



Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie
Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Peter Biberthaler

HABILITATIONSSCHRIFT
**„Gerontotraumatologie an Schulter und Hüfte:
Neue Aspekte in Management und operativer Versorgung“**

zur Erlangung der Lehrbefähigung für das Fach Orthopädie und Unfallchirurgie

vorgelegt dem Fachmentorat der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München

von

Dr. med. Michael Müller

Eingereicht: Februar 2024
Dekanin: Prof. Dr. med. Stephanie E. Combs
Fachmentorat: Univ.-Prof. Dr. med. Peter Biberthaler (Vorsitzender)
PD Dr. med. Carolin Knebel
Prof. Dr. med. Klaus Wagner

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Einleitung	4
Methodik, Ergebnisse, Diskussion	8
Versorgung hüftgelenksnaher Femurfrakturen.....	8
Auswirkungen des Body Mass Index (BMI) auf den perioperativen Verlauf und das frühe postoperative Outcome bei proximalen Femurfrakturen	8
Steigende Behandlungskosten bei adipösen Patienten mit hüftgelenksnahen Femurfrakturen.....	14
Etablierung regionalanästhesiologischer Verfahren zur perioperativen Analgesie bei Patienten mit proximalen Femurfrakturen	19
Versorgung proximaler Humerusfrakturen	25
Die Wahl des optimalen operativen Verfahrens bei komplexen Humeruskopffrakturen des älteren Menschen.....	25
Schlussfolgerung und klinische Relevanz der Ergebnisse	31
Ausgewählte Publikationen.....	33
Eigenes Publikationsverzeichnis	68
Lebenslauf	71
Danksagung	74
Abkürzungsverzeichnis.....	75
Literaturverzeichnis	76

Vorwort

Die vorliegende kumulative Habilitationsschrift bezieht sich auf vier Originalarbeiten des Habilitanden, die in etablierten unfallchirurgischen Fachjournals veröffentlicht wurden und in den Datenbanken „PubMed / MEDLINE“ gelistet sind. Die relevanten Publikationen zum Thema sind jeweils in den entsprechenden Kapiteln einleitend zitiert. Im Abschnitt „Eigenes Publikationsverzeichnis“ wurden die Arbeiten neben den weiteren Publikationen des Habilitanten aufgelistet und als Anhang dieser Arbeit beigefügt. Fremdarbeiten werden gemäß Citing Medicine (2007) der US National Library of Medicine zitiert.

Wissenschaftlicher Gegenstand der Habilitation sind klinischen Studien, welche in der Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar durchgeführt wurden und sich vorwiegend mit der Diagnostik, Behandlung, Epidemiologie und den sozioökonomischen Auswirkungen von Verletzungen des älteren Menschen beschäftigen.

Die zugrundeliegenden Arbeiten werden in dieser Habilitationsschrift nach folgender Gliederung präsentiert:

- Versorgung hüftgelenksnaher Femurfrakturen
 - Auswirkungen des Body Mass Index auf den perioperativen Verlauf und das frühe postoperative Outcome nach proximalen Femurfrakturen
 - Steigende Behandlungskosten bei adipösen Patienten mit hüftgelenknahen Femurfrakturen
 - Etablierung regionalanästhesiologischer Verfahren zur perioperativen Analgesie bei Patienten mit proximalen Femurfrakturen
- Versorgung proximaler Humerusfrakturen
 - Die Wahl des optimalen operativen Verfahrens bei komplexen Humeruskopffrakturen des älteren Menschen

Einleitung

Die moderne Unfallchirurgie hat in den letzten Jahren eine signifikante Veränderung im Patientenkollektiv erfahren, was auf verschiedene Faktoren zurückzuführen ist. Einer der Hauptgründe für diese Veränderungen ist die demografische Entwicklung, insbesondere die zunehmende Alterung der Bevölkerung. Waren in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2007 noch 16,5 Mio. Menschen in einem Alter über 65 Jahren, so wird die Anzahl bis zum Jahr 2030 auf über 22,1 Mio. steigen, was einem Zuwachs um 34 % entspricht. Bei über 80-jährigen wird eine Steigerung von 61% vorhergesagt. Für das Jahr 2050 wird ein Anteil der Senioren > 65 Jahre von über 33 % prognostiziert (1). Mit einer älter werdenden Gesellschaft steigt auch die Anzahl älterer Patienten, die aufgrund altersbedingter Stürze und Frakturen unfallchirurgische Behandlungen benötigen.

Die Zunahme von unfallchirurgisch relevanten Verletzungen bei alten Menschen ist jedoch nicht nur auf die rein quantitative Überrepräsentierung dieser Altersgruppe zurückzuführen. Ältere Menschen stellen auch eine besonders gefährdete Patientengruppe dar. Eingeschränktes Hör- und Sehvermögen, Gleichgewichts- und Koordinationsstörungen führen zu einem erhöhten Sturzrisiko (2). Gleichzeitig liegt eine erhöhte Prävalenz von Osteoporose vor, was aufgrund der herabgesetzten Knochenqualität das Skelett besonders anfällig macht für Frakturen. Zudem liegen häufig multiple Vorerkrankungen vor, sodass die Behandlung nicht nur unfallchirurgische Expertise erfordert, sondern auch eine gute interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Fachrichtungen nötig macht.

Laut einer Studie des Robert-Koch Instituts gehören muskuloskeletale Verletzungen neben den kardiovaskulären Erkrankungen, Krebs und Demenz zu den häufigsten Ursachen für einen Verlust an qualitätsorientierten Lebensjahren (3). Um die komplexe Behandlung von orthogeriatrischen Patienten zu verbessern, wurde im Jahr 2018 von der „Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)“ und der Deutschen Gesellschaft für Geriatrie (DGG)“ erstmals das "Weißbuch Alterstraumatologie und Orthogeriatric“ veröffentlicht (4). Es beinhaltet Empfehlungen zur operativen Versorgung und dem perioperativen geriatrischen Co-Management.

Die gesellschaftliche und gesundheitsökonomische Relevanz dieses Themas wurde auch von der Bundesregierung erkannt. Um qualitative Mindestanforderungen für den

Umgang mit geriatrischen Patienten mit hüftgelenksnahen Femurfrakturen zu sichern, wurde 2019 ein Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses verabschiedet (5).

Doch nicht nur die Begleiterkrankungen der geriatrischen Patienten stellen die Unfallchirurgie vor besondere Herausforderungen. Die Prävalenz von Osteoporose für Frauen > 65 Jahre liegt bei 24 % (6). Bei dieser systemischen Skeletterkrankung kommt es zu einer Minderung der Knochendichte sowie zu einer pathologischen Knochenarchitektur. Dies macht häufig auch eine Anpassung des chirurgischen Verfahrens notwendig. Die verminderte Festigkeit des Knochens bei geriatrischen Patienten erschwert die Verankerung von Implantaten (7). Moderne Verfahren zur Versorgung osteoporotischer Knochenbrüche zielen darauf ab, maßgeschneiderte Lösungen anzubieten, die die spezifischen Herausforderungen dieses Patientenkollektivs berücksichtigen und eine effektive Behandlung mit minimalen Komplikationen ermöglichen. Hierzu zählen Augmentationstechniken mit Knochenersatzmaterialien (8) und der voranschreitende Einsatz von endoprothetischen Versorgungungen (9, 10).

Rupp et al. untersuchten die Inzidenz aller Frakturen bei Erwachsenen in Deutschland im Zeitraum 2009-2019, Tabelle 1 zeigt die jeweils häufigsten Frakturen für die Altersgruppen jünger und älter 70 Jahre.

Tabelle 1: Altersspezifische Inzidenz von Frakturen in der deutschen Erwachsenenpopulation. aus Rupp et al. (11)

Alter < 70 Jahre	
Fraktur	Inzidenz pro 100.000 Einwohner
Distaler Radius	75,0
Malleolus lateralis	46,0
Prox. Humerus	42,9
Klavikula	34,3
Femur Schenkelhals	26,2

Alter ≥ 70 Jahre	
Fraktur	Inzidenz pro 100.000 Einwohner
Femur Schenkelhals	508,2
Femur pertrochantär	486,5
Prox. Humerus	288,4
Beckenring	255,2
Lendenwirbelsäule	254,7

Hier zeigen sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der anatomischen Regionen. Bei den geriatrischen Patienten fallen 41,9 % auf die Regionen des proximalen Femurs und des proximalen Humerus. Daher konzentrierte sich die vorliegende Habilitationsschrift und die zugrunde liegenden Studien auf die Untersuchung verschiedener Aspekte dieser Frakturen.

Im Bereich der proximalen Femurfrakturen ist die Kenntnis von relevanten Kofaktoren, welche sich auf den Therapieerfolg und das weitere Outcome auswirken, wichtig.

Um den Therapieerfolg zu sichern und das Patienten-Outcome zu verbessern ist es wichtig, relevante patientenbezogene Co-Faktoren zu kennen. Zusätzlich zum demografischen Wandel erlebt unsere Gesellschaft in den letzten Jahrzehnten auch einen Trend hin zu vermehrtem Auftreten von Adipositas, was weitere Veränderungen mit sich bringt. Für die proximalen Femurfrakturen wurde in der ersten Studie die Relevanz des Ernährungszustandes untersucht.

Proximale Femurfrakturen haben einen überproportional starken Anstieg erfahren. Im Jahr 2019 lag die Inzidenz bereits bei über 150.000 Frakturen (12). Dies hat enorme gesundheitsökonomische Auswirkungen, da sie zu hohen direkten und indirekten Kosten für das Gesundheitssystem führen. Die zweite Studie dieser Habilitation war ein Folgeprojekt aus der Ersten und untersuchte die Auswirkungen des Ernährungszustandes auf die Kostenentwicklung des Krankenhausaufenthaltes bei hüftgelenksnahen Femurfrakturen.

Um für den Patienten die belastenden frakturbedingten Schmerzen zu reduzieren, ist eine elaborierte perioperative Schmerztherapie wichtig. Hierfür stehen neben der klassischen oralen oder intravenösen Analgetikatherapie auch verschiedene regionalanästhesiologische Verfahren zur Verfügung (13). Die dritte Studie verfolgte das Ziel, die Akzeptanz und die Verbreitung solcher Verfahren im deutschsprachigen Raum mithilfe einer Umfrage unter ärztlichen Kollegen zu erfassen und sie mit der Verbreitung in Großbritannien zu vergleichen, wo diese Methoden (so die Hypothese) häufiger angewandt werden.

Die Fragestellung der vierten Studie bezog sich auf die zweithäufigste anatomische Region von Frakturen bei älteren Menschen, den proximalen Humerus. Nach rekonstruktiven Therapien von Humeruskopffrakturen, welche üblicherweise mittels Plattenosteosynthesen durchgeführt werden, kommt es nicht selten zu Komplikationen

wie sekundäre Implantatdislokationen und/oder Humeruskopfnekrosen (14). Eine alternative Operationsmethode ist die Implantation einer (inversen) Schulterprothese (15). Ziel der Studie war der Vergleich dieser beiden Therapieoptionen hinsichtlich des funktionellen Outcomes und des Auftretens von Komplikationen.

Methodik, Ergebnisse, Diskussion

Versorgung hüftgelenksnaher Femurfrakturen

Auswirkungen des Body Mass Index (BMI) auf den perioperativen Verlauf und das frühe postoperative Outcome bei proximalen Femurfrakturen

The Association between High Body Mass Index and Early Clinical Outcomes in Patients with Proximal Femur Fractures

Müller M, Gutwerk A, Greve F, Völker L, Zyskowski M, Kirchhoff C, Biberthaler P, Pförringer D, Braun K.

J Clin Med. 2020 | PMID 32630619

Hintergrund:

Proximale Femurfrakturen sind die häufigste Frakturform bei älteren Patienten und prägen die tägliche Arbeit der Unfallchirurgie. In Deutschland wird die Inzidenz auf über 150.000 Patienten pro Jahr geschätzt (12), wobei das Verhältnis von Schenkelhals- zu pertrochantären Frakturen 54% zu 46% beträgt (16). Epidemiologische Beobachtungen deuten auf eine weitere Zunahme dieser Frakturen in einer alternden Gesellschaft weltweit hin, was ihre Bedeutung unterstreicht. Eine weitere Entwicklung im Patientenkollektiv ist die weltweite Zunahme von Patienten mit Adipositas. Dieser Trend ist insbesondere in industrialisierten Ländern zu beobachten (17). Studien zeigen, dass niedriges Körpergewicht und geringe Knochendichte mit einem höheren Sturzrisiko verbunden sind (18), sodass ein Body-Mass-Index unter 20 kg/m² mit einem signifikant höheren relativen Risiko für proximale Femurfrakturen einhergeht (19). Weniger gut belegt sind die Auswirkungen des Ernährungszustandes auf den postoperativen Verlauf bei Patienten mit hüftgelenksnahen Femurfrakturen. Übergewichtige Patienten mit diesen Frakturen haben vermutlich schlechtere postoperative Ergebnisse, doch die wissenschaftlichen Daten sind uneinheitlich. Aufgrund der zunehmenden Prävalenz von Übergewicht und Fettleibigkeit,

insbesondere in westlichen Gesellschaften, werden künftig auch immer mehr adipöse Patienten mit proximalen Femurfrakturen behandelt werden müssen. Daher ist es wichtig, die spezifischen Risiken und Komplikationen bei der Behandlung übergewichtiger Patienten zu kennen, was das Ziel der vorliegenden Studie ist.

Methodik:

Für diese retrospektive Analyse wurden alle Patienten erfasst, welche im Zeitraum von Dezember 2003 bis Juni 2015 in der Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie am Klinikum rechts der Isar versorgt worden waren. Die Studie wurde durch die Ethikkommission geprüft und genehmigt (Studennummer 409/15s). Zur Identifikation wurde das klinikinterne Dokumentationssystem (SAP PKIS) durchsucht und alle Patienten mit entsprechenden ICD-10 Codes registriert. Aufgenommen wurden alle cervikalen Femurfrakturen, sowie per- und subtrochantäre Frakturen. Ausgeschlossen wurden Patienten mit Femurkopffrakturen, pathologischen Frakturen, Revisionsoperationen oder polytraumatisierte Patienten.

Aus dem computerbasierten Dokumentationssystem sowie den archivierten Patientenkurven wurden folgende patientenspezifische Parameter erhoben: Alter, Gewicht, Diagnose, Frakturklassifikation, Vorerkrankungen, Suchtverhalten, Operationsdauer und Revisionsoperationen. Als funktionelles Outcome wurden die dokumentierten Fortschritte der Mobilisierbarkeit durch die Kollegen der Physiotherapie und der Barthel Score verwendet. Zudem wurde die Dauer des stationären Aufenthaltes sowie die Krankenhausmortalität erhoben.

Die operative Versorgung entsprach dem standardisierten therapeutischen Algorithmus unserer Abteilung. Jüngere Patienten (i.d.R. < 65 Jahre) mit medialen Schenkelhalsfrakturen wurden einer hüftkopferhaltenden Therapie zugeführt, welche mittels dynamischer Hüftschraube (DHS; Fa. DepuySynthes, Oberdorf, Schweiz) durchgeführt wird. Patienten mit Alter > 65 Jahren oder deutlicher biologischer Voralterung wurden durch Implantation einer Hüftgelenksendoprothese (Fa. Zimmer; Warsaw; USA) versorgt. Patienten mit erhaltenem funktionellem Anspruch wurden mit Hüftgelenktotalendoprothesen versorgt. Multimorbide Patienten mit geringerem Anspruch wurden mittels Hemiprothese (Duokopf) therapiert.

Die Datenanalyse und statistische Auswertung erfolgte durch das Statistikprogramm SPSS (Version 22, IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, USA). Der Vergleich der Gruppen erfolgte mittels Kruskal-Wallis Test für kontinuierliche und Chi-Quadrat Test für dichotome Variablen. Ergänzend wurde eine multivariate Regressionsanalyse durchgeführt.

Ergebnisse:

Es wurden 1368 Patienten identifiziert von welchen nach Korrektur der Ein-/Ausschlusskriterien 950 zur Auswertung herangezogen werden konnten. Das Durchschnittsalter lag bei $74,8 \pm 13,5$ Jahren mit einem Anteil weiblicher Patienten von 67,1%.

Hinsichtlich der Frakturmorphologie lag bei 506 (53,3%) der Patienten eine Schenkelhalsfraktur und bei 444 (46,7%) eine perthrochantäre Fraktur vor. Häufigste Versorgungsart von Schenkelhalsfrakturen war die Hemiprothese (n=278; 54,9%), gefolgt von Hüft-TEP (n=147; 29,1%) und dynamischer Hüftschraube (n=46; 10,4%). Frakturen des Trochantermassivs wurden meist mittels intramedullärem Nagelsystem (n=398; 89,6%), seltener mit dynamischer Hüftschraube (n=46; 10,4%) versorgt.

Tabelle 2: Epidemiologie und Komorbiditäten der BMI-Gruppen. (aus (20))

	Under-Weight (n = 80)	Normal Weight (n = 570)	Over-Weight (n = 241)	Obese (n = 59)	p-Value
Age (years)	76.9 ± 15.1	74.8 ± 13.9	74.5 ± 12.1	72.8 ± 12.8	0.089
Gender female	66 (82.5%)	392 (68.8%)	140 (58.1%)	39 (66.1%)	<0.001 *
ASA score	2.27 ± 0.7	2.25 ± 0.7	2.31 ± 0.7	2.54 ± 0.7	0.012 *
Fracture type					0.034 *
Femoral neck fracture	40 (50%)	315 (55.3%)	130 (53.9%)	21 (35.6%)	
Trochanteric fracture	40 (50%)	255 (44.7%)	111 (46.1%)	38 (64.4%)	
N° of preexisting morbidities	2.47 ± 1.9	2.38 ± 1.8	2.58 ± 1.8	3.10 ± 1.6	0.004 *
Diabetes mellitus	7 (8.8%)	78 (13.7%)	57 (23.7%)	22 (37.3%)	<0.001 *
Arterial hypertension	32 (40.0%)	288 (50.5%)	145 (60.2%)	44 (74.6%)	<0.001 *
Coronary heart disease	20 (25.0%)	148 (26.0%)	76 (31.5%)	24 (40.7%)	0.053
Hypothyroidism	11 (13.7%)	75 (13.2%)	31 (12.9%)	13 (22.0%)	0.302
Osteoporosis	10 (12.5%)	49 (8.6%)	15 (6.2%)	5 (8.5%)	0.331
Dementia	15 (18.8%)	70 (12.3%)	24 (10.0%)	5 (8.5%)	0.186
Stroke	7 (8.8%)	58 (10.2%)	28 (11.6%)	6 (10.2%)	0.898
Substance addiction	13 (16.3%)	37 (6.5%)	13 (5.4%)	2 (3.4%)	0.004 *
Chronic kidney disease	6 (7.5%)	48 (8.4%)	28 (11.6%)	9 (15.3%)	0.201
Tumor disease	16 (20.0%)	78 (13.7%)	32 (13.3%)	9 (15.3%)	0.466
N° of medications	3.4 ± 3.5	3.5 ± 3.4	3.9 ± 3.5	4.4 ± 3.0	0.103

Underweight: BMI < 18.5 kg/m²; normal weight: BMI 18.5–24.9 kg/m²; overweight: BMI 25.0–29.9 kg/m²; obese: BMI ≥ 30.0 kg/m². Data presented as mean ± SD or n (%); * = statistically significant; ASA = American Society of Anesthesiologists.

