroplasty: dislocation rate and survival after 5 years. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015 Sep; 101(5):577-81. DOI: 10.1016/j.otsr.2015.05.002
- 106 **Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR:** Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am*. 1978 Mar; 60(2):217-20. PMID: 641088

- 107 **Biedermann R, Tonin A, Krismer M, Rachbauer F, Eibl G, Stöckl B:** Reducing the risk of dislocation after total hip arthroplasty: the effect of orientation of the acetabular component. *J Bone Joint Surg Br.* 2005 Jun; 87(6):762-9. DOI: 10.1302/0301-620X.87B6.14745
- 108 **Callanan MC, Jarrett B, Bragdon CR, Zurakowski D, Rubash HE, Freiberg AA, Malchau H:** The John Charnley Award: Risk factors and cup malpositioning: Quality improvement through a joint registry at a tertiary hospital. *Clin Orthop Relat Res.* 2011 Feb; 469(2):319-329. DOI: 10.1007/s11999-010-1487-1
- 109 **Abdel MP, von Roth P, Jennings MT, Hanssen AD, Pagnano MW:** What Safe Zone? The vast majority of dislocated THAs are within the Lewinnek Safe Zone for acetabular component revision. *Clin Orthop Relat Res.* 2016 Feb; 474(2):386-91. DOI: 10.1007/s11999-015-4432-5
- 110 **Dorr LD, Malik A, Dastane M, Wan Z:** Combined anteversion technique for total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2009 Jan; 467(1):119-127. DOI: 10.1007/s11999-008-0598-4
- 111 **Wines AP, McNicol D:** Computed tomography measurement of the accuracy of component version in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2006 Aug; 21(5); 696-701. DOI: 10.1016/j.arth.2005.11.008
- 112 **Sariali E, Klouche S, Mamoudy P:** Investigation into the three dimensional hip anatomy in anterior dislocation after THA. Influence of the position of the hip rotation centre. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012 Jul; 27(6):562-7. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.12.014
- 113 **Komiyama K, Fukushi J, Motomura G, Hamai S, Ikemura S, Fujii M, Nakashima Y:** Does high hip centre affect dislocation after total hip arthroplasty for developmental dysplasia of the hip? *Int Orthop.* 2019 Sep; 43(9):2057-2063. DOI: 10.1007/s00264-018-4154-x
- 114 **Trampuz A, Zimmerli W:** Prosthetic joint infections: update in diagnosis and treatment. *Swiss Med Wkly.* 2005 Apr; 30;135(17-18):243,51. DOI: 10.4414/smw.2005.10934
- 115 **Murray TG, Wetters NG, Moric M, Sporer SM, Paprosky WG, Della Valle CJ:** The use of abduction bracing for the prevention of early postoperative dislocation after revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2012 Sep; 27(8 Suppl):126-9. DOI: 10.1016/j.arth.2012.03.030
- 116 **Vosburgh CL, Vosburgh JB:** Closed reduction for total hip arthroplasty dislocation. The Tulsa technique. *J Arthroplasty.* 1995 Oct; 10(5):693-4. DOI: 10.1016/s0883-5403(05)80218-9
- 117 **Perticarini L, Rossi SMP, Benazzo F:** Unstable total hip replacement: why? Clinical and radiological aspects. *Hip Int.* 2020 Dec; 30(2\_suppl):37-41. DOI: 10.1177/1120700020971725
- 118 **Schuh A, Mittelmeier W, Zeiler G, Behrend D, Kircher J, Bader R:** Severe damage of the femoral head after dislocation and difficult reduction maneuvers after total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2006 Mar; 126(2):134-7. DOI: 10.1007/s00402-005-0093-2
- 119 **Vigdorichik JM, Sharma AK, Elbuluk AM, Carroll KM, Mayman DJ, Lieberman JR:** High offset stems are protective of dislocation in high-risk total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2021 Jan; 36(1):210-216. DOI: 10.1016/j.arth.2020.07.016
- 120 **Nessler JM, Nessler JP:** The patient with chronic total hip arthroplasty dislocations: a case series of five patients who underwent revision THA using polypropylene mesh for capsular reconstruction. *Arthroplast Today.* 2020 Aug 22;6(4):655-661. doi: 10.1016/j.artd.2020.07.031
- 121 **Watson P, Nixon JR, Mollan RA:** A prosthesis augmentation device for the prevention of recurrent hip dislocation. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1991 Jun; (267):79-84. PMID: 2044296
- 122 **Whiteside LA:** Surgical technique: Transfer of the anterior portion of the gluteus maximus muscle for abductor deficiency of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2012 Feb; 470(2):503-10. DOI: 10.1007/s11999-011-1975-y