Der durchschnittliche BMI lag bei $25,5 \pm 4,1 \text{ kg/m}^2$ mit einem Minimum von $12,8 \text{ kg/m}^2$ und einem Maximum von $48,4 \text{ kg/m}^2$. Es gab 80 (8,4%) untergewichtige, 570 (60%) normgewichtige, 241 (25,4%) übergewichtige und 59 (6,2%) adipöse Patienten. Zunächst erfolgte eine Analyse der epidemiologischen Parameter und der vorhandenen Komorbiditäten zwischen den verschiedenen BMI Gruppen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Es zeigt sich, dass die quantitative Anzahl an Vorerkrankungen bei adipösen Patienten signifikant höher ist. Insbesondere Erkrankungen des sogenannten metabolischen Syndroms wie Diabetes mellitus oder arterieller Hypertonie zeigen eine signifikant höhere Prävalenz unter fettleibigen Patienten. Untergewichtige Patienten dagegen betreiben signifikant häufiger Substanzmissbrauch (Nikotinabusus, Alkoholabusus).

Tabelle 3: Komplikationen und Outcome der BMI-Gruppen. (aus (20))

	Under-Weight (n = 80)	Normal Weight (n = 570)	Over-Weight (n = 241)	Obese (n = 59)	Bivariate p-Value ^a	Multivariate p-Value ^b
Revision	4 (5.0%)	47 (8.2%)	22 (9.1%)	7 (11.9%)	0.512	0.538
Erythrocyte transfusion	30 (37.5%)	195 (34.3%)	78 (32.4%)	19 (32.8%)	0.852	0.873
Wound site infection	1 (1.3%)	14 (2.5%)	9 (3.7%)	3 (5.1%)	0.422	0.511
Urinary tract infection	6 (7.5%)	51 (8.9%)	23 (9.5%)	6 (10.2%)	0.940	0.810
Pneumonia	4 (5.0%)	24 (4.2%)	12 (5.0%)	4 (6.8%)	0.817	0.751-
Deep vein thrombosis	1 (1.3%)	7 (1.2%)	4 (1.7%)	0 (0.0%)	0.953	0.980-
Operation time (min)	85.3 ± 42.9	90.2 ± 38.2	99.9 ± 39.9	117.2 ± 61.5	<0.001 *	<0.001 *
Mobility on crutches	34 (45.9%)	310 (58.6%)	138 (59.5%)	28 (53.8%)	0.098	0.481
Barthel Index score	41.7 ± 19.5	46.6 ± 22.3	48.9 ± 17.1	45.0 ± 12.2	0.062	0.052
Mortality	2 (2.5%)	17 (3.0%)	11 (4.6%)	1 (1.7%)	0.065	0.628
Length of stay (LOS)	12.3 ± 4.8	13.6 ± 7.8	14.2 ± 11.7	16.0 ± 9.7	0.040 *	0.040 *

Underweight: BMI < 18.5 kg/m²; normal weight: BMI 18.5–24.9 kg/m²; overweight: BMI 25.0–29.9 kg/m²; obese: BMI ≥ 30.0 kg/m². Data presented as mean ± SD or n (%); * = statistically significant; ^a bivariate analysis: Chi-square test for binary and Kruskal–Wallis test for continuous variables; ^b multivariate analysis adjusted for age, gender, ASA score, and fracture type; logistic regression for binary variables and linear regression for continuous variables.

In Tabelle 3 sind relevante Variablen für das postoperative Outcome zusammengefasst. Hinsichtlich der frühen postoperativen Komplikationen konnte kein Unterschied zwischen den BMI-Gruppen festgestellt werden. Es zeigten sich lediglich Trends zu höheren Revisionsraten und gehäuften Wundinfektionen bei adipösen Patienten. Sowohl bei der Operationsdauer als auch beim stationären Aufenthalt zeigten sich signifikant verlängerte Zeiten für adipöse Patienten. Betreffend der Mobilisierbarkeit der Patienten erreichten die Ergebnisse keine Signifikanz. Bei der Alltagsfunktionalität (Barthel Score) und der Mobilität an Unterarmgehstützen zeigte die Gruppe der übergewichtigen Patienten (BMI 25 – 29,9 kg/m²) die besten Ergebnisse. Sowohl bei Patienten mit höherem als auch mit niedrigeren BMI zeigten

sich schlechtere Ergebnisse. Abbildung 1 zeigt die graphische Illustration dieses Phänomens.

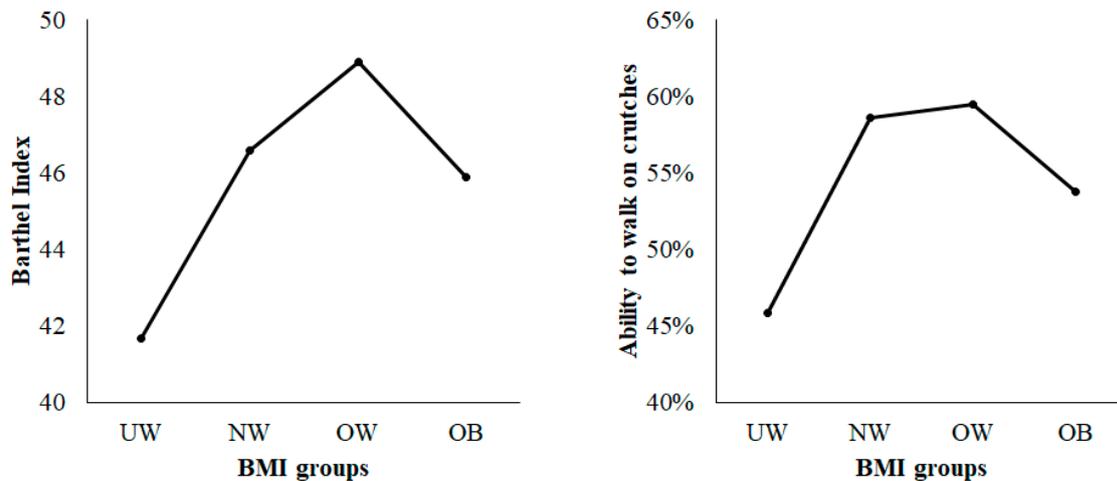


Abbildung 1: J-Kurven-förmige Verteilung des Barthel Index und der Mobilisierbarkeit an Unterarmgehstützen für die BMI Gruppen (aus (20))

Diskussion:

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass kein linearer Zusammenhang zwischen dem Ernährungszustand und dem postoperativen Outcome vorliegt. Die erfreulichsten postoperativen Verläufe finden sich bei übergewichtigen und normalgewichtigen Patienten. Ausreißer in beiden Richtungen führen zu schlechteren Ergebnissen. Dies ist ein Phänomen, welches nicht nur im Bereich der Frakturversorgung von proximalen Femurfrakturen beschrieben ist. Insbesondere bei verschiedenen internistischen Erkrankungen zeigt sich ein vermeintlich protektiver Effekt von leichtem Übergewicht. So veröffentlichten Hung et al. eine Metaanalyse zur Mortalität von an Covid-19 erkrankten Patienten und konnten ebenfalls eine J-förmige Kurve generieren, wobei übergewichtige Patienten die geringste Mortalität aufwiesen und Abweichungen in beide Richtungen mit einem Zuwachs der Sterblichkeit einhergingen (21). Bei den Operationszeiten und der Krankenhausaufenthaltsdauer zeigte sich jedoch keine J-förmigen Verteilung, sondern ein linearer Anstieg der Zeit mit dem BMI. Dies scheint für den individuellen Patienten nur eine geringe Relevanz zu haben, da schließlich keine erhöhte Rate an Komplikationen auftrat. Jedoch haben diese Parameter durchaus einen Einfluss auf gesundheitsökonomische Aspekte. Diese Überlegungen führten zur Konzipierung der zweiten Studie, die dieser Habilitation zugrunde liegt.

Im Bereich der Versorgung von hüftgelenksnahen Femurfrakturen konnte gezeigt werden, dass der Ernährungszustand der Patienten eine Auswirkung auf den perioperativen Verlauf hat. Unfallchirurgen, die diese Frakturen regelmäßig behandeln können von der Kenntnis dieser Daten profitieren. Insbesondere kachektischen und adipösen Patienten sollte vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt. Die postoperative Mobilisation dieser sollte zudem intensiviert werden um verlängerte Krankenhausaufenthalte und sekundäre Komplikationen zu vermeiden. Bei untergewichtigen Patienten sollte generell auch eine ernährungsberatende Begleittherapie initiiert werden und gegebenenfalls hochkalorische Substitutionskost verordnet werden.

Steigende Behandlungskosten bei adipösen Patienten mit hüftgelenksnahen Femurfrakturen

Analyse steigender Behandlungskosten bei erhöhtem BMI von Patienten mit proximaler Femurfraktur [Analysis of rising treatment cost of elevated BMI in patients with proximal femoral fracture].

Gutwerk A, Müller M, Crönlein M, Kirchhoff C, Biberthaler P, Pförringer D, Braun K.

Die Unfallchirurgie (Heidelb). 2022 | PMID: 35925229.

Hintergrund:

Der Anstieg der operativ zu versorgenden proximalen Femurfrakturen in Deutschland ist dramatisch. Kaum eine andere Diagnose erlebte einen derartigen Anstieg der Inzidenz in nur wenigen Jahren. In einzelnen Regionen wurden im Zeitraum von 2016 bis 2022 Steigerungen von bis zu 100 % beschrieben (12). Dem gegenüber steht jedoch eine sinkende Anzahl an Kliniken, die diese Frakturen noch versorgen können (22). Dies ist ein teilweise durch die Regierung generiertes Problem, da kleinere Versorger die im G-BA Beschluss geforderten Mindestanforderungen für die Versorgung hüftgelenksnaher Femurfrakturen nicht mehr erfüllen können (5). Grund hierfür sind hohe Vorhaltungskosten für die aufwändigen Versorgungen, die kleinere Kliniken nicht mehr tragen können. Entsprechende Kompensationsmechanismen hierfür sind im deutschen Gesundheitssystem nicht vorgesehen (22). Bei Verstößen gegen die Vorgaben im G-BA Beschluss drohen finanzielle Sanktionen bis hin zur „Nicht-Vergütung“ der Behandlungskosten.

Die Behandlungskosten für den Krankenhausaufenthalt wurden in einer internationalen Metaanalyse von 2017 mit durchschnittlich 10.075 \$ angegeben. Die Gesamtkosten, die ein Patient mit proximaler Femurfraktur für das Gesundheitssystem verursacht, wurden mit 43.669 \$ kalkuliert (23). Der Anstieg der Inzidenz in

Kombination mit den hohen Behandlungskosten zeigt die hohe gesundheitsökonomische Relevanz dieser Frakturen.

In der ersten Studie zur Auswirkung des Ernährungszustandes auf die postoperativen Ergebnisse hatte sich, wie bereits ausführlich diskutiert eine J-förmige Verteilung gezeigt. Lediglich in Bezug auf die Operationsdauer und den stationären Aufenthalt wurde ein linearer Anstieg bei höheren BMI-Werten festgestellt. Dieser Effekt wurde in der Literatur bereits mehrfach beschrieben. Hierfür wurden vor allem die erschwerten operativen Bedingungen bei der Weichteilpräparation, schwierigere Implantatpositionierung und ein erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen verantwortlich gemacht (24, 25).

Insbesondere die Operationsdauer und die Dauer des stationären Aufenthaltes haben jedoch einen hohen Einfluss auf die Kosten des stationären Aufenthaltes von Patienten mit hüftgelenksnahen Femurfrakturen. Es bestand daher die Hypothese, dass bei Patienten mit vorliegender Adipositas deutlich höhere Behandlungskosten auftreten. Um die Ausmaße dieses Effektes zu quantifizieren wurde eine Folgestudie zur Kostenanalyse von proximalen Femurfrakturen in Abhängigkeit des Body Mass Index durchgeführt.

Methodik:

Die Rekrutierung des Patientenkollektives erfolgte analog zur Methodik in der ersten Arbeit dieser Habilitationsschrift. Zusammengefasst erfolgte die retrospektive Erfassung aller operativ behandelten proximalen Femurfrakturen durch Suche im elektronischen Krankenhausinformationssystem nach den ICD-10 Codes S72.00-S72.2 im Zeitraum von Dezember 2003 bis Juni 2015.

Um die Behandlungskosten pro Zeitintervall zu bestimmen erfolgte eine ex post Kalkulation auf Basis der Behandlungskosten aus dem vorausgegangenen Kalkulationsjahr (2020). Für das Klinikum rechts der Isar als Maximalversorger wurden unter Berücksichtigung der Behandlungskosten und Vorhaltungskosten die durchschnittlichen Aufenthaltskosten mit 53 Cent/min für die Versorgung auf einer unfallchirurgischen Normalstation berechnet. Dies entspricht einem Tagessatz von 763,20 €/Tag.

Ferner wurden die spezifischen Kosten berechnet, welche im Rahmen der operativen Versorgung im OP-Saal anfielen. Die Operationszeit wurde dabei als die „Schnitt-Naht-Zeit“ definiert. Die Kalkulation ergab einen OP-Minuten-Preis von 12,48 € exklusive der Kosten, welche für die Implantate anfallen.

Ergebnisse:

Die Analyse beinhaltete 950 Patienten. Hiervon waren 8,4 % untergewichtig, 60 % normgewichtig, 25,4 % übergewichtig und 6,2 % adipös. Die Operationsdauer lag bei $93,9 \pm 41,4$ Minuten, die durchschnittliche Aufenthaltsdauer (ALOS „average length of stay“) bei $13,7 \pm 8,9$ Tagen. Tabelle 1 präsentiert die Operationsdauer in Minuten sowie die daraus resultierenden Kosten für die operative Versorgung, jeweils aufgeschlüsselt nach der Kategorie des Ernährungszustandes.

Tabelle 4: Stationäre Aufenthaltsdauer und -kosten in Abhängigkeit vom BMI (aus (26))

BMI-Gruppe	ALOS in Tagen	Standardabweichung	Kosten in €	Prozentual
UW	12,3	$\pm 4,8$	9387,36	90,4
NW	13,6	$\pm 7,8$	10.379,52	100
OW	14,2	$\pm 11,7$	10.837,44	104,4
OB	16,0	$\pm 9,7$	12.211,20	117,6

NW „Normal weight“ (Normalgewicht); *OB* „Obese“ (Adipositas [Grade I–III]); *OW* „Overweight“ (Übergewicht/Präadipositas); *UW* „Underweight“ (Untergewicht)

Analog hierzu werden in Tabelle 5 die durchschnittlichen Operationskosten anhand der Schnitt-Naht-Zeit in Bezug auf den jeweiligen Ernährungszustand der Patienten angegeben.

Tabelle 6: Stationäre Aufenthaltsdauer und -kosten in Abhängigkeit vom BMI (aus (26))

BMI-Gruppe	Operationszeit in Minuten	Standardabweichung	Operationskosten in Euro	Prozentual
UW	85,3375	$\pm 42,9$	1065,01	94,6
NW	90,16637	$\pm 38,2$	1125,28	100
OW	99,98755	$\pm 39,9$	1247,84	110,9
OB	117,8103	$\pm 61,5$	1470,27	130,7

NW „Normal weight“ (Normalgewicht); *OB* „Obese“ (Adipositas [Grade I–III]); *OW* „Overweight“ (Übergewicht/Präadipositas); *UW* „Underweight“ (Untergewicht)

Die Gesamtkosten für den stationären Aufenthalt wurden durch Kombination der beiden Parameter Aufenthaltsdauer und Operationsdauer kalkuliert und in Abbildung 2 graphisch illustriert. Die Gesamtbehandlungskosten adipöser Patienten lag bei 13681,47 €, was 18,9 % über den kalkulierten Kosten normalgewichtiger Patientin liegt.

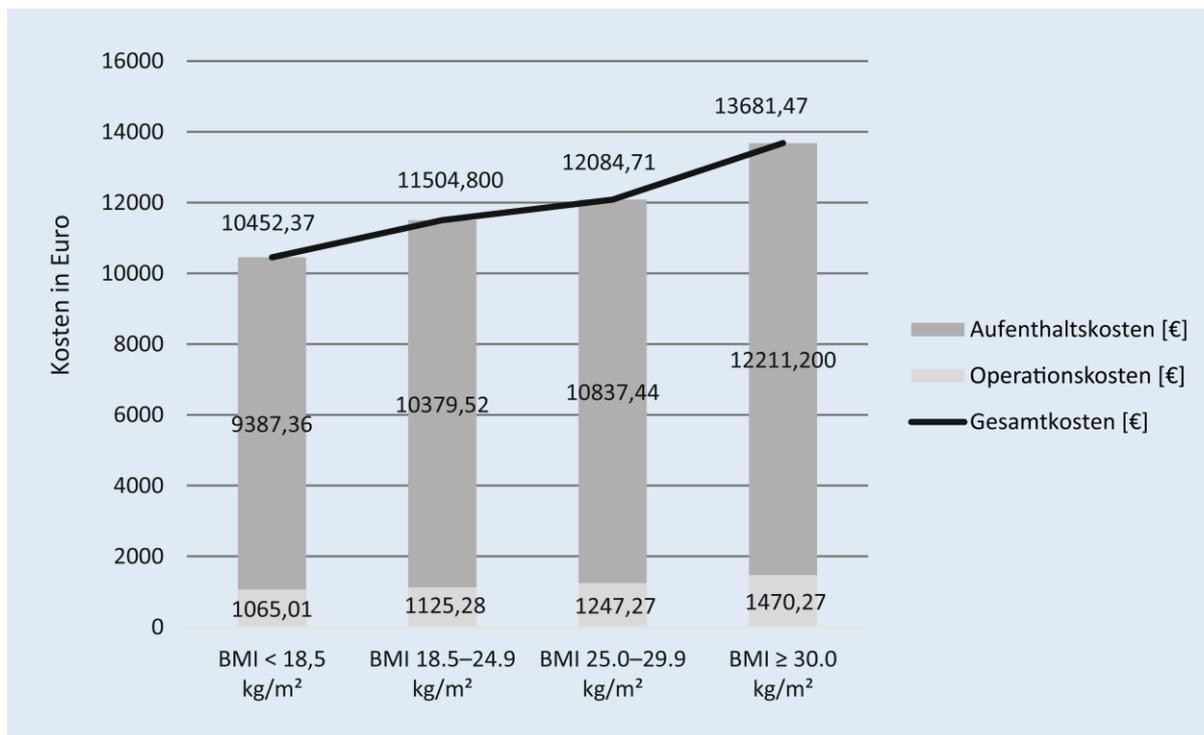


Abbildung 2: Gesamtkosten der stationären Behandlung mit Unterkostenpunkten, aufgetrennt nach BMI Gruppen (aus (26))

Diskussion:

Die Kostenanalyse der Behandlung hüftgelenksnaher Femurfrakturen zeigt, dass adipöse Patienten im Rahmen des stationären Aufenthaltes fast 20 % höhere Behandlungskosten verursachen. In unserem G-DRG („German -Diagnosis-Related-Groups“) System, welches seit der Gesundheitsgesetzreform 2000 als Grundlage der Vergütung im Gesundheitssystem dient, werden derart große Unterschiede innerhalb der Behandlung einer Diagnose nur unzureichend abgebildet oder ausgeglichen. Zwar sieht das System die Gewichtung durch sogenannte CCL-Werte (complication or comorbidity level) vor. Im Falle der proximalen Femurfrakturen wird ein solcher CLL jedoch erst bei einer Adipositas Grad 3 ($BMI > 40 \text{ kg/m}^2$) getriggert. Dies war in unserem Kollektiv jedoch nur bei 5 von 950 Patienten der Fall. Unsere Daten zeigen

jedoch, dass es schon bei deutlich geringer ausgeprägter Adipositas zu erheblichen Steigerungen der anfallenden Kosten kommt. Eine feinere Graduierung und Anpassung der CLL für bereits mäßig erhöhte BMI Werte ist daher empfehlenswert.