- 123 **Bousquet G, Gazielly DF, Giradin P, Debiesse JL, Relave M, Israeli A:** The ceramic coated cementless total hip arthroplasty. Basic concepts and surgical technique. *J Orthop Surg Tech.* 1985; 1:15-28.
- 124 **Neri T, Boyer B, Batailler C, Klasan A, Lustig S, Philippot R, Farizon F:** Dual mobility cups for total hip arthroplasty: tips and tricks. *SICOT J.* 2020; 6:17. DOI: 10.1051/sicotj/2020018
- 125 **Boyer B, Philippot R, Geringer J, Farizon F:** Primary total hip arthroplasty with dual mobility socket to prevent dislocation: a 22-year follow-up of 240 hips. *Int Orthop.* 2012 Mar; 36(3):511-8. DOI: 10.1007/s00264-011-1289-4
- 126 **Neri T, Philippot, Farizon F, Boyer B:** Results of primary total hip replacement with first generation Bousquet dual mobility socket with more than twenty five years follow up. About a series of two hundred and twelve hips. *Int Orthop.* 2017 Mar; 41(3):557-561. DOI: 10.1007/s00264-016-3373-2
- 127 **Batailler C, Fary C, Verdier R, Aslanian T, Caton J, Lustig S:** The evolution of outcomes and indications for the dual-mobility cup: a systematic review. *Int Orthop.* 2017 Mar;41(3):645-659. DOI: 10.1007/s00264-016-3377-y
- 128 **Epinette JA, Lafuma A, Robert J, Doz M:** Cost-effectiveness model comparing dual-mobility to fixed-bearing designs for total hip replacement in France. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016 Apr; 102(2):143-8. DOI: 10.1016/j.otsr.2015.12.008
- 129 **Bloemheugel EM, van Steenberg LN, Swierstra BA:** Dual mobility cups in primary total hip arthroplasties: trend over time in use, patient characteristics, and mid-term revision in 3,038 cases in the Dutch Arthroplasty Register (2007-2016). *Acta Orthop.* 2019 Feb; 90(1):11-14. DOI: 10.1080/17453674.2018.1542210
- 130 **Boyer B, Neri T, Geringer J, Di Iorio A, Philippot R, Farizon F:** Long-term wear of dual mobility total hip replacement cups: explant study. *Int Orthop.* 2018 Jan; 42(1):41-47. DOI: 10.1007/s00264-017-3525-z
- 131 **Gaudin, G, Ferreira A, Gaillard R, Prudhon JL, Caton JH, Lustig S:** Equivalent wear performance of dual mobility bearing compared with standard bearing in total hip arthroplasty: in vitro study. *Int Orthop.* 2017 Mar; 41(3):521-527. DOI: 10.1007/s00264-016-3346-5
- 132 **Wegrzyn J, Saugy CA, Guyen O, Antoniadis A:** Cementation of a dual mobility cup into an existing well-fixed metal shell: a reliable option to manage wear-related recurrent dislocation in patients with high surgical risk. *J Arthroplasty.* 2020 Sep; 35(9):2561-2566. DOI: 10.1016/j.arth.2020.05.001
- 133 **Bellova P, Koch F, Stiehler M, Hartmann A, Fritzsche H, Günther KP, Goronzy J:** Cementation of a dual mobility cup in a well-fixed acetabular component – a reliable option in revision total hip arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021 Nov; 24:22(1):982. DOI: 10.1186/s12891-021-04835-z
- 134 **Hernigou P, Auregan JC, Potage D, Roubineau F, Lachaniette CHF, Dubory A:** Dual-mobility implants prevent hip dislocation following hip revision in obese patients. *Int Orthop.* 2017 Mar; 41(3):469-473. DOI: 10.1007/s00264-016-3316-y
- 135 **Faldini C, Stefanini N, Fenga D, Neonakis EM, Perna F, Mazzoti A, Pilla F, Triantafyllopoulos IK, Traina F:** How to prevent dislocation after revision total hip arthroplasty: a systematic review of the risk factors and a focus on treatment options. *J Orthop Traumatol.* 2018 Sep; 10;19(1):17.DOI:10.1186/s10195-018-0510-2
- 136 **Harris WH:** Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result. *J Bone Joint Surg Am.* 1969 Jun; 51(4):737-55. PMID: 5783851