Es ist bekannt, dass wirtschaftliche Faktoren eine immer größere Rolle spielen und Ärzten zunehmend eine ökonomische Denkweise auferlegt wird (27, 28). Im Bereich der elektiven Endoprothetik zeichnet sich bereits ein Trend ab, sich auf gesunde und normgewichtige Patientengruppen zu konzentrieren, um finanzielle Verluste zu vermeiden (29). Dies ist eine gefährliche Entwicklung, die es in der Unfallchirurgie dringend zu vermeiden gilt. Um eine flächendeckende Notfallversorgung weiterhin zu gewährleisten, darf keine Analyse oder Selektion von Patienten hinsichtlich Ihrer „Rentabilität“ erfolgen. Eventuell drohende Verlustgeschäfte müssen durch eine risikoadaptierte Anpassung der DRGs kompensiert werden.

Limitationen: Das Modell zur Berechnung der Behandlungskosten beruht lediglich auf den beiden Faktoren Aufenthaltsdauer und Operationsdauer während des Primäraufenthaltes. Diese sind zwar die relevantesten Kostenfaktoren (30), weitere relevante Faktoren wie Implantatkosten, Aufenthalt auf Intensivstationen oder Wiederaufnahmen bedingt durch Komplikationen oder Revisionen konnten jedoch nicht berücksichtigt werden, was die prädiktive Qualität des Modells einschränkt.

Etablierung regionalanästhesiologischer Verfahren zur perioperativen Analgesie bei Patienten mit proximalen Femurfrakturen

Anwendung regionalanästhesiologischer Verfahren zur präoperativen Analgesie bei proximalen Femurfrakturen in der Notaufnahme: Eine Umfrage zur Praxis im deutschsprachigen Raum und in Großbritannien.

Müller M, Passegger O, Zehnder P, Hanschen M, Muggleton E, Biberthaler P, Wegmann H, Greve F.

Die Unfallchirurgie (Heidelb) | PMID: 37084002.

Hintergrund:

Neben den individuellen Risikofaktoren der Patienten beeinflusst auch die operative Therapie und das perioperative Management das Ergebnis der Versorgung hüftgelenksnaher Femurfrakturen. Eine wesentliche Bedeutung kommt dabei einer suffizienten prä- und postoperativen Schmerztherapie zu, da diese Verletzungen in der Regel mit einer hohen Schmerzintensität einhergehen (31). Schmerzen führen dabei nicht nur zu subjektivem Leidensdruck, sondern stellen auch nachweislich einen unabhängigen Risikofaktor für die Entwicklung des postoperativen Delirs dar (32, 33). Sie führen dadurch zu verschlechterten funktionellen postoperativen Ergebnissen (34, 35).

In der Vergangenheit wurden zur Schmerztherapie vorwiegend systemische Analgetika intravenös oder oral appliziert. Insbesondere während des Aufenthalts in den Notaufnahmen wird die Schmerztherapie jedoch häufig nur unzureichend umgesetzt, sodass einige Autoren vom Problem der „Oligoanalgesie“ sprechen (36-38). Auch bei konsequenter Schmerzspression können systemische Analgetika jedoch mit einer Reihe unerwünschter Nebenwirkungen einhergehen. Nicht steroidale Antirheumatika wie Ibuprofen oder Diclofenac haben zwar eine gute analgetische Wirkung bei muskuloskelettalen Schmerzen, können jedoch zu gastrointestinalen Hämorrhagien führen und können bei geriatrischen Patienten zur Verschlechterung

der Nierenfunktion führen (39). Bei den ebenfalls häufig eingesetzten Opioiden besteht hingegen das Risiko für Obstipation, Atemdepression und Förderung der Delirentwicklung (40, 41).

Als Alternative zur systemischen Analgesie stehen auch verschiedene regionalanästhesiologische Verfahren zur Verfügung. Durch gezielte Gewebsinfiltration an peripheren Nerven mit Lokalanästhetika kann eine wirksame Analgesie ohne systemische Nebenwirkungen erzielt werden. Unter Berücksichtigung des Innervationsprofils der Hüftgelenkkapsel gehören der N. femoralis Block (NFB) sowie der Fascia iliaca Kompartiment Block (FIKB) zu den geeignetsten Verfahren (42).

Die Techniken werden durch die Kollegen der Anästhesie häufig zur intraoperativen additiven Analgesie eingesetzt. In der Notaufnahme sind diese Verfahren bisher jedoch noch wenig etabliert. Die Zusammenarbeit mit einem anästhesiologischen Kollegen, welcher seine medizinische Ausbildung in Großbritannien durchlaufen und dort auch praktiziert hat, erweckte die Vermutung, dass dies vor Allem in Deutschland der Fall ist.

Um die Verbreitung der Anwendung regionalanästhetischer Verfahren in Notaufnahmen im deutschsprachigen Raum zu erfassen und mit derjenigen in Großbritannien zu vergleichen wurde diese umfragebasierte Studie konzipiert.

Methodik:

Zunächst wurden alle Notaufnahmen identifiziert, welche an der Primärversorgung unfallchirurgischer Patienten beteiligt sind. Im DACH Raum (Deutschland, Österreich und Schweiz) wurde die Liste aller im Traumanetzwerk der DGU registrierten Notfallversorger verwendet. Die Zentren sind je nach Ihrer Größe und Zertifizierung in LTZ (lokale Traumazentren), RTZ (regionale Traumazentren) und ÜTZ (überregionale Traumazentren) eingeteilt. Auch in Großbritannien wurden alle an der traumatologischen Notfallversorgung beteiligten Notaufnahmen identifiziert und kontaktiert.

Die Befragung erfolgte anhand eines Fragebogens, welcher den Zentren in einer Online-Version übermittelt wurde. Die technische Umsetzung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Online-survey Anbieter „Evasys gmbH“ (Lüneburg, Deutschland). Die Bearbeitung der Fragebögen erstreckte sich über den Zeitraum von

Juni 2021 bis Dezember 2021. Für die Studie lag ein positives Votum der Ethikkommission des Klinikum rechts der Isar vor (Studennummer 759/20 S-KH).

Der Fragebogen enthielt Items zu den Fragen, ob und in welcher Form von den beteiligten Kliniken bereits regionalanästhetische Verfahren zur präoperativen Analgesie bei hüftgelenksnahen Femurfrakturen eingesetzt wurden. Ferner wurde nach dem Fachgebiet und Ausbildungsstand der durchführenden Ärzte und den verwendeten Lokalanästhetika gefragt. Bei Kliniken, welche diese Methoden nicht anwenden, wurden die Gründe für die Nicht-Anwendung spezifiziert. Ergänzend wurde erfasst, welche systemischen Analgetika die Kliniken als Alternative zur Regionalanästhesie verwenden, um auch hier länderspezifische Ausbreitungen zu erkennen.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS Version 22 (Armonk, NY, USA). Die Variablen wurden in Kreuztabellen verglichen und mittels Pearson Chi-Quadrat Test auf Signifikanz geprüft. Das Signifikanzniveau als $p < 0,05$ definiert.

Ergebnisse:

Im deutschsprachigen Raum konnten 603 und in Großbritannien 215 Notaufnahmen identifiziert werden, die den Einschlusskriterien entsprachen. Die Antwortrate lag bei 17,4 % (142 von 818 Notaufnahmen, davon 115 im DACH-Raum und 27 in Großbritannien).

Von allen befragten Kliniken wenden derzeit 33,1 % (n=47) regionalanästhesiologische Verfahren zur Schmerztherapie in der Notaufnahme bei proximalen Femurfrakturen an. Es lag ein signifikanter länderspezifische Unterschied vor ($p > 0,01$). Im DACH Raum wenden derzeit nur 18,3 % (n=21) der Kliniken diese Verfahren an, wohingegen in Großbritannien die Quote bei 96,3 % (n=27) lag. Die Antworten, warum Kliniken keine Regionalanästhesieverfahren anwenden sind sortiert nach Häufigkeit in Abbildung 3 dargestellt.

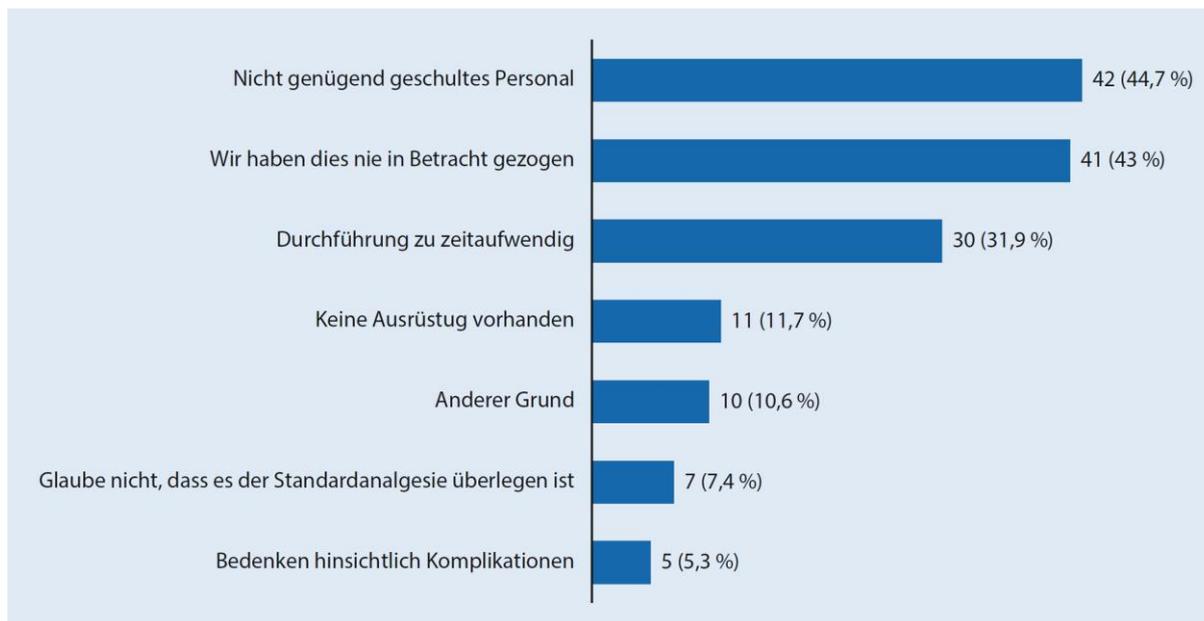


Abbildung 3: Gründe für die Nicht-Anwendung von Regionalanästhesieverfahren in deutschsprachigen Notaufnahmen (aus (43))

Nur 20,2% (19/94) der Kliniken gaben an Ihr Vorgehen bei der Anwendung von Regionalanästhesieverfahren in Zukunft ändern zu wollen.

Unter den Kliniken, welche bereits Regionalanästhesieverfahren verwenden wurden die individuellen Methoden im Detail erfasst und in Tabelle 7 verglichen.

Zudem wurde analysiert, ob ein Zusammenhang zwischen der Zertifizierungsstufe im Traumanetzwerk DGU und der Anwendung der Regionalanästhesieverfahren besteht. Lokale Traumazentren gaben zu 22,0 % (9/41), regionale Traumazentren zu 43,7% (31/71) und überregionale Traumazentren zu 23,3 % (7/30) an, bereits RA-Verfahren in der Notaufnahme einzusetzen. Dieser Unterschied zwischen den Traumazentren erreichte Signifikanzniveau ($p=0,028$).

Tabelle 7: Stationäre Aufenthaltsdauer und -kosten in Abhängigkeit vom BMI (aus (26))

	D-A-CH, n (%) (n = 21)	GB, n (%) (n = 26)	p-Wert ^a
<i>RA-Technik</i>			<0,01
Fascia-iliaca-Kompartiment-Block	6 (28,6)	25 (96,2)	
N.-femoralis-Block	14 (66,7)	1 (3,8)	
Andere	1 (4,8)	0	
<i>Verwendete Hilfsmittel</i>			<0,01
Nur anatomische Landmarken	0	15 (57,7)	
PNS + anat. Landmarken	3 (14,4)	1 (3,8)	
PNS + Ultraschall	3 (14,4)	0	
Nur Ultraschall	15 (71,4)	10 (38,5)	
<i>Verw. Lokalanästhetikum</i>			<0,01
L-Bupivacain	0	9 (34,6)	
Bupivacain	8 (38,1)	16 (61,5)	
Ropivacain	13 (61,9)	1 (3,8)	
<i>Durchführende Person</i>			<0,01
OA/FA Notaufnahme	4 (19)	5 (19,2)	
AA, Notaufnahme	2 (9,5)	17 (65,4)	
DA, Anästhesie	15 (71,4)	0	
Andere	0	4 (15,4)	
<i>Indikationsdiagnose</i>			0,522
SHF + petrochantäre Fraktur	19 (90,5)	25 (96,2)	
Nur SHF	1 (4,8)	1 (3,8)	
Nur petrochantäre Fraktur	1 (4,8)	0	

RA Regionalanästhesie, *PNS* periphere Nervenstimulation, *OA* Oberarzt, *FA* Facharzt, *AA* Assistenzarzt, *DA* Dienstarzt, *SHF* Schenkelhalsfraktur
^aChi-Quadrat-Test

Diskussion:

Die Ergebnisse dieser Umfragestudie konnten die Hypothese bestätigen, dass im internationalen Vergleich zwischen Großbritannien und den deutschsprachigen Ländern deutliche Unterschiede in der Anwendung von Regionalanästhesieverfahren zur präoperativen Schmerztherapie von Patienten mit hüftgelenksnahen Femurfrakturen vorliegen. In Großbritannien werden periphere Nervenblöcke als Standardverfahren angewendet, wohingegen dies in Deutschland eine Ausnahme darstellt.

Die am häufigsten genannten Gründe hierfür sind die mangelnde Kenntnis und Expertise in der Anwendung dieser Verfahren. Dies ist erstaunlich, da diese Verfahren in diversen Leitlinien z.B. die der American Academy of Orthopedic Surgeons oder auch im Weißbuch Alterstraumatologie und Orthogeriatric der DGU/DGG empfohlen werden. In der Literatur sind diverse Vorteile dieser Techniken wie die Reduktion der Schmerzintensität, Einsparung von Opioidanalgetika und auch eine verkürzte stationäre Aufenthaltsdauer belegt (13, 44, 45). In der technischen Durchführung

konnten auch länderspezifische Unterschiede nachgewiesen werden. In Deutschland wird vorrangig der selektive N. femoralis Block verwendet, wobei in Großbritannien der Fascia iliaca Kompartiment Block verbreiteter ist. Hinsichtlich der Wirksamkeit und Komplikationsrisiken sind keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Verfahren beschrieben (46). Aufgrund der weiter vom N. femoralis entfernten Funktionsstelle liegt hier vermeintlich ein geringeres Komplikationsrisiko vor. Zudem sind für den FIKB vereinfachte Techniken ohne Verwendung eines Neurostimulators oder Ultraschallbildgebung beschrieben (47).

In Deutschland werden periphere Nervenblockverfahren typischerweise durch anästhesiologisches Personal durchgeführt. Dies konnten auch die Umfragedaten bestätigen. Daher ist die Hemmschwelle zur Anwendung dieser Techniken durch nicht-anästhesiologisches Personal vermutlich hoch. Studien belegen jedoch, dass auch Ärzte aus Notaufnahmen, welche geringe Vorkenntnisse haben, den Fascia iliaca Kompartimentblock erfolgreich und ohne beschriebene Komplikationen anwenden können (48). Insbesondere bei geplanter Versorgung mittels Endoprothese besteht häufig die Sorge vor periprothetischen Infektionen. Hinweise für eine erhöhte Inzidenz von PPIs nach vorheriger Anwendung von hüftgelenksnahen Nervenblockverfahren liegen jedoch nicht vor (49).

Als Fazit lässt sich festhalten, dass Regionalanästhesieverfahren zur präoperativen Analgesie bei hüftgelenksnahen Femurfrakturen trotz gut belegter Wirksamkeit in der Literatur und Empfehlung in den Leitlinien in Deutschland derzeit zu wenig angewendet werden. Die zukünftige Schulung und Ausbildung auch von Personal in unseren Notaufnahmen ist dringlich zu empfehlen um diese Versorgungsdefizite zu beheben.

Versorgung proximaler Humerusfrakturen

Die Wahl des optimalen operativen Verfahrens bei komplexen Humeruskopffrakturen des älteren Menschen

Reconstruction or replacement? A challenging question in surgical treatment of complex humeral head fractures in the elderly.

Müller M, Greve F, Crönlein M, Zyskowski M, Pesch S, Biberthaler P, Kirchhoff C, Beirer M.

Arch Orthop Trauma Surg. 2021 | PMID 34432097

Hintergrund:

Der proximale Humerusfraktur ist die anatomische Region mit der zweithöchsten Inzidenz von Frakturen im geriatrischen Patientenkollektiv. Aufgrund der häufig konkomitanten Osteoporose, multiplen Vorerkrankungen sowie oftmals eingeschränkter Compliance stellen diese Frakturen noch immer eine große Herausforderung für den behandelnden Unfallchirurgen dar (50).