- 137 **Harold RE, Butler BA, Delagrammaticas D, Sullivan R, Stover M, Manning DW:** Patient-reported outcomes measurement information system correlates with modified Harris Hip Score in total hip arthroplasty. *Orthopedics*. 2021 Jan;1;44(1):e19-e25. DOI:10.3928/01477447-20201202-02
- 138 World Health Organization (WHO): Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. *Technical Report Series*. 1999; Geneva. (Accessed 01.06.2021 at <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>)
- 139 **Park YS, Shin WC, Lee SM, Kwak SH, Bae JY, Suh KT:** The best method for evaluating anteversion of the acetabular component after total hip arthroplasty on plain radiographs. *J Orthop Surg Res*. 2018 Apr; 13:66. DOI: 10.1186/s13018-0180767-4
- 140 **Fessy MH, N'Diaye A, Carret JP, Fischer LP:** Locating the center of rotation of the hip. *Surg Radiol Anat*. 1999; 21(4):247-50. DOI: 10.1007/BF01631394
- 141 **Sheth NP, Nelson CL, Springer BD, Fehring TK, Paprosky WG:** Acetabular bone loss in revision total hip arthroplasty: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013 Mar. 21(3):128-39. DOI: 10.5435/JAAOS-21-03-128
- 142 **Sheth NP, Nelson CL, Paprosky WG:** Femoral bone loss in revision total hip arthroplasty: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013 Oct;21(10):601-12. DOI: 10.5435/JAAOS-21-10-601
- 143 **Bland JM, Altman DG:** Survival probabilities (the Kaplan-Meier method). *BMJ*. 1998 Dec 5;317(7172):1572. Epub 1998/12/04. DOI: 10.1136/bmj.317.7172.1572
- 144 **Biviji AA, Ezzet KA, Pulido P, Colwell Jr CW:** Modular femoral head and liner exchange for the unstable total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2009 Jun; 24(4):625-30. DOI: 10.1016/j.arth.2008.03.015
- 145 **Carter AH, Sheehan EC, Mortazavi SMJ, Purtill JJ, Sharkey PF, Parvizi J:** Revision for recurrent instability: what are the predictors of failure. *J Arthroplasty*. 2011 Sep; 26(6 Suppl):46-52. DOI: 10.1016/j.arth.2011.03.021
- 146 **Jo S, Jimenez Almonte JH, Sierra RJ:** The cumulative risk of re-dislocation after revision THA performed for instability increases close to 35% at 15 years. *J Arthroplasty*. 2015 Jul; 30(7):1177-82. DOI: 10.1016/j.arth.2015.02.001
- 147 **Yoshimoto K, Nakashima Y, Aota S, Kaneuji A, Fukui K, Hirakawa K, Nakura N, Kinoshita K, Naito M, Iwamoto Y:** Re-dislocation after revision total hip arthroplasty for recurrent dislocation: a multicentre study. *Int Orthop*. 2017 Feb; 41(2): 253-258. DOI: 10.1007/s00264-016-3127-1
- 148 **Herman A, Masri BA, Duncan CP, Greidanus NV, Garbuz DS:** Multivariate analysis of risk factors for re-dislocation after revision for dislocation after total hip arthroplasty. *Hip Int*. 2020 Jan; 30(1):93-100. DOI: 10.1177/1120700019831628
- 149 **Mehta N, Selvaratnam V, Alsousou J, Donnachie N, Carroll FA:** Outcome of revision surgery in recurrent dislocation of primary total hip arthroplasty. *Hip Int*. 2021 Sep; 31(5):644-648. DOI: 10.1177/1120700020911146
- 150 **Klemt C, Chen W, Bounajem G, Tirumala V, Xiong L, Kwon YM:** Outcome and risk factors of failures associated with revision total hip arthroplasty for recurrent dislocation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022 Aug; 142(8):1801-1807. DOI: 10.1007/s00402-021-03814-2
- 151 National Joint Registry: Annual Report 2019 (Accessed 01.12.2022 at <https://www.hqip.org.uk/wp-content/uploads/2022/11/NJR-19th-Annual-Report-2022.pdf>)
- 152 The Swedish Arthroplasty Register. Annual Report 2022 (Accessed 01.12.2022 [https://registercentrum.blob.core.windows.net/sar/r/SAR-Annual-Report-2022\\_EN-HkgQE89Nus.pdf](https://registercentrum.blob.core.windows.net/sar/r/SAR-Annual-Report-2022_EN-HkgQE89Nus.pdf))