Die Einführung von anatomisch-präkonfigurierten und winkelstabilen Plattenimplantaten wie der PHILOS-Platte Anfang der 2000er Jahre stellte eine bahnbrechende Entwicklung dar und verbesserte die Ergebnisse erheblich (51). Dennoch wurden gerade für ältere Patienten > 60 Jahre auch für die Versorgung mit winkelstabilen Platten nicht unerhebliche Komplikationsraten von bis zu 45 % beschrieben mit Revisionsraten bis 18 %. Die häufigsten Ursachen für Revisionseingriffe sind sekundäre Materialdislokationen, das sogenannte „Cutting out“ der Schrauben durch die Kalotte des Humerus oder Humeruskopfnekrosen (52-54).

Die Problematik von hohen Revisionsraten bei osteoporotischen Knochen ist auch in anderen anatomischen Regionen bekannt. Im Bereich der medialen

Schenkelhalsfrakturen am Femur hat die hohe Rate an Revisionen nach osteosynthetischen Rekonstruktionsverfahren zu einem Paradigmenwechsel geführt, sodass bei geriatrischen Patienten hier mittlerweile die endoprothetische Versorgung den Goldstandard darstellt (55). Auch im Bereich der Schulter stehen mittlerweile verschiedene Typen von Endoprothesen zur Verfügung. Insbesondere die inverse Schulterprothese (Deltaprothese) liefert bei geriatrischen Patienten, welche häufig eine fortgeschrittene Insuffizienz der Rotatorenmanschette (Cuff-Arthropathie) aufweisen, gute Ergebnisse (56). Neben der Versorgung von irreparablen Rotatorenmanschettenläsionen wird die inverse Schulterprothetik in den letzten Jahren auch vermehrt zur Primärversorgung von proximalen Humerusfrakturen eingesetzt (15, 57). Eine abschließende Beurteilung, welches Verfahren für die Versorgung proximaler Humerusfrakturen bei orthogeriatrischen Patienten am geeignetsten ist, ist bis dato noch nicht möglich. Daher wurde die vorliegende Studie initiiert, um das Outcome und die Sicherheit von rekonstruktiven Plattenosteosynthesen sowie von primären inversen Schulterprothesen bei älteren Patienten mit komplexen Humerusfrakturen zu vergleichen.

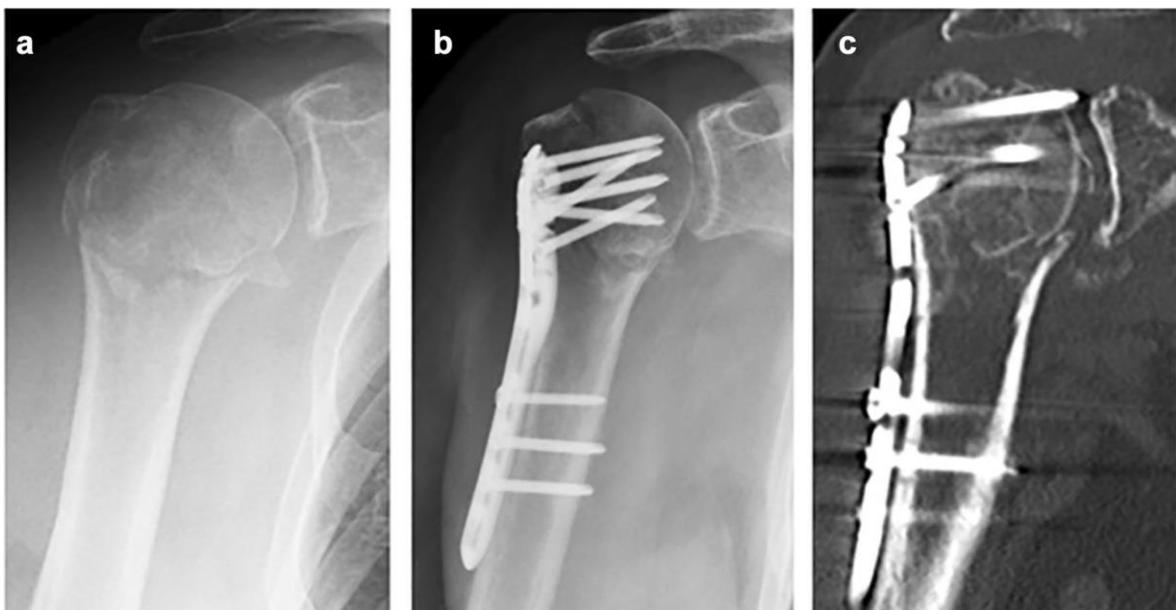


Abbildung 4: Röntgendiagnostik einer Humeruskopffraktur (a) mit erfolgter Plattenosteosynthese (b) und sekundärem „Cutting-Out“ bei Humeruskopfnekrose (c) (aus (58))

Methodik:

Es erfolgte die retrospektive Analyse des hauseigenen Frakturregisters am Klinikum rechts der Isar zur Erfassung aller älteren Patienten (>65 Jahren) mit komplexen (4-part) Humeruskopffrakturen, welche von August 2007 bis September 2015 operativ versorgt worden waren. Für alle Patienten lag entsprechend des standardisierten diagnostischen Algorithmus eine präoperative Röntgendiagnostik und eine Computertomographie des proximalen Humerus vor, anhand deren die Klassifikation der Fraktur erfolgte. Als 4-part Frakturen wurden solche bezeichnet, welche eine Dislokation aller nach Neer beschriebenen Segmente des Humeruskopfes aufwiesen (59). Anhand der Röntgen- und CT-Diagnostik erfolgte zudem die Bestimmung der Hertel-Kriterien, einem prädiktiven Instrument zur Vorhersage der Wahrscheinlichkeit von sekundären Humeruskopfnekrosen (60).

Operationstechnik: Alle Patienten wurden über einen deltoideopektoralen Zugang operiert. Bei Patienten, welche humeruskopferhaltend versorgt wurden, erfolgte zunächst die offene Reposition unter Zuhilfenahme von Fibre-Tape Cercalgen, mit welchen die Sehnen der Rotatorenmanschette armiert wurden. Zudem wurden K-Drähte zur temporären Fixierung eingesetzt. Anschließend erfolgte die Plattenosteosynthese (LCP, locking compression plate) in winkelstabiler Technik.

Für die inversen Schulterprothesen (rTSA, reversed total shoulder arthroplasty) erfolgte zunächst die Resektion des frakturierten Humeruskopfes unter Erhalt der knöchernen Insertionen der Sehnen des M. supraspinatus und M. subscapularis (Tuberculum majus et minus). Anschließend erfolgte die Präparation des Humerusschaftes und des Glenoids. Die Verankerung der Humerusschaftes erfolgte in zementierter Technik. Die Baseplate am Glenoid wurde mittels Peg und Schrauben verankert. Abschließend erfolgte (wenn möglich) die Refixation der Tubercula an der Prothese.

Zur Erfassung des Outcomes wurden alle dokumentierten Revisionen und deren Indikationen erfasst. Das funktionelle Outcome wurde anhand des Munich Shoulder Questionnaire erhoben, einem PROM (patient reported outcome measure) welches am Klinikum rechts der Isar zur untersucher-unabhängigen Nachuntersuchung von Schulterpathologien entwickelt und validiert wurde (61). Zudem wurden der etablierte CONSTANT-(62), SPADI- (63) und DASH Score (64) als weitere PROMs verwendet.

Für die Studie lag ein positives Votum der Ethikkommission des Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München vor.

Ergebnisse:

Es konnten insgesamt 375 Patienten identifiziert werden, auf welche die Einschlusskriterien zutrafen. Der Anfrage zum Follow-Up kamen 103 Patienten nach. Von diesen Patienten waren 63 Patienten durch Plattenosteosynthese versorgt worden und 40 mittels inverser Schulterprothese. Unter den Patienten waren 76 weiblich (78,4 %). Das Durchschnittsalter lag bei $73,6 \pm 6,3$ Jahren und das mittlere Follow-Up bei $52,5 \pm 36,2$ Monaten.

Beim Vergleich der Gruppen zeigte sich bei den inversen Prothesen ein höheres Durchschnittsalter von $76,8 \pm 6,8$ vs. $71,4 \pm 4,8$ Jahren ($p < 0,05$) und ein längeres Zeitintervall von Diagnosestellung bis zur operativen Versorgung ($4,3 \pm 3,9$ vs. $2,3 \pm 2,2$ Tage; $p < 0,05$). Weitere Gruppenunterschiede sind in Tabelle 8 dargestellt. Während beim Vergleich der funktionellen Scores kein Unterschied festzustellen war, zeigt die Analyse der Komplikationen, dass bei Patienten mit LCP Versorgung signifikant häufiger Revisionseingriffe notwendig sind.

Tabelle 8: Funktionelle Scores und Revisionsraten für Versorgungen mit LCP (Group I) und rTSA (Group II) (aus (58))

	All patients	Group I	Group II	<i>p</i>
<i>n</i>	103	63	40	
MSQ score	75.3 ± 22.0	77.3 ± 18.0	72.2 ± 27.1	0.758
SPADI score	78.3 ± 24.2	80.4 ± 20.6	75.1 ± 28.9	0.277
DASH score	18.9 ± 21.7	18.4 ± 20.2	19.6 ± 24.1	0.776
Constant score	65.9 ± 20.1	66.6 ± 17.1	64.8 ± 24.2	0.665
Revision	11/103 (10.7%)	10/63 (15.9%)	1/40 (2.5%)	0.032*

Data presented as mean \pm SD or *n* (%)

*Statistically significant

Die Gründe für den jeweilige Revisionsbedarf bei den Patienten wurden individuell analysiert und sind unter Angabe der erfolgten Therapie, der Komplikation und der Hertel Kriterien in Tabelle 9 dargestellt. In der LCP Gruppe zeigen sich die typischen Komplikationen mit Cutting out, sekundärer Dislokation und die avaskuläre

Kopfnekrose. Im Rahmen der Revision wurde allen dieser LCP Patienten im Verlauf eine inverse Schulterprothese implantiert. Bei der einzigen revisionspflichtigen Komplikation nach Implantation einer inversen Schulterprothese handelte es sich um eine äußerst seltene Entität. Nach der Prothesenimplantation zeigte sich ein inflammatorischer Lokalbefund an der Schulter. Der Initialverdacht eines periprothetischen Infektes konnte jedoch durch Gewinnung reliabler mikrobiologischer Proben nicht bestätigt werden. Letztlich wurde in der allergologischen Testung eine Hypersensibilität auf Nickel-/Kobalt-Metalle nachgewiesen. Es erfolgte der Wechsel auf eine hypoallergene Prothese. Der weitere Verlauf war komplikationslos.

Tabelle 9: Revisionspflichtige Komplikationen bei 10 Patienten inklusive Hertel Kriterien (aus (58))

Patient N°	Age/gender	Time to operation (days)	Hertel criteria	Treatment	Complication
1	68 years, female	1	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	AVN,
2	77 years, female	2	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF	Cut-out
3	74 years, female	1	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF	AVN
4	74 years, male	1	HD (-), SC (-), AN (-)	ORIF	Postoperative hematoma
5	79 years, female	1	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF ORIF	Cut-out
6	74 years, female	0	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF	Postoperative hematoma
7	77 years, female	3	HD (+), SC (+), AN (-)	rTSA	Metal hypersensitivity
8	70 years, female	0	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	Secondary dislocation of GT
9	69 years, male	4	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	Secondary dislocation of GT
10	78 years, male	5	HD (-), SC (+), AN (-)	ORIF	Secondary dislocation of GT
11	76 years, female	2	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	AVN

HD hinge displacement, *SC* short calcar segment (<8 mm), *AN* anatomical neck fracture, *AVN* avascular head necrosis, *n.a.* not available, *GT* greater tuberosity

Diskussion:

Diese Ergebnisse unterstreichen wie herausfordernd die Versorgung von 4-part Frakturen des proximalen Humerus bei geriatrischen Patienten ist. Die Revisionsrate erscheint beunruhigend hoch. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich hierbei um ein selektiertes Kollektiv an Risikopatienten (Alter > 65 und komplexe 4-part Fraktur) handelt. Dies reproduziert die Ergebnisse in der bestehenden Literatur. Brorson et al. beschrieben in einer Metaanalyse ebenfalls eine Revisionsrate von 11-27 % bei Plattenosteosynthese von 4-part Frakturen, jedoch ohne Selektion des Patientenalters (53). Auch Thanasas et al. beschrieben in Ihrer Metaanalyse insgesamt 12 Studien mit insg. 673 Patienten, welche mittels Plattenosteosynthese versorgt wurden und eine

Revisionsrate von 13,7 % aufwiesen (54). In den Studien der Metaanalyse wurden auch 2- und 3-part Frakturen eingeschlossen. Zudem war das durchschnittliche Patientenalter bei 11 der 12 Studien jünger als bei dem durch uns beschriebenen Kollektiv. Angesichts der Tatsache, dass im eigenen Kollektiv ältere Patienten mit komplexeren Frakturen behandelt wurde erscheint die Qualität der Versorgung vergleichsweise hoch. Dennoch kann eine Revisionsrate von 15,9 % für ein Standardverfahren nicht akzeptiert werden.

Die inverse Schulterprothese scheint laut den vorliegenden Daten das sicherere Verfahren mit geringerer Revisionsrate bei gleich wertigen funktionellen Ergebnissen zu sein. Dennoch stellt die Implantation einer Endoprothese ein irreversibles Verfahren dar, welches nicht ohne genaue Analyse der Fraktur und des Patienten getroffen werden sollte. Es wäre daher erstrebenswert einen Cut off Wert zu definieren, ab welchem Alter die endoprothetische Versorgung zu bevorzugen ist. Hierfür sind weitere randomisiert-kontrollierte Studien mit noch größeren Fallzahlen erforderlich.

Abschließend sei erwähnt, dass zuletzt auch durch die Anwendung von Zement-Augmentationsverfahren gute Ergebnisse beschrieben wurden. So konnten Katthagen et al. zeigen, dass durch die Verwendung von PMMA-Augmentationen die Rate an Schrauben Cut-outs reduziert wurde bei gleichwertigem funktionellem Outcome (65). Insbesondere für sogenannte Borderline-Patienten mit bereits eingeschränkter Knochenqualität aber noch intermediärem Patientenalter scheint dies eine adäquate Therapie darzustellen.

Schlussfolgerungen und klinische Relevanz der Ergebnisse

Dieser Habilitationsschrift liegen vier Originalarbeiten zugrunde, welche innovative Ergebnisse in Bezug auf die häufigsten gerontotraumatologischen Fraktur entitäten liefern.

Im Bereich der proximalen Femurfrakturen wurde der Ernährungszustand gemessen anhand des BMI als Outcome-prädiktiver Faktor untersucht. In Bezug auf das funktionelle Outcome konnte ein Vorteil für normgewichtige Patienten sowie für übergewichtige Patienten hinsichtlich der postoperativen Mobilisierbarkeit nachgewiesen werden. Sowohl kachektische Patienten als auch adipöse Patienten zeigten hier schlechtere Ergebnisse. Mit dieser Kenntnis können zukünftig Patienten mit Risiko für einen protrahierten Verlauf besser identifiziert und individuell unterstützt werden.

Zudem wurde festgestellt, dass Patienten mit steigendem BMI längere Operationszeiten und stationäre Aufenthaltszeiten aufweisen. Dies beeinflusst die Behandlungskosten immens, sodass bei Adipösen Patienten um fast 20 % höhere Kosten vorliegen. Diese Mehrkosten werden über das DRG System derzeit nicht ausgeglichen. Eine künftige Berücksichtigung dieser Tatsache und eine Anpassung von DRG-„Modifiern“ wäre empfehlenswert.

Bei der perioperativen Schmerztherapie sind Regionalanästhesieverfahren eine sichere, einfache und nebenwirkungsärmere Alternative zur konventionellen Analgesie mit systemischen Analgetika. In Deutschland werden diese Verfahren jedoch im Vergleich zu Großbritannien noch kaum eingesetzt. Dies konnte durch die Studiendaten deutlich belegt werden und sollte durch vermehrte Sensibilisierung für dieses Thema und individuelle Schulung des Personals in den Notaufnahmen in Zukunft verbessert werden.

Die Versorgung von proximalen Humerusfrakturen bei älteren Menschen ist weiterhin herausfordernd. Die Implantation inverser Schulterprothesen ist eine sinnvolle Alternative zur bisherigen rekonstruktiven Versorgung mittels Plattenosteosynthese. Dieses Verfahren scheint bei gleichen funktionellen Ergebnissen sicherer zu sein, sodass nachweislich weniger revisionspflichtige Komplikationen auftreten. Daher

sollte dieses Verfahren in Zukunft bei geriatrischen Komplexfrakturen noch großzügiger eingesetzt werden.

Ausgewählte Publikationen

- 1) Müller M, Gutwerk A, Greve F, Völker L, Zyskowski M, Kirchhoff C, Biberthaler P, Pförringer D, Braun K. The Association between High Body Mass Index and Early Clinical Outcomes in Patients with Proximal Femur Fractures. *J Clin Med*. 2020 Jul 2;9(7):2076. doi: 10.3390/jcm9072076. PMID: 32630619; PMCID: PMC7408724.
- 2) Müller M, Greve F, Crönlein M, Zyskowski M, Pesch S, Biberthaler P, Kirchhoff C, Beirer M. Reconstruction or replacement? A challenging question in surgical treatment of complex humeral head fractures in the elderly. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022 Nov;142(11):3247-3254. doi: 10.1007/s00402-021-04124-3. Epub 2021 Aug 25. Erratum in: *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021 Nov 24;: PMID: 34432097; PMCID: PMC9522728.
- 3) Gutwerk A, Müller M, Crönlein M, Kirchhoff C, Biberthaler P, Pförringer D, Braun K. Analyse steigender Behandlungskosten bei erhöhtem BMI von Patienten mit proximaler Femurfraktur [Analysis of rising treatment cost of elevated BMI in patients with proximal femoral fracture]. *Unfallchirurgie (Heidelb)*. 2023 Jun;126(6):449-455. German. doi: 10.1007/s00113-022-01187-8. Epub 2022 May 23. PMID: 35925229; PMCID: PMC10232620.
- 4) Müller M, Passegger O, Zehnder P, Hanschen M, Muggleton E, Biberthaler P, Wegmann H, Greve F. Anwendung regionalanästhesiologischer Verfahren zur präoperativen Analgesie bei proximalen Femurfrakturen in der Notaufnahme : Eine Umfrage zur Praxis im deutschsprachigen Raum und in Großbritannien [Use of regional anesthesia for preoperative analgesia for proximal femoral fractures in the emergency department : A survey on current practice in German-speaking countries and the United Kingdom]. *Unfallchirurgie (Heidelb)*. 2023 Jun;126(6):456-462. German. doi: 10.1007/s00113-023-01315-y. Epub 2023 Apr 21. PMID: 37084002.