- 153 **Lewis CL, Foley HD, Lee TS, Berry JW:** Hip-muscle activity in men and women during resisted side stepping with different band positions. *J Athl Train.* 2018 Nov;53(11):1071-1081. DOI: 10.4085/1062-6050-46-16
- 154 **Prins MR, van der Wurff P:** Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: a systematic review. *Aust J Physiother.* 2009;55(1):9-15. DOI: 10.1016/s0004-9514(09)70055-8
- 155 **Van Cant J, Pineux C, Pitance L, Feipel V:** Hip muscle strength and endurance in females with patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis. *Int J Sports Phys Ther.* 2014 Oct;9(5):564-82. PMID: 25328820 PMCID: PMC4196322
- 156 **Kenanidis E, Kyriakopoulos G, Kaila R, Christofilopoulos P:** Lesions of the abductors in the hip. *EFFORT Open Rev.* 2020 Sep 10;5(8):464-476. DOI: 10.1302/2058-5241.5.190094
- 157 **Gala L, Clohisy JC, Beaulé PE:** Hip dysplasia in the young adult. *J Bone Joint Surg Am.* 2016 Jan 6;98(1):63-73. DOI: 10.2106/JBJS.O.00109
- 158 **Girard J, Glorion C, Bonomet F, Fron D, Migaud H:** Risk factors for revision of hip arthroplasties in patients younger than 30 years. *Clin Orthop Relat Res.* 2011 Apr;469(4):1141-7. DOI: 10.1007/s11999-010-1669-x
- 159 **Jackson MP, Sexton SA, Yeung E, Walter WL, Walter WK, Zicat BA:** The effect of obesity on the mid-term survival and clinical outcome of cementless total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2009 Oct; 91(10):1296-300. DOI: 10.1302/0301-620X.91B10.22544
- 160 **Kath G:** Dissertation: Retrospektive Analyse des Therapieerfolgs bei Primärluxation der Hüft-Totalendoprothese anhand von patienten-, indikations- und operationsspezifischen Risikofaktoren. 2017 (Accessed 01.06.2021 at <https://d-nb.info/1127045318/34>)
- 161 **McAlister IP, Perry KI, Mara KC, Hanssen AD, Berry DJ, Abdel MP:** Two-stage revision of total hip arthroplasty for infection is associated with a high rate of dislocation. *J Bone Joint Surg Am.* 2019 Feb 20; 101(4):322-329. DOI: 10.2106/JBJS.18.00124
- 162 **Ullmark G:** The unstable total hip arthroplasty. *EFFORT Open Rev.* 2017 Mar 13;1(4):83-88. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000022
- 163 **Chivas DJ, Smith K, Tanzer M:** Role of capsular repair on dislocation in revision total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2006 Dec; 453:147-52. DOI: 10.1097/01.blo.0000238857.61862.34
- 164 **Harmer JA, Wyles CC, Larson DR, Taunton MJ, Pagnano MW, Abdel MP:** Changing surgical approach from primary to revision total hip arthroplasty is not associated with increased risk of dislocation or re-revisions. *J Arthroplasty.* 2022 Juli; 37(7S):S622-S627. DOI: 10.1016/j.arth.2022.03.007
- 165 **Müller M, Thotz S, Springer I, Dewey M, Perka C:** Randomized controlled trial of abductor muscle damage in relation to the surgical approach for primary total hip replacement: minimally invasive anterolateral versus modified direct lateral approach. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011 Feb;131(2):179-89. DOI: 10.1007/s00402-010-1117-0
- 166 **Whiteside LA, Roy ME:** Incidence and treatment of abductor deficiency during totalhip arthroplasty using the posterior approach: repair with direct suture technique and gluteus maximus flap transfer. *Bone Joint J.* 2019 Jun;101-B(6\_Supple\_B):116-122. DOI: 10.1302/0301-620X.101B6.BJJ-2018-1511.R1
- 167 **Chandrasekaran S, Darwish N, Vemula SP, Lodhia P, Suarez-Ahedo C, Domb BG:** Outcomes of gluteus maximus and tensor fascia lata transfer for primary deficiency of the abductors of the hip. *Hip Int.* 2017 Nov 21;27(6):567-572. DOI: 10.5301/hipint.5000504

- 168 **Whiteside LA, Nayfeh T, Katerberg BJ:** Gluteus maximus flap transfer for greater trochanter reconstruction in revision THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2006 Dec;453:203-10. DOI: 10.1097/01.blo.0000246538.75123.db
- 169 **Weintraub MT, DeBenedetti A, Nam D, Darrith B, Baker CM, Waren D, Schwarzkopf R, Courtney PM, Della Valle CJ:** Dual-mobility versus large femoral heads in revision total hip arthroplasty: interim analysis of a randomized controlled trial. *J Arthroplasty.* 2023 Jul;38(7S):S206-S210. DOI: 10.1016/j.arth.2023.03.089
- 170 **Sonn KA, Deckard ER, Meneghini RM:** No difference in dislocation rates comparing large diameter jumbo femoral heads and dual-mobility bearings in revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2021 Nov;36(11):3716-3721. DOI: 10.1016/j.arth.2021.07.008
- 171 **Sculco PK, Cottino U, Abdel MP, Sierra RJ:** Avoiding hip instability and limb length discrepancy after total hip arthroplasty. *Orthop Clin North Am.* 2016 Apr; 47(2):327-34. DOI: 10.1016/j.ocl.2015.09.006
- 172 **Parvizi J, Sharkey PF, Bissett GA, Rothman RH, Hozack WJ:** Surgical treatment of limb-length discrepancy following total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003 Dec; 85(12):2310-7. DOI: 10.2106/00004623-200312000-00007
- 173 **Hevesi M, Wyles CC, Rouzrokh P, Erickson BJ, Maradit-Kremers H, Lewallen DG, Taunton MJ, Trousdale RT, Berry DJ:** Redefining the 3D topography of the acetabular safe zone: a multivariable study evaluating prosthetic hip stability. *J Bone Joint Surg Am.* 2022 Feb 2;104(3):239-245. DOI: 10.2106/JBJS.21.00406
- 174 **Zagra L, Benazzo F, Dallari D, Falez F, Solarino G, D'Apolito R, Castelli CC:** Current concepts in hip-spine relationships: making them practical for total hip arthroplasty. *EFFORT Open Rev.* 2022 Jan; 11;7(1):59-69. DOI: 10.1530/EOR-21-0082
- 175 **Debbi EM, Quevedo Gonzalez FJ, Jerabek SA, Wright TM, Vigdorichik JM:** Three-dimensional functional impingement in total hip arthroplasty: a biomechanical analysis. *J Arthroplasty.* 2022 Jul;37(7S):S678-S684. DOI: 10.1016/j.arth.2022.02.112
- 176 **Schofer MD, Pressel T, Heyse TJ, Schmitt J, Boudriot U:** Radiological determination of the anatomic hip centre from pelvic landmarks. *Acta Orthop Belg.* 2010 Aug; 76(4):479-85. PMID: 20973354
- 177 **Ranawat CS, Dorr LD, Inglis AE:** Total hip arthroplasty in protrusion acetabuli of rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1980 Oct; 62(7):1059-65. PMID: 7430191
- 178 **John JF, Fisher PE:** Radiographic determination of the anatomic hip joint center. A cadaver study. *Acta Arthrop Scand.* 1994 Oct; 65(5):509-10. DOI: 10.3109/17453679409000901
- 179 **Sariali E, Klouche S, Mamoudy P:** Investigation into the three dimensional hip anatomy in anterior dislocation after THA. Influence of the position of the hip rotation centre. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012 Jul; 27(6):562-7. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.12.014
- 180 **Asayama I, Chamnongkich S, Simpson KJ, Kinsey TL, Mahoney OM:** Reconstructed hip joint position and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2005 Jun; 20(4):414-20. DOI: 10.1016/j.arth.2004.01.016
- 181 **Leiber-Wackenheim F, Brunschweiler B, Ehlinger M, Gabrion A, Mertl P:** Treatment of recurrent THR dislocation using of a cementless dual-mobility cup: a 59 cases series with a mean of 8 years' follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011 Feb; 97(1):8-13. DOI: 10.1016/j.otsr.2010.08.003

- 182 **Mertl P, Combes A, Leiber-Wackenheim F, Fessy MH, Girard J, Migaud H:** Recurrence of dislocation following total hip arthroplasty revision using dual mobility cups was rare in 180 hips followed over 7 years. *HSS J.* 2012 Oct; 8(3):251-6. DOI: 10.1007/s11420-012-9301-0
- 183 **Jakobsen T, Kappel A, Hansen F, Krarup N:** The dislocating hip replacement – revision with a dual mobility cup in 56 consecutive patients. *Open Orthop J.* 2014 Sep; 11;8:268-71. DOI: 10.2174/1874325001408010268
- 184 **Prudhon JL, Steffann F, Ferreira A, Verdier R, Aslanian T, Caton J:** Cementless dual-mobility cup in total hip arthroplasty revision. *Int Orthop.* 2014 Dec;38(12):2463-8. DOI:10.1007/s00264-014-2448-1
- 185 **Hamadouche M, Ropars M, Rodaix C, Musset T, Gaucher F, Biau D, Courpied JP, Hutten D:** Five to thirteen year results of a cemented dual mobility socket to treat recurrent dislocation. *Int Orthop.* 2017 Mar; 41(3):513-519. DOI: 10.1007/s00264-016-3343-8
- 186 **Snir N, Park BK, Garofolo G, Marwin SE:** Revision of failed hip resurfacing and large metal-on-metal total hip arthroplasty using dual-mobility components. *Orthopedics.* 2015; 38:369-74. DOI: 10.3928/01477447-20150603-04
- 187 **Plummer DR, Christy JM, Sporer SM, Paprosky WG, Della Valle CJ:** Dual-mobility articulations for patients at high risk for dislocation. *J Arthroplasty.* 2016; 31:131.5. DOI: 10.1016/j.arth.2016.03.021
- 188 **Harwin SF, Sultan AA, Khlopas A, Chughtai M, Sodhi N, Piuze NS, Mont MA:** Mid-term outcomes of dual mobility acetabular cups for revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018 May; 33(5):1494-1500. DOI: 10.1016/j.arth.2017.12.008
- 189 **Levin JM, Sultan AA, O'Donnell JA, Sodhi N, Khlopas A, Piuze NS, Mont MA:** Modern dual-mobility cups in revision total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Arthroplasty.* 2018 Dec; 33(12):3793-3800. DOI: 10.1016/j.arth.2018.08.013
- 190 **Dangin A, Boulat S, Farizon F, Philippot R:** Prevention of dislocation risk during hip revision surgery with the dual mobility concept; study of a new generation of dual mobility cups. *Surg Technol Int.* 2016 Oct; 26;29:314-319. PMID: 27728956
- 191 **Jauregui JJ, Pierce TP, Elmallah RK, Cherian JJ, Delanois RE, Mont MA:** Dual mobility cups: an effective prosthesis in revision total hip arthroplasties for preventing dislocations. *Hip Int.* 2016 Jan-Feb; 26(1):57-61. DOI: 10.5301/hipint.5000295
- 192 **Klement MT, Hubbard EW, Wellmann SS, Lachiewicz PF:** Acute intraprosthetic dissociation of a dual-mobility hip in the United States. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2017 May/June; 46(3):E154-E159. PMID: 28666047
- 193 **Waddell BS, De Martino I, Sculco T, Sculco P:** Total hip arthroplasty dislocations are more complex than they appear: a case report of intraprosthetic dislocation of an anatomic dual-mobility implant after closed reduction. *Ochsner J.* 2016 Summer; 16(2):185-90. PMID: 27303232 PMID: PMC4896666
- 194 **Cvetanovich GL, Fillingham YA, Della Valle CJ, Sporer SM:** Intraprosthetic dislocation of dual-mobility bearings associated with closed reduction: a report of two cases. *JBJS Case Connect.* 2015 Jan-Mar; 5(1):e26. DOI: 10.2106/JBJS.CC.N.00137
- 195 **Farizon F, de Lavison R, Azoulay JJ, Bousquet G:** Results with a cementless alumina-coated cup with dual mobility. A twelve-year follow-up study. *Int Orthop.* 1998; 22(4):219-24. DOI: 10.1007/s002640050246