Article

The Association between High Body Mass Index and Early Clinical Outcomes in Patients with Proximal Femur Fractures

Michael Müller ^{1,*}, Alexander Gutwerk ², Frederik Greve ¹, Lisa Völker ¹, Michael Zyskowski ¹ ,
Chlodwig Kirchhoff ¹, Peter Biberthaler ¹, Dominik Pfoerringer ¹ and Karl Braun ^{1,3} 

- ¹ Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, 81675 München, Germany; frederik.greve@mri.tum.de (F.G.); lisa.voelker@mri.tum.de (L.V.); michael.zyskowski@mri.tum.de (M.Z.); chlodwig.kirchhoff@mri.tum.de (C.K.); peter.biberthaler@mri.tum.de (P.B.); dominik.pfoerringer@mri.tum.de (D.P.); karl.braun@charite.de (K.B.)
- ² Orthopädie, Sport- & Unfallklinik, Ev.-Luth. Diakonissenanstalt, 24939 Flensburg, Germany; gutwerkal@diako.de
- ³ Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité Universitätsmedizin Berlin, 13353 Berlin, Germany
- * Correspondence: michael.mueller@mri.tum.de; Tel.: +49-(0)89-4140-5747

Received: 24 May 2020; Accepted: 30 June 2020; Published: 2 July 2020



Abstract: Background: Fractures of the proximal femur constitute daily work in orthopedic trauma surgery. With the continuous increase of obesity in the general population, surgeons face several known technical challenges. The aim of this study was to investigate the association of high body mass index (BMI) in patients with proximal femur fractures with intra- and postoperative adverse events, as well as with functional outcomes after successful surgery. Methods: In this retrospective, single-center cohort study, 950 patients who sustained a fracture of the proximal femur (femoral neck fracture or trochanteric fracture) and underwent surgical treatment at our level I trauma center between 2003 and 2015 were included. Patient-specific data were obtained in regard to demographics, comorbidities, and fracture morphology. In-hospital postoperative complications (i.e., need for revision surgery, wound site infection, pneumonia, urinary tract infection, necessary transfusion, and deep-vein thrombosis) were analyzed, along with the length of hospitalization and overall mortality rate. Functional outcome was assessed using the Barthel index and the patient's ability to walk on crutches. Mortality rate and need for revision surgery were assessed over a two-year time period. Any adverse event was correlated to one of the four WHO's BMI groups. Results: The cohort included 80 (8.4%) underweight patients, 570 (60.0%) normal weight patients, 241 (25.4%) overweight patients, and 59 (6.2%) obese patients. We found more femoral neck fractures (506, or 53%) than trochanteric fractures (444, or 47%). In bivariate analysis, no significant difference was found in regard to overall mortality or postoperative complications. Hospitalization time (LOS) differed between the underweight (12.3 ± 4.8 days), normal (13.6 ± 7.8 days), overweight (14.2 ± 11.7 days), and obese patients (16.0 ± 9.7 days) ($p = 0.040$). Operation time increased stepwise with increasing BMI: underweight = 85.3 ± 42.9 min; normal weight = 90.2 ± 38.2 min; overweight = 99.9 ± 39.9 min; obese = 117.2 ± 61.5 min ($p < 0.001$). No significant difference was found by analyzing functional outcomes. However, patients with intermediate BMI levels (18.5–30 kg/m²) tended to achieve the best results, as represented by a higher Barthel index score and the patient's ability to walk on crutches. Conclusion: Increased BMI in patients with proximal femur fractures is associated with both longer operation time and length of hospitalization (LOS). Postoperative mobilization and functional outcomes appear to follow a reversed J-curve distribution (with overweight patients showing the best functional results), whereas both obese and underweight patients have associated poorer function.

Keywords: obesity; body mass index; BMI; proximal femoral fracture; hip fracture; arthroplasty; complications; functional outcomes

1. Introduction

Proximal femur fractures are among the most common fracture entities in elderly patients and determine the everyday work of an orthopedic surgeon. They represent the most common non-vertebral fractures in elderly men and the second most common non-vertebral fractures in elderly women, following wrist fractures [1]. In Germany, the incidence of proximal femur fractures is estimated to be above 100,000 patients per year [2]. The ratio between femoral neck fractures and trochanteric fractures is 54% vs. 46% [3]. Epidemiological observations predict a further increase of the incidence of proximal femur fractures with an aging society worldwide, thus stressing their significance [4]. Another development is the worldwide progression of obesity becoming a global epidemic, especially in industrialized countries [5].

Several studies have shown that low body weight is associated with low bone density and a higher risk of falling [6]. A body mass index (BMI) below 20 kg/m² is associated with a significantly higher relative risk for proximal femur fractures [7,8]. Overweight patients with proximal femur fractures are thought to have poorer postoperative outcomes; however, scientific data remain inconclusive to this day. While the one-year survival rate after hip fracture seems to be higher for patients with a BMI of 26 and above [9], the negative effects of increased body weight are described in regard to postoperative complications and the length of stay in the early postoperative period [10]. Other studies contradict these results and show no difference in hospitalization or postoperative complications in patients with a high BMI [11,12]. Furthermore, some studies even describe a protective effect of an overweight body constitution (BMI 25–29.9 kg/m²) when compared to underweight patients with regard to postoperative complications after elective or trauma-related hip surgery [13].

Over the last decades, a constant increase of the prevalence of overweight and obese patients has been found, especially in Western societies [14]. Therefore, it can be assumed that an increasing number of overweight patients with proximal femur fractures will challenge the surgeon in the future. In order to optimize the surgical treatment of obese patients, it is crucial to know the specific risks and complications that can appear in this collective. A review of the literature shows that many studies focus on outcomes after elective hip arthroplasty rather than fractures of the proximal femur. Thus, the aim of the present study was to evaluate the association between BMI and postoperative complications, functional outcomes, length of hospitalization, and mortality after proximal femur fractures with a focus on the early postoperative period.

2. Methods

We performed a single-center, retrospective study analyzing patients who underwent surgery after proximal femur fractures in our Orthopedic Trauma Surgery Department at the “Klinikum rechts der Isar”, University Hospital of the Technical University of Munich (TUM), in the period from December 2003 to June 2015. Approval for the study was obtained from the Ethics Committee of the Medical Faculty, Klinikum rechts der Isar, Technical University of Munich, Germany (study number 409/15s).

2.1. Study Population

Patients were identified using a computer-based data management program (SAP), searching for all operatively treated patients diagnosed with ICD-10 codes S72.0–S72.2. All femoral neck fractures and trochanteric fractures were included, whereas conservatively treated fractures and fractures of the femoral head were excluded. Further exclusion criteria were revision surgery, severely injured patients, or patients with concomitant fractures requiring multiple surgical treatments. Furthermore,

patients with tumor-related pathologic fractures were not analyzed. To determine nutritional status, we calculated the BMI. We classified the patients according to the criteria of the World Health Organization, which has four different categories: underweight (UW) (BMI < 18.5 kg/m²), normal weight (NW) (BMI 18.5–24.9 kg/m²), overweight (OW) (BMI 25.0–29.9 kg/m²), and obese (OB) (BMI ≥ 30.0 kg/m²) [15].

2.2. Data Collection

Data were recorded from the time of the patient's admission until their discharge. The documentation provided by the surgeons, anesthesiologists, nurses, and physiotherapists involved was used. No follow-up examinations were performed. The body weight, height, and the American Society of Anesthesiologists (ASA) scores for the patients were assessed from the documentation provided by the anesthesiologists. Furthermore, preoperatively collected data contained demographics, type of fracture, and standardized assessment of pre-existing medical conditions (e.g., diabetes, arterial hypertension, coronary heart disease, hypothyroidism, dementia, stroke, chronic kidney disease, tumor disease, or substance addiction). Substance addiction was defined as abuse of nicotine, alcohol, or drugs. Complications, such as the need for revision surgery or dislocation of the arthroplasty, were obtained from our computer-based documentation system. Complications treated in other hospitals could not be respected in our analysis.

2.3. Surgical Therapy

The type of surgical treatment depended on the type of fracture. Trochanteric fractures were treated with a cephalomedullary nailing system (Proximal Femoral Nail Antirotation system, Synthes GmbH, Oberdorf, Switzerland; or TRIGEN INTERTAN Intertrochanteric Antegrade Nail system, Smith and Nephew Inc., Cordova, USA) in the majority of cases. A minority of trochanteric fractures were treated with a dynamic hip screw (DHS Dynamic Hip System, DePuy Synthes GmbH, Oberdorf, Switzerland). Both interventions were performed using a fracture table with axial traction. For cephalomedullary nailing, a lateral approach was used, with an entry point at the tip of the greater trochanter. Femoral neck fractures were treated with a dynamic hip screw or arthroplasty (total hip arthroplasty (THA) or hemiarthroplasty (HA)), depending on the patient's individual needs (Zimmer Biomet, Warsaw, USA). THA and HA were performed using the anterolateral Watson–Jones approach. Details about the operation time were taken from the nurses' documentation. The operation time was defined as the time from incision to suture. Patients treated with cephalomedullary nails or hip arthroplasty were immediately allowed full weight bearing movement. Patients treated with DHS followed a 15 kg weight bearing limitation. Range of motion was limited to 90° flexion postoperatively for all patients.

2.4. Outcome Parameters

We evaluated the following patient-based risk factors at the time of admission: age, gender, ASA score [16], total number of comorbidities, and total number of medications taken. The variable number of comorbidity did not contain any preexisting medical conditions, rather only the 10 predefined diseases that were most commonly found in the anamnesis. These predefined comorbidities were: diabetes mellitus, arterial hypertension, coronary heart disease, addictive disorders, hypothyroidism, osteoporosis, dementia, past cerebral ischemia, and kidney failure. Complications were recorded, such as the need for revision surgery, dislocation of arthroplasty, postoperative blood loss and subsequent need for transfusion, wound site or implant infection, pneumonia, deep vein thrombosis, or pulmonary embolism. The principal outcome measures were the length of stay (LOS), mortality rate, operation time, and postoperative Barthel index score prior to discharge. The Barthel index is an ordinal score ranging from 0 to 100, representing the performance in activities of daily living. It is frequently used to assess a patient's capabilities in order to resume their activities of daily life [17]. The level of mobilization was classified using the documentation of physiotherapists, with the ability to walk on crutches independently being the most important outcome parameter. Mortality and necessary revision

surgery were documented during the first two postoperative years. Furthermore, we investigated how patients with femoral neck fractures and patients with trochanteric fractures differed in regard to their baseline characteristics and outcomes (LOS, mortality, mobilization). Risk for developing a femoral neck fracture rather than a trochanteric fracture was analyzed and adjusted for covariates such as BMI, age, gender, and osteoporosis. In this model, BMI was used as a continuous variable.

2.5. Statistics

For bivariate analyses, continuous variables were described with means \pm standard deviations. Binary variables were compared with percentages in cross-tables. Differences between the four BMI groups were analyzed using the Kruskal–Wallis test for continuous variables (age, operation time, etc.) and Chi-square test for dichotomous variables. Additionally, linear or logistic multivariate regression analysis was performed in order to control confounding variables such as age, gender, fracture type, or ASA score. Continuous variables such as the operation time and LOS that did not show normal distribution were logarithmized for the linear regression. The level of significance was defined as $p < 0.05$. Statistics were calculated using SPSS (Version 22, IBM SPSS Statistics for Windows, Armonk, NY, USA).

3. Results

A total of 1368 patients with the defined ICD-10 code were identified. After correction for the exclusion criteria, 950 patients met our criteria for undergoing surgery related to proximal femur fractures between December 2003 and June 2015. In total, 637 (67.1%) patients were female and 313 (32.9%) patients were male. The mean age was 74.8 ± 13.51 years (range 23–99 years). Female patients were significantly older (77.4 ± 11.8 years) than male patients (69.5 ± 15.1 years) ($p < 0.001$). The mean BMI was 23.53 ± 4.17 kg/m². Patients with a BMI < 18.5 showed the highest average age, however with no statistical significance ($p = 0.089$).

3.1. Type of Fracture

In total, 506 (53.3%) femoral neck fractures and 444 (46.7%) trochanteric fractures were observed. Femoral neck fractures were treated with either THA ($n = 147$; 29.1%), HA ($n = 278$; 54.9%), or dynamic hip screw ($n = 81$; 16.0%). Trochanteric fractures were treated with either a cephalomedullary nail ($n = 398$; 89.6%) or a dynamic hip screw ($n = 46$; 10.4%). Patients with trochanteric fractures were significantly older (76.1 ± 13.3 years) than those with femoral neck fractures (73.7 ± 13.6 years) ($p = 0.02$) (Table 1). There was no difference in the prevalence of osteoporosis. LOS did not differ between the groups (13.76 days vs. 13.78 days). Femoral neck fractures showed significantly higher in-hospital mortality (4.3%; $n = 22$) than trochanteric fractures (2.0%; $n = 9$) ($p = 0.041$). This bivariate analysis was confirmed by a logistic regression model controlled for covariates age, gender, and ASA score. Mortality OR for femoral neck fractures vs. trochanteric fractures was 2.483 (0.121–0.5.496 95% CI; $p = 0.025$).

Table 1. Baseline characteristics and outcomes depending on fracture type.

	Femoral Neck Fracture	Trochanteric Femur Fracture	<i>p</i> -Value
<i>n</i> (%)	506 (53%)	444 (47%)	
Age (years)	73.7 ± 13.6	76.1 ± 13.3	0.002 *
Gender female	345 (68.2%)	292 (65.8%)	0.429
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 3.8	23.8 ± 4.6	0.274
ASA score	2.3 ± 0.7	2.3 ± 0.7	0.239
Osteoporosis	39 (7.7%)	40 (9.0%)	0.469
Length of stay (days)	13.8 ± 10.0	13.8 ± 7.5	0.294
Mortality	22 (4.3%)	9 (2.0%)	0.045 *
Mobility on crutches	298 (63.0%)	212 (51.2%)	<0.001 *

Data presented as mean \pm SD or *n* (%); * = statistically significant; BMI = body mass index.

The ratio of trochanteric fractures to femoral neck fractures increases with age, as seen in patients older than 85 years ($n = 220$), with a changed ratio of trochanteric fractures to femoral neck fractures of 53.6% ($n = 118$) to 46.4% ($n = 102$) being observed. A logistic regression analysis was performed to identify independent risk factors for having a trochanteric fracture rather than a femoral neck fracture (Table 2). Body mass index (OR 1.033, 95% CI, 1.002–1.066; $p = 0.040$) and age (OR 1.016, 95% CI, 1.006–1.027; $p = 0.002$) were significant risk factors when controlled for the covariates female gender and osteoporosis.

Table 2. Logistic regression analysis of independent risk factors for trochanteric fracture rather than femoral neck fracture adjusted for the covariates age, gender, and osteoporosis.

	OR	95% CI	p-Value
BMI	1.033	1.002–1.066	0.040 *
Age	1.016	1.006–1.027	0.002 *
Gender female	1.243	0.932–1.658	0.138
Osteoporosis (anamn.)	1.202	0.752–1.922	0.441

Note: * = statistically significant; OR = odds ratio; CI = confidence interval; BMI = body mass index; anamn. = anamnesticly reported.

3.2. Differences between the BMI Groups

The mean BMI was 23.5 ± 4.2 kg/m², with a minimum of 12.8 kg/m² and a maximum of 48.4 kg/m². The distribution among the BMI groups was: UW 8.4% ($n = 80$), NW 60% ($n = 570$), OW 25.4% ($n = 241$), OB 6.2% ($n = 59$). Table 3 shows the baseline characteristics and individual morbidities of the investigated patient collective for the four BMI groups. Significant differences between the groups were found regarding gender; preoperative ASA score; fracture type; and prevalence of diabetes, hypertension, and substance addiction, as well as the number of medications taken.

Table 3. Epidemiology and history of comorbidities.

	Under-Weight ($n = 80$)	Normal Weight ($n = 570$)	Over-Weight ($n = 241$)	Obese ($n = 59$)	p-Value
Age (years)	76.9 ± 15.1	74.8 ± 13.9	74.5 ± 12.1	72.8 ± 12.8	0.089
Gender female	66 (82.5%)	392 (68.8%)	140 (58.1%)	39 (66.1%)	<0.001 *
ASA score	2.27 ± 0.7	2.25 ± 0.7	2.31 ± 0.7	2.54 ± 0.7	0.012 *
Fracture type					0.034 *
Femoral neck fracture	40 (50%)	315 (55.3%)	130 (53.9%)	21 (35.6%)	
Trochanteric fracture	40 (50%)	255 (44.7%)	111 (46.1%)	38 (64.4%)	
N ^o of preexisting morbidities	2.47 ± 1.9	2.38 ± 1.8	2.58 ± 1.8	3.10 ± 1.6	0.004 *
Diabetes mellitus	7 (8.8%)	78 (13.7%)	57 (23.7%)	22 (37.3%)	<0.001 *
Arterial hypertension	32 (40.0%)	288 (50.5%)	145 (60.2%)	44 (74.6%)	<0.001 *
Coronary heart disease	20 (25.0%)	148 (26.0%)	76 (31.5%)	24 (40.7%)	0.053
Hypothyroidism	11 (13.7%)	75 (13.2%)	31 (12.9%)	13 (22.0%)	0.302
Osteoporosis	10 (12.5%)	49 (8.6%)	15 (6.2%)	5 (8.5%)	0.331
Dementia	15 (18.8%)	70 (12.3%)	24 (10.0%)	5 (8.5%)	0.186
Stroke	7 (8.8%)	58 (10.2%)	28 (11.6%)	6 (10.2%)	0.898
Substance addiction	13 (16.3%)	37 (6.5%)	13 (5.4%)	2 (3.4%)	0.004 *
Chronic kidney disease	6 (7.5%)	48 (8.4%)	28 (11.6%)	9 (15.3%)	0.201
Tumor disease	16 (20.0%)	78 (13.7%)	32 (13.3%)	9 (15.3%)	0.466
N ^o of medications	3.4 ± 3.5	3.5 ± 3.4	3.9 ± 3.5	4.4 ± 3.0	0.103

Underweight: BMI < 18.5 kg/m²; normal weight: BMI 18.5–24.9 kg/m²; overweight: BMI 25.0–29.9 kg/m²; obese: BMI ≥ 30.0 kg/m². Data presented as mean ± SD or n (%); * = statistically significant; ASA = American Society of Anesthesiologists.

UW patients were more likely to be female compared to NW, OW, or OB patients. There was a significant difference between the different groups regarding their pre-existing comorbidities. The total number of comorbidities was significantly higher in OB patients (3.10 ± 1.6) than in UW and NW

patients (2.47 ± 1.9 and 2.38 ± 1.8 , respectively). This was also reflected in the preoperative ASA scores. OB patients had a significantly higher ASA score than all other BMI groups. The prevalence of both diabetes mellitus and arterial hypertension showed a significant increase with increasing BMI. This trend could also be seen in the prevalence of coronary heart disease without reaching the level of significance ($p = 0.053$). UW patients had a 50/50 ratio of femoral neck fractures to trochanteric fractures. With increasing BMI, this ratio shifted in favor of trochanteric fractures, reaching a maximum of 64.4% in the OB patients (Figure 1).