- 196 **Lecuire F, Benareau I, Rubini J, Basso M:** Intra-prosthetic dislocation of the Bousquet dual mobility socket. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2004 May; 90(3):249-55. DOI: 10.1016/s0035-1040(04)70101-4
- 197 **Philippot R, Boyer B, Farizon F:** Intraprosthetic dislocation: a specific complication of the dual-mobility system. *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Mar;471(3):965-70. DOI:10.1007/s11999-012-2639-2
- 198 **Langlois J, El Hage S, Hamadouche M:** Intraprosthetic dislocation. A potentially serious complication of dual mobility acetabular cups. *Skeletal Radiol.* 2014;43:1013-1016. DOI:10.1007/s00256-014-1824-7
- 199 **Hernandez NM, Hinton ZW, Wu CJ, Lachiewicz PF, Ryan SP, Wellman SS:** Is there a problem with modular dual mobility acetabular components in revision total hip arthroplasty at mid-term follow-up? *Bone Joint J.* 2021 Jul; 103-B(7 Supple B):66-72. DOI: 10.1302/0301-620X.103B7.BJJ-2020-2015.R1
- 200 **Matsen Ko LJ, Pollag KE, Yoo JY, Sharkey PF:** Serum metal ion levels following total hip arthroplasty with modular dual mobility components. *J Arthroplasty.* 2016 Jan; 31(1):186-9. DOI: 10.1016/j.arth.2015.07.035
- 201 **Mendenhall S:** 2020 Hip and knee implant review. *Orthopedic Network News.* Vol. 31 2020 Jul (Accessed 01.06.2021 at [https://meeting.aahks.org/wp-content/uploads/ONN\\_2020\\_Hip\\_Knee.pdf](https://meeting.aahks.org/wp-content/uploads/ONN_2020_Hip_Knee.pdf))
- 202 **Elbuluk AM, Slover J, Anoushiravani AA, Schwarzkopf R, Eftekhary N, Vigdorichik JM:** The cost-effectiveness of dual mobility in a spinal deformity population with high risk of dislocation: a computer-based model. *Bone Joint J.* 2018 Oct; 100-B(10):1297-1302. DOI: 10.1302/0301-620X.100B10.BJJ-2017-1113.R3
- 203 **Faulkner A, Kennedy LG, Baxter K, Donovan J, Wilkinson M, Bevan G:** Effectiveness of hip prostheses in primary total hip replacement: a critical review of evidence and an economic model. *Health Technol Assess.* 1998; 2(6):1-133. PMID: 9728294
- 204 **Fitzpatrick R, Shortall E, Sculpher M, Murray D, Morris R, Lodge M, Dawson J, Carr A, Britton A, Briggs A:** Primary total hip replacement surgery: a systematic review of outcomes and modelling of cost-effectiveness associated with different prostheses. *Health Technol Assess.* 1998; 2(20):1-64. PMID: 10103353
- 205 **Gillespie WJ, Pekarsky B, O'Connell DL:** Evaluation of new technologies for total hip replacement. Economic modelling and clinical trials. *J Bone Joint Surg Br.* 1995 Jul; 77(4):528-33. PMID: 7615594
- 206 **Barlow BT, McLawhorn AS, Westrich GH:** The cost-effectiveness of dual mobility implants for primary total hip arthroplasty: a computer-based cost-utility model. *J Bone Joint Surg Am.* 2017 May; 3;99(9):768-777. DOI: 10.2106/JBJS.16.00109
- 207 **Epinette JA, Lafuma A, Robert J, Doz M:** Cost-effectiveness model comparing dual-mobility to fixed-bearing designs for total hip replacement in France. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016 Apr; 102(2):143-8. DOI: 10.1016/j.otsr.2015.12.008
- 208 **Rudy HL, Padilla JA, Gabor JA, Iorio R, Schwarzkopf R, Vigdorichik J:** Cost-effectiveness of dual mobility and a value-based algorithm of utilization. *Orthop Clin North Am.* 2019 Apr; 50(2):151-158. DOI: 10.1016/j.ocl.2018.11.002
- 209 **Ogundimu EO, Altman DG, Collins GS:** Adequate sample size for developing prediction models is not simply related to events per variable. *J Clin Epidemiol.* 2016 Aug; 76:175-82. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2016.02.031

- 210 **Goutailler D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC:** Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* 1994 Jul; (304):78-83. PMID: 8020238
- 211 **Hoffmann A, Pfirrmann CWA:** The hip abductors at MR imaging. *Eur J Radiol.* 2012 Dec; 81(12):3755-62. DOI: 10.1016/j.ejrad.2010.03.002
- 212 **Elbuluk AM, Coxe FR, Schimizzi GV, Ranawat AS, Bostrom MP, Sierra RJ, Sculco PK:** Abductor deficiency-induced recurrent instability after total hip arthroplasty. *JBJS Rev.* 2020 Jan;8(1):e0164. DOI: 10.2106/JBJS.RVW.18.00164

## 7. Anhang

### Fragebogen zur Erfassung des Therapieerfolgs nach Revision einer instabilen Hüfttotalendoprothese



Name: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

1. Was war die Indikation (Ursache) der Implantation Ihrer primären (ersten) Hüfttotalendoprothese auf der Seite, die wir erneut operieren mussten? (bitte ankreuzen)

Koxarthrose

Hüftdysplasie

Hüftkopfnekrose

Schenkelhalsbruch

Sonstiges \_\_\_\_\_

2. Mussten Sie nach dem Revisionseingriff an unserer Klinik erneut an der Hüfte operiert werden? (wenn ja: wann, welches Krankenhaus, aus welchem Grund, Art der Operation)

Nein

Ja

Datum: \_\_\_\_\_

Krankenhaus: \_\_\_\_\_

OP - Grund: \_\_\_\_\_

Art des Eingriffs (Pfannenwechsel, etc.): \_\_\_\_\_

3. Wie oft wurden Sie bis heute an der Hüfte operiert? \_\_\_\_



## Modifizierter Harris - Hip - Score

Der folgende Fragebogen dient der Erfassung von Beschwerden und Problemen bei alltäglichen Aktivitäten, die durch Ihr Hüftgelenk verursacht werden.

Bitte beantworten Sie alle Fragen gemäß Ihrem aktuellen Zustand. Sollten Sie momentan keine Beschwerden haben, dann bewerten Sie die Fragen entsprechend Ihrem Zustand in der vergangenen Woche.

(Bitte kreuzen Sie nur eine Antwortmöglichkeit pro Frage an.)

### 1. Schmerzen

- Keine Schmerzen
- Leichte Schmerzen
- Geringe Schmerzen
- Mäßige Schmerzen
- Deutliche Schmerzen
- Starke Schmerzen

### 2. Hinken

- Kein Hinken
- Leichtes Hinken
- Mäßiges Hinken
- Starkes Hinken

### 3. Gehhilfen

- Keine Gehhilfe
- Einzelner Stock für längere Strecken
- Einzelner Stock für die meiste Zeit
- Eine Unterarmgehstütze
- Zwei Stöcke
- Zwei Unterarmgehstützen oder Gehunfähigkeit

### 4. Gehstrecke

- Unbegrenzt
- 2 Kilometer
- 200 bis 500 Meter
- Innerhalb der Wohnung
- Bett oder Sessel

### 5. Treppensteigen

- Eine Stufe nach der anderen ohne Nachziehen des Beines und ohne den Gebrauch des Geländers
- Stufe für Stufe ohne Nachziehen des Beines, aber mit Gebrauch des Geländers
- Treppensteigen ist noch mit Hilfsmitteln möglich
- Treppensteigen ist nicht mehr möglich

### 6. Strümpfe und Schuhe anziehen

- Strümpfe anzuziehen und Schuhe zu binden ist problemlos möglich
- Strümpfe anzuziehen und Schuhe zu binden ist unter Schwierigkeiten möglich
- Strümpfe anzuziehen und Schuhe zu binden ist nicht möglich