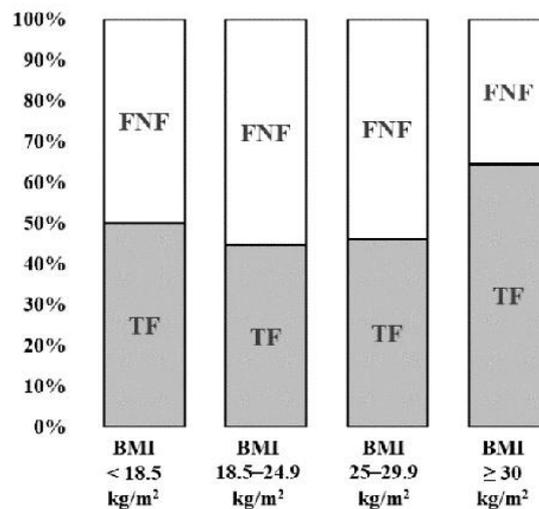


Figure 1. Ratio of femoral neck fractures (FNFs) to trochanteric fractures (TFs), depending on the body mass index (BMI) classification.

The overall in-hospital mortality was 3.3% ($n = 31$). Significant differences between the groups were not identified.

No significant differences were found regarding postoperative complications between the different BMI groups (Table 4). However, a trend was noted in regard to postoperative infections of the wound site with higher BMI. Postoperative anemia with indication for blood transfusion appeared to be less frequent in both OW and OB patients as compared to the other two groups. There was a positive (but insignificant) association of higher BMI with the need for revision surgery. The overall revision rate within the first two years was 8.4% ($n = 80$). The reasons for revision were relevant postoperative hematoma, deep wound site infection, and infection or dislocation of the arthroplasty. The overall incidence of all dislocations in THAs or HAs was 2.4% ($n = 10/415$). OB patients had slightly more dislocations. The results had no significance (UW: $n = 3$, 3.8%; NW: $n = 15$, 2.6%; OW: $n = 5$, 2.1%; OB: $n = 2$, 3.4%; $p = 0.846$). Implant failure is rare and was only reported in 12 cases (1.3%).

Significant differences between the groups were found for operation time and the overall postoperative LOS. The operation time was significantly less in patients with reduced BMI. The operation time was 37% longer for OB patients compared to UW patients (117.2 ± 61.5 min vs. 85.3 ± 42.9 min) ($p < 0.001$). NW patients had intermediate operation times (90.2 ± 38.2 min).

The mean postoperative LOS in the hospital was 13.7 ± 8.9 days. OB patients had a longer postoperative LOS (16 ± 9.7 days), whereas the OW and NW patients had a shorter postoperative LOS (14.2 ± 11.7 days and 13.6 ± 7.8 days, respectively); UW patients had a postoperative LOS of only 12.3 ± 4.8 days. Results from bivariate analyses were verified in a multivariate analysis adjusted for age, gender, ASA score, and fracture type (Table 5).

Regarding the mobility on forearm crutches, we found an advantage for the patients with intermediate BMI levels (18.5 – 29.9 kg/m²; NW and OW patients). Overall, 58.6% of these NW and 59.5% of OW patients were mobile on crutches. However, only 53.8% of OB patients and only 45.9% of

UW patients reached mobility on crutches. The level of significance for these findings was missed ($p = 0.098$). Simultaneous distributions were seen regarding the maximum postoperative Barthel index score. The highest scores of 46.6. and 48.9 were within the NW and OW groups, while the UW and OB groups had lower scores of 41.7 and 45.0 (Figure 2).

Table 4. Complications and outcome variables.

	Under-Weight (n = 80)	Normal Weight (n = 570)	Over-Weight (n = 241)	Obese (n = 59)	Bivariate p-Value ^a	Multivariate p-Value ^b
Revision	4 (5.0%)	47 (8.2%)	22 (9.1%)	7 (11.9%)	0.512	0.538
Erythrocyte transfusion	30 (37.5%)	195 (34.3%)	78 (32.4%)	19 (32.8%)	0.852	0.873
Wound site infection	1 (1.3%)	14 (2.5%)	9 (3.7%)	3 (5.1%)	0.422	0.511
Urinary tract infection	6 (7.5%)	51 (8.9%)	23 (9.5%)	6 (10.2%)	0.940	0.810
Pneumonia	4 (5.0%)	24 (4.2%)	12 (5.0%)	4 (6.8%)	0.817	0.751-
Deep vein thrombosis	1 (1.3%)	7 (1.2%)	4 (1.7%)	0 (0.0%)	0.953	0.980-
Operation time (min)	85.3 ± 42.9	90.2 ± 38.2	99.9 ± 39.9	117.2 ± 61.5	<0.001 *	<0.001 *
Mobility on crutches	34 (45.9%)	310 (58.6%)	138 (59.5%)	28 (53.8%)	0.098	0.481
Barthel Index score	41.7 ± 19.5	46.6 ± 22.3	48.9 ± 17.1	45.0 ± 12.2	0.062	0.052
Mortality	2 (2.5%)	17 (3.0%)	11 (4.6%)	1 (1.7%)	0.065	0.628
Length of stay (LOS)	12.3 ± 4.8	13.6 ± 7.8	14.2 ± 11.7	16.0 ± 9.7	0.040 *	0.040 *

Underweight: BMI < 18.5 kg/m²; normal weight: BMI 18.5–24.9 kg/m²; overweight: BMI 25.0–29.9 kg/m²; obese: BMI ≥ 30.0 kg/m². Data presented as mean ± SD or n (%); * = statistically significant; ^a bivariate analysis: Chi-square test for binary and Kruskal–Wallis test for continuous variables; ^b multivariate analysis adjusted for age, gender, ASA score, and fracture type; logistic regression for binary variables and linear regression for continuous variables.

Table 5. Linear regression for length of stay (log.) and operation time (log.) over BMI categories adjusted for age, gender, ASA score, and fracture type.

	Length of Stay (LOS)			Operation Time		
	OR	95% CI	p-Value	OR	95% CI	p-Value
BMI underweight	−0.210	−0.358–0.066	0.004 *	−0.320	−0.457–0.183	< 0.001 *
BMI normal	−0.128	−0.244–0.013	0.029 *	−0.253	−0.363–0.144	< 0.001 *
BMI overweight	−0.113	−0.235–0.010	0.071	−0.144	−0.260–0.028	< 0.001 *
BMI obese	reference			reference		
Age	0.006	0.003–0.008	0.002 *	−0.003	−0.005–0.001	0.008 *
Gender female	−0.043	−0.018–0.103	0.164	−0.017	−0.075–0.040	0.552
ASA score	0.116	0.076–0.155	< 0.001 *	−0.002	−0.040–0.035	0.899
Fracture type	0.002	−0.052–0.057	0.931	−0.253	−0.305–0.201	< 0.001 *

Note: * = statistically significant; log. = logarithmized variable; OR = odds ratio; CI = confidence interval; BMI = body mass index.

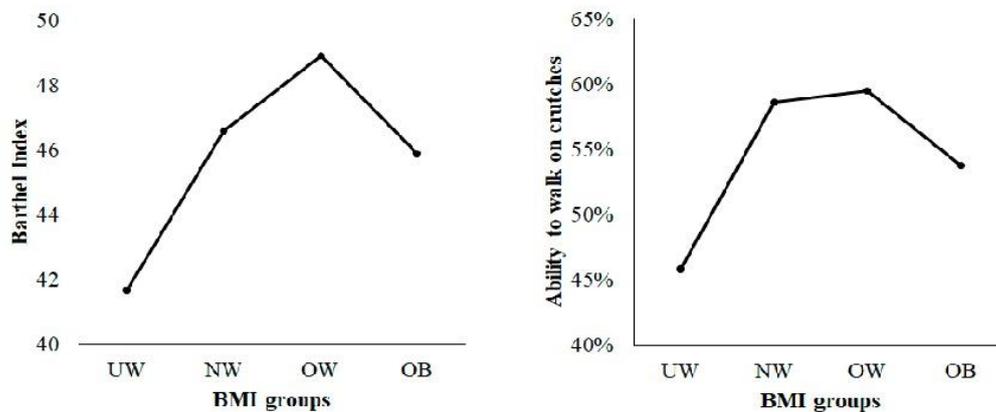


Figure 2. Line graph with reversed J-curve shape, demonstrating the functional status represented by the Barthel index score and mobilization on crutches for the BMI groups (UW = underweight; NW = normal weight; OW = overweight; OB = obese).

4. Discussion

The aim of this study was to assess early postoperative outcomes in patients with proximal femur fractures and to determine if there was an association between body mass index and adverse events. One clear finding in our study was the longer operation time and longer LOS with increasing BMI. The duration of the surgery was longer in OW and OB patients compared to the other two groups. This confirms the data of other studies [18]. One reason might be the time-intensive surgical preparation through hypertrophic subcutaneous soft tissue during the approach, challenging the surgeon. Furthermore, a longer overall operation time was described due to prolonged anesthesia time [19]. According to Meller et al., this also increases the costs of care in OB patients [20].

Length of stay increased stepwise with higher BMI values. Mean LOS was 4 days longer for OB patients than for UW patients. This effect has been described by Hauck et al. [21] and Zizza et al. [22], however the reason remains unclear. The mean LOS (13.7 ± 8.9 days) was longer compared to other studies [12,13]. This might be due to the older study population and non-elective nature of the surgery performed. Anis et al. found that non-elective THAs had significantly longer operation times, longer LOS, and higher complication rates than elective THAs [23]. The reason for the prolonged hospitalization of OB patients was most probably delayed mobilization. Bryant et al. showed a delayed time until the first mobilization out of bed for OB patients [24]. Our findings are in line with these results.

There was no significant difference in in-hospital complications between the BMI groups. Meller et al. found higher rates of systemic complications (e.g., pneumonia, thromboembolic events, or renal failure) only in morbidly obese (BMI > 40 kg/m²) and super-obese (BMI > 50 kg/m²) patients [20]. Our overall complication rate was higher than in elective hip surgery but comparable with other studies in a similar German cohort [25]. However, BMI could not be verified as a risk factor for early postoperative complications. Comparable studies by Batsis et al. [12], Tucker et al. [18], and Bryant et al. [24] presented patient collectives with OB patient rates of 8.8%, 21%, and 29%, respectively. Shaparin et al. described an obesity rate of 45%, with 18% reaching obesity grades II or III (BMI > 35 kg/m²). All of these studies had their origin in the United States of America. In our German study population, the obesity rate was 6.2%, with only 1.6% reaching BMI values > 35 kg/m². This corresponds with the latest publications by the U.S. Center for Disease Control and Prevention, which estimated an obesity rate among adults of 42.4% [26]. In Germany, only 18.1% of adults suffer from obesity [27]. BMI values above 40 kg/m² are defined as morbid obesity. According to Chee et al., the rate of complications is up to four times higher (22% vs. 5%) compared to non-obese patients, especially for these extreme BMI values [28]. In our patient collective, there were only five (0.53%) morbidly obese patients. The role of obesity in regard to mortality after trauma is controversially discussed in recent literature.

Differences were seen in early functional outcomes measured by the Barthel index and the ability to walk on crutches. Both parameters showed the best results in the NW and OW patients. Other studies investigated the early and long-term mobilization and functionality after hip arthroplasty. Our results are in line with Bryant et al., showing a faster “out of bed” mobilization for NW and OW patients [24], while Busato et al. reported better mobility in NW and OW patients [29]. Both studies showed a linear decrease of functionality with minimally higher BMI levels. Our results suggested a reversed J-curve pattern with regard to mobility rather than a linear decrease, as described previously [30]. It appears that in the early postoperative period, patients with moderately elevated BMI (25–30 kg/m²) presented better functional outcomes. However, BMI > 30 kg/m² was associated with decreased functionality. Nevertheless, this reversed J-curve relation seems to apply only to the early postoperative phase. Modig et al. assessed the relationship between BMI and the chance to return to living at home four months postoperatively. They found that underweight people had a significantly lower likelihood of returning to their home and could not prove a disadvantage for obese patients [31]. The initial disadvantage of delayed mobilization in obese patients is not seen until four months post-operation.

The patients in our study had a mean age of 74.8 years and were predominantly (67%) female. These findings are in concordance with the data for comparable studies [32]. The mean BMI of

23.5 kg/m² in our population was less than the expected value when compared to a German Register Study from 2017. The age-adapted mean BMI of elderly people between 70 and 75 years old in Germany was 26.3 kg/m². In our study, the distribution of the BMI groups showed an overrepresentation of UW patients (8.4% vs. 1.8%) and fewer OB patients when compared to the German national average (6.2% vs. 18.4%) [33], being that UW is a known risk factor for sustaining a proximal femur fracture. Therefore, it is not surprising that we found more UW patients in our study [8,34]. The higher risk of falling and decreased bone mineral density (BMD) in sarcopenic patients appear to be the causes [6,7]. The higher rate of osteoporosis in UW patients as compared to OB patients (12.5% vs. 8.5%) can be reproduced from our data (Table 3). One explanation might be the protective effect of increased trochanteric soft tissue shielding the bone in OB female patients with hip fracture [35].

Our study supports other results identifying more femoral neck fractures (53%) than trochanteric fractures (47%) [4]. Our data also confirms previous findings that those with increasing age are more likely to suffer a trochanteric fracture than a femoral neck fracture [3,36]. Interestingly, we found more trochanteric fractures among OB patients. The distribution of the fracture type depending on the BMI group was J-curved. UW patients had a 50% risk of sustaining a trochanteric fracture. NW patients had the lowest risk (44.7%) and OB patients (64.4%) had the highest risk of sustaining a trochanteric fracture. This is in contrast with former studies where trochanteric fractures were more associated with lower body weight [36]. Logistic regression confirmed these findings of high BMI as an independent risk factor adjusted for age and gender. The lower prevalence of osteoporosis in OB patients [37] was expected to decrease the risk of trochanteric fractures. Against former assumptions of a linear and positive effect of BMI on BMD, newer data show that BMD decreases in obese and morbidly obese patients [38]. Mice fed a high-fat diet developed lower bone density and higher trabecular separation compared to mice on a normal diet [39]. Adipose tissue itself seems to have a negative influence on bone quality [40]. Irving et al. described a shift of the fracture pattern towards more comminuted fractures, especially for OB patients, in trochanteric fractures. A biomechanical influence of the cushioning of trochanteric soft tissue is considerable [41].

Femoral neck fractures showed significantly ($p = 0.045$) higher in-hospital mortality (4.3%) compared to trochanteric fractures (2.0%). This is surprising, especially as patients with trochanteric fractures are older compared to patients with femoral neck fractures (76.1 ± 13.3 years vs. 73.7 ± 13.6 years). The higher mortality of femoral neck fractures might be due to longer operation times, higher rates of blood transfusion, and additional risk during cement application. However, our findings are in contrast with the results from Fox et al. who found higher mortality (including in-hospital mortality) for trochanteric fractures after 2, 6, and 12 months [3].

Revision surgery was necessary in 8.4% of all patients, with OB patients showing an increased but not statistically significant tendency to require the most revisions. Another investigation involving a large register study showed an increased revision rate for OB patients [42]. Sayed-Noor et al. found higher 2-year and 5-year revision rates for OW and OB patients in primary THA. The most common indication for revision was infection [43]. Our revision rate was higher than the comparable literature. Dy et al. found an overall revision rate of 5% after THA, particularly if they were fracture-related arthroplasties [44].

Several studies have shown an increased risk for wound site infections for OB patients [45,46]. Impaired perfusion because of decreased capillary density and altered cellular immune competence due to a chronic low-grade inflammatory process were some of the discussed reasons [47]. However, we could not reproduce these findings. The rates of surgical site infections were higher in the OW and OB patients but did not reach statistical significance. Of the 425 patients treated with arthroplasty, 2.4% suffered secondary joint dislocation. Several authors have stated a higher risk of arthroplasty dislocation for OB patients [48]. We found marginally more dislocations in OB patients (3.4%) compared to the mean of our cohort (2.4%). This effect is thought to be caused by a lateralizing force resulting from an impingement phenomenon because of thigh-to-thigh contact in OB patients [49]. Some workgroups

have detected problems in positioning prostheses in OB patients. Mainly, the positioning of the socket seems to be challenging and may lead to higher rates of luxation [50].

Existing literature investigating blood loss during hip arthroplasty in OB patients shows an increase in necessary transfusion rates with higher body weight [51]. We could not reproduce these results. In contrast, OB patients received less erythrocyte concentrate transfusions than the other three groups. Cao et al. recently published results that confirm our observations [52]. The higher total blood volume in OB patients seems to result in a lower volume of relative blood loss [53]. As an interfering factor, there is malnutrition, which leads to low BMI and undetected anemia, resulting in a higher risk of perioperative transfusion [54]. Preoperative anemia was not assessed in our data.

In our investigations, there were no significant differences between the BMI groups regarding mortality. Surprisingly, the mortality rate for OB patients was lower than in any other BMI group. This fact is in accordance with findings from Alban et al. and Evans et al. [55,56]. Modig et al. also demonstrated this effect. In a large register study they confirmed the obesity paradox of obese patients having significantly higher 1-year survival rates after proximal femur fractures [31].

5. Conclusions

In conclusion, there are differences in some outcome parameters in patients sustaining proximal femoral fractures regarding their preoperative BMI. Longer operation times and longer LOS are the key findings. Trends in our data also show that OB patients may be at higher risk for postoperative complications, such as wound infections, need for revision, or even systemic complications (e.g., urinary tract infections and pneumonia). This association is even more distinct in severely obese patients with BMI values > 35 or 40 kg/m².

6. Limitations

The principal limitations of our study are due to its retrospective study design and the long period of data collection. All of the information about complications, as well as body weight and height, came from the medical files of patients. The information was not captured by a conscientious investigator in a prospective study. Furthermore, there were several different surgical techniques and surgeons that may have affected the results. As a single-center study, our results can only be applied to the population in Munich, Bavaria. In other regions with a higher proportion of OB patients, the differences between BMI groups might be even more distinctive.