### 7. Sitzen

- Ich kann bequem auf jedem Stuhl für eine Stunde sitzen
- Ich kann bequem auf einem erhöhten Stuhl für eine halbe Stunde sitzen
- Ich bin nicht in der Lage auf irgend einem Stuhl bequem zu sitzen

### 8. Öffentliche Verkehrsmittel

- Ich bin in der Lage öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen
- Ich bin nicht in der Lage öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen

## 8. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Johann Scholz, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: [Die Revision der luxierten Hüfttotalendoprothese: Outcome - Analyse und der Stellenwert der Dual - Mobility - Pfanne] [Revision total hip arthroplasty for recurrent dislocation: Outcome analysis and the significance of dual - mobility - cups] selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Grafiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe. Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Erstbetreuer, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité - Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

---

Datum

---

Unterschrift

## **9. Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.





## **10. Danksagung**

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Carsten Perka sowie Herrn Dr. med. Christian Hipfl und Herrn Dr. med. Sebastian Hardt aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie danke ich primär für die Überlassung des Themas meiner Dissertation und die Möglichkeit zur Bearbeitung einer wissenschaftlichen Problematik. Außerdem bedanke ich mich herzlich für die umfangreiche Betreuung und enge Zusammenarbeit im Rahmen aller Teilschritte meiner Promotion sowie der daraus hervorgehenden Kongressbeiträge und Publikationen.

Den Herren Dr. med. Jan Schroeter, Dr. med. Frithjof Herrlinger und Dr. rer. nat. Tino Schulz aus dem Team der Universitätsgewebebank des Instituts für Transfusionsmedizin möchte ich für die flexible Überlassung von Räumlichkeiten und Computer-Arbeitsplätzen danken. Die allzeit hervorragende Zusammenarbeit ist besonders hervorzuheben, denn somit waren die vielen Stunden der Arbeit stets angenehm gestaltet.

Frau Marlen Damske danke ich für die geduldige Zusammenarbeit und Hilfe bei der postalischen Kontaktaufnahme mit den Patienten sowie der Beschaffung unzähliger Patientenakten aus dem Krankenhausarchiv. Mein Dank für die kompetente Hilfestellung bei der statistischen Aufarbeitung meiner Ergebnisse gilt Frau Dr. rer. medic. Alice Schneider aus dem Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie.

Bei meiner Partnerin Lisa Walz und meiner Familie möchte ich mich abschließend für die unermüdliche emotionale Unterstützung und den absoluten Rückhalt während dieses Projektes und aller weiteren bedanken.

Ich widme diese Doktorarbeit meinen Großeltern, Gudrun und Harald Scholz, die niemals an mir gezweifelt haben und bin sehr dankbar dafür, dass sie diesen Schritt in meinem Leben in gesunder körperlicher und geistiger Verfassung erleben dürfen.



## CharitéCentrum für Human- und Gesundheitswissenschaften

Charité | Campus Charité Mitte | 10117 Berlin

Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie (iBike)

Direktor: Prof. Dr. Frank Konietschke

Name, Vorname: Scholz, Johann  
Emailadresse: johann.scholz@charite.de  
Matrikelnummer: 224627  
PromotionsbetreuerIn: Prof. Dr. med. Carsten Perka  
Promotionsinstitution / Klinik: CC09 Centrum für  
Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC) CVK

Postanschrift:  
Charitéplatz 1 | 10117 Berlin  
Besucheranschrift:  
Reinhardtstr. 58 | 10117 Berlin

Tel. +49 (0)30 450 562171  
frank.konietschke@charite.de  
<https://biometrie.charite.de/>



### Bescheinigung

Hiermit bescheinige ich, dass Herr Johann Scholz innerhalb der Service Unit Biometrie des Instituts für Biometrie und klinische Epidemiologie (iBike) bei mir eine statistische Beratung zu einem Promotionsvorhaben wahrgenommen hat. Folgende Beratungstermine wurden wahrgenommen:

- Termin 1: 18.11.2021
- Termin 2: 06.12.2021
- Termin 3: 17.02.2022

Folgende wesentliche Ratschläge hinsichtlich einer sinnvollen Auswertung und Interpretation der Daten wurden während der Beratung erteilt:

- Lage- und Streuungsmaße je nach Skalenniveau und Verteilung der Variable
- Auswertung des Endpunktes mittels time-to-event –Analyse unter Angabe des Hazard Ratios mit 95% Konfidenzintervall
- Auf Grund der geringen Eventzahlen ist eine multiple Cox-Regression nur bedingt möglich

Diese Bescheinigung garantiert nicht die richtige Umsetzung der in der Beratung gemachten Vorschläge, die korrekte Durchführung der empfohlenen statistischen Verfahren und die richtige Darstellung und Interpretation der Ergebnisse. Die Verantwortung hierfür obliegt allein dem Promovierenden. Das Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie übernimmt hierfür keine Haftung.