Author Contributions: All authors were involved in the conceptualization and planning of this study. Data curation and software management were done by L.V. M.M., A.G., and K.B. performed the writing and preparation of the original draft. M.M. took care of formal analysis and data investigation. Review and editing was done by M.M. K.B. supervised the study. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Abbreviations

ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body mass index
DHS	Dynamic hip screw
DVT	Deep vein thrombosis
FNF	Femoral neck fracture
HA	Hemiarthroplasty
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (10th revision)
LOS	Length of stay
NW	Normal weight
OB	Obese
OR	Odds ratio

OW	Overweight
TF	Trochanteric fracture
THA	Total hip arthroplasty
TUM	Technical University Munich
UW	Underweight
WHO	World Health Organization

References

- Schuit, S.C.; van der Klift, M.; Weel, A.E.; de Laet, C.E.; Burger, H.; Seeman, E.; Hofman, A.; Uitterlinden, A.G.; van Leeuwen, J.P.; Pols, H.A. Fracture incidence and association with bone mineral density in elderly men and women: The Rotterdam study. *Bone* **2004**, *34*, 195–202. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Hoffmann, F.; Glaeske, G. Incidence of hip fracture in Germany—Person-related analysis of health insurance population. *Gesundheitswesen* **2006**, *68*, 161–164. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Fox, K.M.; Magaziner, J.; Hebel, J.R.; Kenzora, J.E.; Kashner, T.M. Intertrochanteric versus femoral neck hip fractures: Differential characteristics, treatment, and sequelae. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* **1999**, *54*, M635–M640. [[CrossRef](#)]
- Klopfer, T.; Hemmann, P.; Ziegler, P.; Stöckle, U.; Bahrs, C. Proximale femurfraktur und insuffizienzfrakturen im alter. *Trauma Berufskrankh.* **2017**, *19*, 27–36. [[CrossRef](#)]
- Jaacks, L.M.; Vandevijvere, S.; Pan, A.; McGowan, C.J.; Wallace, C.; Imamura, F.; Mozaffarian, D.; Swinburn, B.; Ezzati, M. The obesity transition: Stages of the global epidemic. *Lancet Diabetes Endocrinol.* **2019**, *7*, 231–240. [[CrossRef](#)]
- Hanna, J.S. Sarcopenia and critical illness. *J. Parenter. Enter. Nutr.* **2015**, *39*, 273–281. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Kanis, J.; Johnell, O.; Gullberg, B.; Allander, E.; Elffors, L.; Ranstam, J.; Dequeker, J.; Dilsen, G.; Gennari, C.; Vaz, A.L.; et al. Risk factors for hip fracture in men from southern Europe: The medos study. Mediterranean osteoporosis study. *Osteoporos. Int.* **1999**, *9*, 45–54. [[CrossRef](#)]
- Court-Brown, C.M.; Duckworth, A.D.; Ralston, S.; McQueen, M.M. The relationship between obesity and fractures. *Injury* **2019**, *50*, 1423–1428. [[CrossRef](#)]
- Flodin, L.; Laurin, A.; Lokk, J.; Cederholm, T.; Hedstrom, M. Increased 1-year survival and discharge to independent living in overweight hip fracture patients: A prospective study of 843 patients. *Acta Orthop.* **2016**, *87*, 146–151. [[CrossRef](#)]
- Scully, W.; Piuze, N.S.; Sodhi, N.; Sultan, A.A.; George, J.; Khlopas, A.; Muschler, G.F.; Higuera, C.A.; Mont, M.A. The effect of body mass index on 30-day complications after total hip arthroplasty. *Hip Int. J. Clin. Exp. Res. Hip Pathol. Ther.* **2020**, *30*, 125–134. [[CrossRef](#)]
- Basques, B.A.; Bohl, D.D.; Golinvaux, N.S.; Leslie, M.P.; Baumgaertner, M.R.; Grauer, J.N. Postoperative length of stay and 30-day readmission after geriatric hip fracture: An analysis of 8434 patients. *J. Orthop. Trauma* **2015**, *29*, e115–e120. [[CrossRef](#)]
- Batsis, J.A.; Huddleston, J.M.; Melton, L.J., 3rd; Huddleston, P.M.; Larson, D.R.; Gullerud, R.E.; McMahon, M.M. Body mass index (bmi) and risk of noncardiac postoperative medical complications in elderly hip fracture patients: A population-based study. *J. Hosp. Med.* **2009**, *4*, E1–E9. [[CrossRef](#)]
- Shaparin, N.; Widyn, J.; Nair, S.; Kho, I.; Geller, D.; Delphin, E. Does the obesity paradox apply to early postoperative complications after hip surgery? A retrospective chart review. *J. Clin. Anesth.* **2016**, *32*, 84–91. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Prugger, C.; Keil, U. Entwicklung der adipositas in Deutschland—Größenordnung, determinanten und perspektiven. *Dtsch. Med. Wochenschr.* **2007**, *132*, 892–897. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- World Health Organization. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a who consultation. *World Health Organ. Tech. Rep. Ser.* **2000**, *894*, 1–253.
- Owens, W.D.; Felts, J.A.; Spitznagel, E.L., Jr. Asa physical status classifications: A study of consistency of ratings. *Anesthesiology* **1978**, *49*, 239–243. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Mahoney, F.I.; Barthel, D.W. Functional evaluation: The barthel index. *Md. State Med. J.* **1965**, *14*, 61–65.
- Tucker, M.C.; Schwappach, J.R.; Leighton, R.K.; Coupe, K.; Ricci, W.M. Results of femoral intramedullary nailing in patients who are obese versus those who are not obese: A prospective multicenter comparison study. *J. Orthop. Trauma* **2007**, *21*, 523–529. [[CrossRef](#)]

19. Kadry, B.; Press, C.D.; Alosch, H.; Opper, I.M.; Orsini, J.; Popov, I.A.; Brodsky, J.B.; Macario, A. Obesity increases operating room times in patients undergoing primary hip arthroplasty: A retrospective cohort analysis. *PeerJ* **2014**, *2*. [CrossRef]
20. Meller, M.M.; Toossi, N.; Gonzalez, M.H.; Son, M.-S.; Lau, E.C.; Johanson, N. Surgical risks and costs of care are greater in patients who are super obese and undergoing THA. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **2016**, *474*, 2472–2481. [CrossRef]
21. Hauck, K.; Hollingsworth, B. The impact of severe obesity on hospital length of stay. *Med. Care* **2010**, *48*, 335–340. [CrossRef] [PubMed]
22. Zizza, C.; Herring, A.H.; Stevens, J.; Popkin, B.M. Length of hospital stays among obese individuals. *Am. J. Public Health* **2004**, *94*, 1587–1591. [CrossRef] [PubMed]
23. Anis, H.K.; Sodhi, N.; Coste, M.; Ehiorobo, J.O.; Newman, J.M.; Garbarino, L.J.; Gold, P.; Freund, B.; Piuze, N.; Mont, M.A. A comparison of peri-operative outcomes between elective and non-elective total hip arthroplasties. *Ann. Transl. Med.* **2019**, *7*, 78. [CrossRef] [PubMed]
24. Bryant, M.K.; Parrish, M.; Roy, S.; Udekwu, P.; Farrell, M.; Schinco, M.; Ganga, S. Inferior clinical outcomes after femur fracture in the obese are potentially preventable. *Injury* **2019**, *50*, 2049–2054. [CrossRef] [PubMed]
25. Eschbach, D.A.; Oberkircher, L.; Bliemel, C.; Mohr, J.; Ruchholtz, S.; Buecking, B. Increased age is not associated with higher incidence of complications, longer stay in acute care hospital and in hospital mortality in geriatric hip fracture patients. *Maturitas* **2013**, *74*, 185–189. [CrossRef] [PubMed]
26. Hales, C.M.; Carroll, M.D.; Fryar, C.D.; Ogden, C.L. *Prevalence of Obesity and Severe Obesity among Adults: United States, 2017–2018*; National Center for Health Statistics: Hyattsville, MD, USA, 2020.
27. Schienkiewitz, A.; Mensink, G.; Kuhnert, R.; Lange, C. Übergewicht und Adipositas bei Erwachsenen in Deutschland. Available online: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloads/FactSheets/JoHM_2017_02_Uebergewicht_Adipositas_Erwachsene.html (accessed on 14 June 2017).
28. Chee, Y.H.; Teoh, K.H.; Sabnis, B.M.; Ballantyne, J.A.; Brenkel, I.J. Total hip replacement in morbidly obese patients with osteoarthritis: Results of a prospectively matched study. *J. Bone Joint Surg. Br.* **2010**, *92*, 1066–1071. [CrossRef]
29. Busato, A.; Röder, C.; Herren, S.; Eggl, S. Influence of high bmi on functional outcome after total hip arthroplasty. *Obes. Surg.* **2008**, *18*, 595–600. [CrossRef]
30. Nafiu, O.O.; Kheterpal, S.; Moulding, R.; Picton, P.; Tremper, K.K.; Campbell, D.A., Jr.; Eliason, J.L.; Stanley, J.C. The association of body mass index to postoperative outcomes in elderly vascular surgery patients: A reverse j-curve phenomenon. *Anesth. Analg.* **2011**, *112*, 23–29. [CrossRef]
31. Modig, K.; Erdefelt, A.; Mellner, C.; Cederholm, T.; Talbäck, M.; Hedström, M. “Obesity paradox” holds true for patients with hip fracture: A registry-based cohort study. *J. Bone Joint Surg. Am.* **2019**, *101*, 888–895. [CrossRef]
32. Akinleye, S.D.; Garofolo, G.; Culbertson, M.D.; Homel, P.; Erez, O. The role of bmi in hip fracture surgery. *Geriatr. Orthop. Surg. Rehabil.* **2018**, *9*, 2151458517747414. [CrossRef]
33. Destatis, S.B. Mikrozensus—Fragen zur Gesundheit—Körpermaße der Bevölkerung 2017. Available online: http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=3&p_aid=70540760&nummer=223&p_sprache=D&p_indsp=99999999&p_aid=34467983 (accessed on 1 August 2018).
34. De Laet, C.; Kanis, J.A.; Oden, A.; Johanson, H.; Johnell, O.; Delmas, P.; Eisman, J.A.; Kroger, H.; Fujiwara, S.; Garnero, P.; et al. Body mass index as a predictor of fracture risk: A meta-analysis. *Osteoporos. Int.* **2005**, *16*, 1330–1338. [CrossRef] [PubMed]
35. Bachmann, K.N.; Fazeli, P.K.; Lawson, E.A.; Russell, B.M.; Riccio, A.D.; Meenaghan, E.; Gerweck, A.V.; Eddy, K.; Holmes, T.; Goldstein, M.; et al. Comparison of hip geometry, strength, and estimated fracture risk in women with anorexia nervosa and overweight/obese women. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2014**, *99*, 4664–4673. [CrossRef]
36. Mautalen, C.A.; Vega, E.M.; Einhorn, T.A. Are the etiologies of cervical and trochanteric hip fractures different? *Bone* **1996**, *18*, S133–S137. [CrossRef]
37. Lloyd, J.T.; Alley, D.E.; Hawkes, W.G.; Hochberg, M.C.; Waldstein, S.R.; Orwig, D.L. Body mass index is positively associated with bone mineral density in us older adults. *Arch. Osteoporos.* **2014**, *9*, 175. [CrossRef] [PubMed]

38. Mosca, L.N.; Goldberg, T.B.; da Silva, V.N.; da Silva, C.C.; Kurokawa, C.S.; Bisi Rizzo, A.C.; Corrente, J.E. Excess body fat negatively affects bone mass in adolescents. *Nutrition* **2014**, *30*, 847–852. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Cao, J.J.; Sun, L.; Gao, H. Diet-induced obesity alters bone remodeling leading to decreased femoral trabecular bone mass in mice. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **2010**, *1192*, 292–297. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Kim, J.; Kwon, H.; Heo, B.-K.; Joh, H.-K.; Lee, C.M.; Hwang, S.-S.; Park, D.; Park, J.-H. The association between fat mass, lean mass and bone mineral density in premenopausal women in Korea: A cross-sectional study. *Korean J. Fam. Med.* **2018**, *39*, 74–84. [[CrossRef](#)]
41. Irving, D.; Hinkley, J.; Marquart, M. The relationship between bmi and stability of intertrochanteric fracture following low-energy falls. A retrospective cohort study. *Geriatr. Orthop. Surg. Rehabil.* **2019**, *10*, 2151459319857555. [[CrossRef](#)]
42. Onggo, J.R.; Onggo, J.D.; de Steiger, R.; Hau, R. Greater risks of complications, infections, and revisions in the obese versus non-obese total hip arthroplasty population of 2,190,824 patients: A meta-analysis and systematic review. *Osteoarthr. Cartil.* **2020**, *28*, 31–44. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Sayed-Noor, A.S.; Mukka, S.; Mohaddes, M.; Kärrholm, J.; Rolfson, O. Body mass index is associated with risk of reoperation and revision after primary total hip arthroplasty: A study of the Swedish hip arthroplasty register including 83,146 patients. *Acta Orthop.* **2019**, *90*, 220–225. [[CrossRef](#)]
44. Dy, C.J.; Bozic, K.J.; Pan, T.J.; Wright, T.M.; Padgett, D.E.; Lyman, S. Risk factors for early revision after total hip arthroplasty. *Arthritis Care Res.* **2014**, *66*, 907–915. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Thelwall, S.; Harrington, P.; Sheridan, E.; Lamagni, T. Impact of obesity on the risk of wound infection following surgery: Results from a nationwide prospective multicentre cohort study in England. *Clin. Microbiol. Infect.* **2015**, *21*, e1001–e1008. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Gurunathan, U.; Ramsay, S.; Mitric, G.; Way, M.; Wockner, L.; Myles, P. Association between obesity and wound infection following colorectal surgery: Systematic review and meta-analysis. *J. Gastrointest. Surg.* **2017**, *21*, 1700–1712. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Pierpont, Y.N.; Dinh, T.P.; Salas, R.E.; Johnson, E.L.; Wright, T.G.; Robson, M.C.; Payne, W.G. Obesity and surgical wound healing: A current review. *ISRN Obes.* **2014**, *2014*, 638936. [[CrossRef](#)]
48. Kim, Y.; Morshed, S.; Joseph, T.; Bozic, K.; Ries, M.D. Clinical impact of obesity on stability following revision total hip arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **2006**, *453*, 142–146. [[CrossRef](#)]
49. Elkins, J.M.; Daniel, M.; Pedersen, D.R.; Singh, B.; Yack, H.J.; Callaghan, J.J.; Brown, T.D. Morbid obesity may increase dislocation in total hip patients: A biomechanical analysis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **2013**, *471*, 971–980. [[CrossRef](#)]
50. Elson, L.C.; Barr, C.J.; Chandran, S.E.; Hansen, V.J.; Malchau, H.; Kwon, Y.-M. Are morbidly obese patients undergoing total hip arthroplasty at an increased risk for component malpositioning? *J. Arthroplast.* **2013**, *28*, 41–44. [[CrossRef](#)]
51. Bowditch, M.G.; Villar, R.N. Do obese patients bleed more? A prospective study of blood loss at total hip replacement. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* **1999**, *81*, 198–200.
52. Cao, G.; Chen, G.; Yang, X.; Huang, Q.; Huang, Z.; Xu, H.; Alexander, P.G.; Zhou, Z.; Pei, F. Obesity does not increase blood loss or incidence of immediate postoperative complications during simultaneous total knee arthroplasty: A multicenter study. *Knee* **2020**, *27*, 963–969. [[CrossRef](#)]
53. Frisch, N.; Wessell, N.M.; Charters, M.; Peterson, E.; Cann, B.; Greenstein, A.; Silverton, C.D. Effect of body mass index on blood transfusion in total hip and knee arthroplasty. *Orthopedics* **2016**, *39*, e844–e849. [[CrossRef](#)]
54. Kassebaum, N.J.; Jasrasaria, R.; Naghavi, M.; Wulf, S.K.; Johns, N.; Lozano, R.; Regan, M.; Weatherall, D.; Chou, D.P.; Eisele, T.P.; et al. A systematic analysis of global anemia burden from 1990 to 2010. *Blood* **2014**, *123*, 615–624. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Alban, R.; Lyass, S.; Margulies, D.; Shabot, M. Obesity does not affect mortality after trauma. *Am. Surg.* **2006**, *72*, 966–969. [[PubMed](#)]
56. Evans, D.; Stawicki, S.; Davido, H.; Eiferman, D. Obesity in trauma patients: Correlations of body mass index with outcomes, injury patterns, and complications. *Am. Surg.* **2011**, *77*, 1003–1008. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]





Reconstruction or replacement? A challenging question in surgical treatment of complex humeral head fractures in the elderly

M. Müller¹ · F. Greve¹ · M. Crönlein¹ · M. Zyskowski¹ · S. Pesch¹ · P. Biberthaler¹ · C. Kirchhoff¹ · M. Beirer¹

Received: 5 April 2021 / Accepted: 12 August 2021
© The Author(s) 2021

Abstract

Introduction Surgical treatment of complex humeral head fractures in the elderly is challenging due to osteoporotic bone, comorbidities and reduced compliance. The treatment strategy (reconstruction versus replacement) should allow for a functional aftercare and result in a high patient satisfaction. Major complications leading to surgical revision are crucial and should be avoided. The purpose of this study was to analyse the major complication rate leading to surgical revision and the patient-based outcome in complex humeral head fractures of the elderly population treated either using locking plate fixation (LCP) or reversed total shoulder arthroplasty (rTSA).

Materials and Methods All patients older than 65 years surgically treated due to a four-part fracture of the proximal humerus between 2003 and 2015 were enrolled in our retrospective study. Major complications and revision rates were recorded and functional outcome was assessed using the Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) allowing for qualitative self-assessment of the Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), of the Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) score and of the Constant Score.

Results A cohort of 103 patients with a mean age of 73.4 ± 6.2 years suffering from four-part fractures of the humeral head were enrolled. 3 patients were treated using the LCP fixation compared to 40 rTSAs. There were no significant differences in the patient-reported functional outcome. The revision rate was significantly higher in the LCP group (10/63; 15.9%) compared to the rTSA group (1/40; 2.5%). Reasons for revision were avascular head necrosis, cut-out of screws, secondary dislocation of the greater tuberosity and hypersensitivity to metal.

Conclusions Reversed total shoulder arthroplasty and locking plate fixation are both established surgical procedures for the management of complex proximal humerus fractures in the elderly leading to similar functional results. However the revision rate in the rTSA group was significantly lower. Primary rTSA should, therefore, be favoured in multimorbid elderly patients with an increased complication risk to avoid repeated anaesthesia.

Keywords Proximal humeral fracture · Locking plate fixation · Reversed total shoulder arthroplasty · Complication · Revision · Outcome

Introduction

In general proximal humerus fractures (PHFs) occur most commonly in elderly patients with an average age of 66 years whereas the majority of patients is female [1]. Along with fractures of the proximal femur and distal radius, PHF presents the third most common fragility fracture, often

associated with osteoporosis [2]. Low bone mass, deficits in bone geometry and microarchitecture in combination with a higher risk of falling lead to a higher incidence of complex fracture patterns in terms of three- and four-part fractures according to Neer [1, 3, 4] in this patient cohort. Surgical treatment of these complex fractures in general is challenging, especially in older patients with comorbidities often resulting in a continuous modification and development of current surgical techniques.

The advent of the locking plate technology was considered as a breakthrough for the treatment of PHF in the elderly [5]. Advantages of this locking plate technology such as reduced friction and polyaxial locking screw positioning

✉ M. Müller
michael.mueller@mri.tum.de

¹ Department of Trauma Surgery, Klinikum rechts der Isar, Technical University Munich, Ismaningerstraße 22, 81675 München, Germany

were promising, thus leading to a significantly increased use. Unfortunately, complication rates including surgeon-related problems (e.g. intraarticular screw positioning, screw loosening) as well as loss of reduction, screw cut-out, head necrosis and nonunion were considerably high [6–8]. The overall complication rate in patients > 60 years was reported as high as up to 45% leading to revision surgery in 18% of the patients within 1 year [7].

However, revision surgery along with repeated general anaesthetical procedures is crucial especially in the elderly patients due to a possible occurrence of postoperative cognitive dysfunction (POCD = the patient does not return to his baseline cognition function) [9]. Furthermore, cognitive impairment in the elderly can lead to a decline in function, loss of personality and relationships as well as enormous community, social and healthcare costs [10].

In addition, secondary conversion to rTSA as salvage procedure for failure of LCP fixation in PHF in the elderly leads to significantly worse results compared to primary rTSA [11, 12]. Every effort should be made to avoid complications leading to revision in this fragile patient collective. To be able to better decide which surgical procedure should be preferred it is important to understand the clinical outcome following either LCP fixation or primary rTSA.

Therefore, the purpose of this study was to assess the patient-based outcome as well as the major complications leading to surgical revision following primary LCP and rTSA, respectively, in treatment of four-part PHF in the elderly. We suppose that with the increasing experience in the field of shoulder arthroplasty, this could be the safer type of treatment of complex humeral head fractures in geriatric patients.

Materials and methods

Patients

The study protocol was approved by the local ethics committee. For this retrospective study the in-house fracture register was searched for patients older than 65 years suffering from four-part fractures of the proximal humerus surgically treated at our level I trauma center. Preoperative standard radiographs of the shoulder (anterior–posterior view and Y-view orthogonal to the anterior–posterior view) and additional computed tomography (CT) according to the fracture pattern were evaluated. Injuries were considered four-part fractures if the fracture separated the greater tuberosity, lesser tuberosity, humeral head and humeral shaft. This is in accordance with the four-segment approach of the Neer classification [13], although the original criteria (dislocation > 1 cm, tilt > 45°) were not necessarily fulfilled. Multiple trauma patients and patients with injuries of the same

arm as the proximal humerus fracture were excluded. Written informed consent was obtained from each patient.

Surgical technique and rehabilitation

In all enrolled patients surgery was performed using a deltopectoral approach in a beach chair position with the affected arm in a mobile position.

Group I—LCP

At first for performing locking plate fixation the separated tuberosities were fixed with tension band sutures to manipulate and reduce the free tuberosity fragments. Subsequently the humeral head was reduced and in case of medial metaphyseal fragmentation, the medial column was restored to avoid varus collapse. If necessary, the fracture reduction was temporarily secured using K-wires. Finally, the plate was fixed to the humeral shaft and head and the tuberosity sutures were passed through the small holes of the plate to fix the tuberosities.

Group II—rTSA

For the performance of a reversed total shoulder arthroplasty the separated tuberosities were fixed with tension band sutures for later fixation to the humeral shaft. The humeral head and all loose bone fragments were removed. The glenoid was exposed and prepared for implantation of the baseplate and the glenosphere. The humeral shaft was then exposed, prepared and the humeral trial prosthesis was placed. In the next step the prosthesis was reduced with different inlays to confirm proper joint tension and stability. The intramedullary cavity was prepared and cemented fixation of the definitive prosthesis was performed. After hardening of the cement the prosthesis was reduced and achievement of correct soft tissue tension was tested. If present the tuberosities were fixed to the stem to improve stability and function of the arthroplasty.

Postoperatively the arm was immobilized in a sling for 6 weeks. The patients were allowed to start physiotherapy on the first postoperative day following a standard rehabilitation protocol: active-assisted abduction and flexion were restricted to 90° for the first six weeks. Weight-bearing was not allowed during this period. With decreasing pain, this training was extended and movements across the horizontal plane were allowed.

Follow-up

Follow-up was performed using a patient reported outcome measurement (PROM) tool, the so-called Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) [14]. For patient-based outcome

assessment the Munich Shoulder Questionnaire (MSQ) was sent to the patients by mail. This patient-reported outcome questionnaire presents a universally applicable instrument for the self-assessment of the shoulder function. It was developed for an effective follow-up of shoulder patients allowing for a quantitative assessment of the Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), the Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) score and the Constant Score even without the examination by a clinician. The MSQ has been validated previously and its accuracy and effectiveness for follow-up evaluation was demonstrated [15, 16].

Major complications leading to surgical revision were assessed reviewing the electronic medical record of each patient. Radiographs of all patients who underwent revision surgery were analyzed regarding individual reasons for revision.

Statistics

Data were given as arithmetic mean \pm standard deviation. The results were compared using the Mann–Whitney *U* test for continuous variables or Chi-Quadrat-test for dichotome variables. Further a logistic regression analysis was performed to control for potential cofounders. A *p* value < 0.05 determined statistical significance. Statistics were calculated using commercially available programs (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22; Armonk, NY, USA).

Results

The in-house fracture register revealed 375 patients suffering from four-part fractures of the proximal humerus between August 2007 and September 2015. These patients were contacted by mail. 103 patients answered in time and were

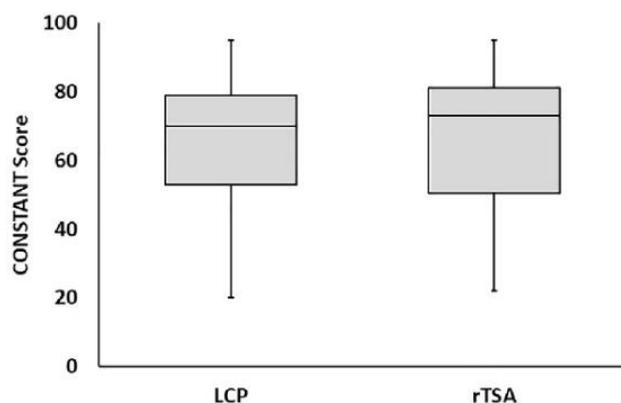


Fig. 1 Boxplot diagrams comparing the results of the CONSTANT-Score compared between the group with plate osteosynthesis (ORIF) and reversed shoulder arthroplasty (rTSA)

consecutively enrolled. 63 patients (46 females, 17 males) were allocated to the LCP group (group I) and 40 patients (34 females, 6 males; n.s.) to the rTSA group (group II). Mean follow-up accounted for 52.5 ± 36.2 months in group I and for 33.5 ± 17.6 months in group II ($p < 0.05$). The LCP-group had a mean age of 71.4 ± 4.8 years compared to group II with 76.8 ± 6.8 years ($p < 0.05$). Time to surgery was significantly shorter in the locking plate fixation group (group I 2.3 ± 2.2 days; group II 4.3 ± 3.9 days; $p < 0.05$).

Regarding the patient-based outcome assessment no significant differences between group I and group II were found (mean MSQ 77.3 ± 18.0 vs. 72.2 ± 27.1 , n.s.; mean SPADI 80.4 ± 20.6 vs. 75.1 ± 28.9 , n.s.; mean DASH score 18.4 ± 20.2 vs. 19.6 ± 24.1 , n.s.; mean Constant Score 66.6 ± 17.1 vs. 64.8 ± 24.2 points, n.s.) (Fig. 1). Male and female patients did not show significantly different MSQ results (74.6 ± 21.8 vs. 75.6 ± 22.2 n.s.).

The revision rate was significantly higher in the LCP group (10/63 = 15.9%) compared to the rTSA group (1/40 = 2.5%; $p = 0.032$) (Table 1). A multivariate analysis controlling for the confounding variables age and gender was performed (Table 2) and confirmed the operation type as an independent risk factor for revision surgery ($p = 0.049$). Reasons for revision in group I were avascular humeral head necrosis ($n = 3$), secondary dislocation of tuberosity fragments ($n = 3$), cut-out of screws ($n = 2$) and postoperative haematoma ($n = 2$). Table 3 presents an overview of all

Table 1 Functional scores and revision rate for all 103 study patients

	All patients	Group I	Group II	<i>p</i>
<i>n</i>	103	63	40	
MSQ score	75.3 ± 22.0	77.3 ± 18.0	72.2 ± 27.1	0.758
SPADI score	78.3 ± 24.2	80.4 ± 20.6	75.1 ± 28.9	0.277
DASH score	18.9 ± 21.7	18.4 ± 20.2	19.6 ± 24.1	0.776
Constant score	65.9 ± 20.1	66.6 ± 17.1	64.8 ± 24.2	0.665
Revision	11/103 (10.7%)	10/63 (15.9%)	1/40 (2.5%)	0.032*

Data presented as mean \pm SD or *n* (%)

*Statistically significant

Table 2 Logistic regression analysis of independent risk factors for revision operation

	OR	95% CI	<i>p</i> value
Age	1.049	0.925–1.189	0.455
Gender (male)	0.889	0.207–3.828	0.875
Operation type (ORIF)	9.673	1.003–93.09	0.049*

OR odds ratio, CI confidence interval

*Statistically significant

Table 3 List of ten cases with reported complications leading to surgical revision

Patient N ^o	Age/gender	Time to operation (days)	Hertel criteria	Treatment	Complication
1	68 years, female	1	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	AVN,
2	77 years, female	2	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF	Cut-out
3	74 years, female	1	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF	AVN
4	74 years, male	1	HD (-), SC (-), AN (-)	ORIF	Postoperative hematoma
5	79 years, female	1	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF ORIF	Cut-out
6	74 years, female	0	HD (+), SC (-), AN (-)	ORIF	Postoperative hematoma
7	77 years, female	3	HD (+), SC (+), AN (-)	rTSA	Metal hypersensitivity
8	70 years, female	0	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	Secondary dislocation of GT
9	69 years, male	4	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	Secondary dislocation of GT
10	78 years, male	5	HD (-), SC (+), AN (-)	ORIF	Secondary dislocation of GT
11	76 years, female	2	HD (+), SC (+), AN (-)	ORIF	AVN

HD hinge displacement, *SC* short calcar segment (<8 mm), *AN* anatomical neck fracture, *AVN* avascular head necrosis, *n.a.* not available, *GT* greater tuberosity

patients who developed postoperative complications leading to revision surgery. Radiographs of a patient developing avascular head necrosis are shown in Fig. 2.

In group II one patient presented with pain, reddening and overheating of the concerned shoulder 11 months postoperatively. Due to clinical suspicion of a low-grade infection complete removal of the arthroplasty was performed.

However, incubation of tissue samples and the polyethylene inlay after sonification showed no bacterial growth. Despite a missing history of metal allergy through contact jewelry or clothing accessories a skin patch test was performed at the department of dermatology confirming a metal hypersensitivity towards cobalt and nickel. Thus a hypoallergenic rTSA was implanted and the patient reported no further complaints.

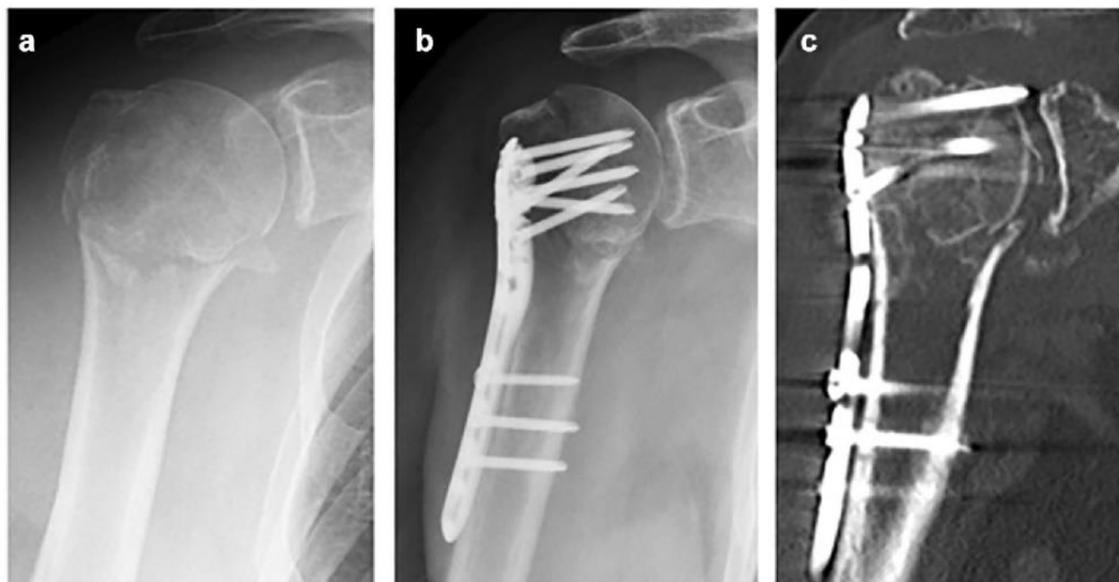


Fig. 2 Case presentation. **a** 74 year old woman presented with a four-part fracture of the right humeral head. Open reduction and internal fixation was performed 1 day after the trauma. **a** preoperative ap-view of the fracture; **b** postoperative ap-view after reconstruction using a

locking plate osteosynthesis; **c** CT scan two months postoperative shows a collapse of the humeral head with secondary dislocation of the screws

Discussion

Surgical treatment of proximal humeral fractures in the elderly is a challenging task due to osteoporotic bone, comorbidities and reduced compliance in this patient cohort. While in theory the locking plate technology presents clear advantages, the failure rate in PHFs of geriatric patients is quite high with a reoperation rate of 18% in four-part fractures. Conversion to rTSA after failure of locking plate fixation leads to functional improvement and pain relief, but functional scores decrease consequently and the complication rate is higher compared to primary rTSA in fracture treatment [12]. Therefore, the purpose of this study was to assess the patient-based outcome and the failure rate leading to surgical revision of LCP and primary rTSA in four-part PHFs of the elderly population.

The Munich Shoulder Questionnaire was used to assess the functional outcome and patients' postoperative satisfaction. It allows for a self-assessment of the SPADI, the DASH and the Constant Score representing the major scores for the assessment of shoulder function and focuses on the subjective patient satisfaction which does not necessarily correlate with the physician-based examination [17]. The functional outcome with a mean Constant Score of 66.6 ± 17.1 points in group I and 64.8 ± 24.2 points in group II did not show significant differences and is comparable to the results of other authors [18–20]. Giardella et al. [18] also compared the outcome of ORIF versus rTSA of three- and four-part fractures in elderly patients and reported a better functional outcome for the arthroplasty group assessed with the constant score. Prima facie, the mean Constant Score of the presented collective with about only two-thirds of the highest Constant Score of 100 seems to be poor. However, the total Constant Score decreases with age for both genders [21]. According to Tavakkolizadeh et al. [21] a Constant Score between 78 and 80 points is equivalent to a normal shoulder function in patients over the age of 70. Taking this into account, the results of the presented study can be rated as good age-adjusted Constant Score results corresponding to a good recovery of the injured and surgically treated shoulder.

Avascular head necrosis (AVN), postoperative loss of reduction, screw cut-out and non-union are common major complications in humeral head-preserving surgical techniques often leading to surgical revision. In the presented study AVN appeared in three patients in group I. To estimate the risk of this crucial complication, Hertel et al. defined the length of the dorsomedial metaphyseal extension, the integrity of the medial hinge and some specific fracture types as most relevant factors for developing ischemia of the humeral head [22]. In the presented three cases with AVN the length of the medial metaphyseal head

extension was very short, in two of three cases the medial hinge was displaced (see Table 3). Thus according to Hertel et al., the head perfusion was at risk. However, locking plate fixation was performed since further ischemia criteria were missing. In addition, the factors defined by Hertel can only be considered as recommendations because the achievement of adequate reduction and stable conditions even in initially ischemic humeral heads can lead to revascularization [23].

Deterioration of bone quality in geriatric patients with additional weakening due to further comorbidities (such as osteoporosis) and influence of medication decreases the resistance of bone against repeated load [24]. Hence premature failure of the bone around screws following fracture fixation can lead to cut-out of metal hardware [25] observed twice in group I. Bone cement augmentation to prevent cut-out of implants in geriatric patients suffering from proximal femur fractures was successfully performed even in revision surgery [26]. Thus cement augmentation also of humeral head screws was developed and biomechanical investigations showed an increased primary stability. In a clinical study, Katthagen et al. showed similar functional outcomes but significantly less screw cut-out in cement augmentation of locking plate fixation of PHF in the elderly compared to locking plate fixation only [27].

Fixation of small tuberosity fragments can be achieved by rotator cuff sutures placed into the subscapularis tendon, the supraspinatus and the infraspinatus tendon just superficial to the tendon's bony insertion [28]. However, we observed secondary dorsocranial dislocation of initial anatomically reduced greater tuberosity fragments in two cases in the early postoperative period. In these patients the suture fixation of the infraspinatus tendon was not performed resulting in lower stability of the greater tuberosity.

In recent decades, metal hypersensitivity (MHS) as reason for implant failure gained more and more attention in orthopedic surgery. In the general population the frequency of cutaneous allergies with immunological reactions especially to nickel, cobalt and chromium is estimated of up to 13% [29]. Patients suffering from MHS following total hip and total knee arthroplasty present with periprosthetic joint pain, effusions and cutaneous eczematous rash [30]. In our study one patient reported periprosthetic joint pain and skin redness 11 months after implantation of a reversed total shoulder arthroplasty. Reasons for joint replacement failure such as infection or mechanical issues of size, placement or orientation were excluded. The patient reported no history of metal allergy; however, skin patch testing following removal of the prosthesis confirmed MHS against nickel and cobalt. Thus re-implantation of a hypoallergenic rTSA was performed and the patient reported no further complaints. Nevertheless, the clinical relevance of MHS remains unclear to the orthopedic surgeon. Especially in the acute fracture

situation, comprehensive preoperative screening via skin patch testing would delay surgical treatment. Depending on local facilities further skin testing of patients with a positive metal allergy history (such as contact jewelry or clothing accessories [30]) constitutes an individual decision.

In the presented study the mean follow-up was significantly shorter in group II (33.5 ± 17.6 months) compared to group I (52.5 ± 36.2 months; $p < 0.05$). The shorter follow-up in group II might be due to the lower incidence of rTSA in relation to LCP fixation at the beginning of the study in 2007. During the study period rTSA was increasingly performed due to good postoperative results [31]. Data from the Finnish Arthroplasty Register and the Finnish National Hospital Discharge Register during 2004–2015 confirm this trend: the total number of reverse shoulder arthroplasty was rapidly increasing by 4500%, respectively [32].

In a systematic review the reoperation rate following open reduction and internal fixation (ORIF) of PHFs was significantly higher compared to rTSA after a similar follow-up of 30–34 months, supporting our findings [33]. Nevertheless, the shorter follow-up of the rTSA group in our study collective could be one factor for the lower revision rate in group II. One can expect that the low revision rate of 2.5% in the rTSA group will increase over time. Van Ochten et al. reported long-term results of reversed shoulder arthroplasty with a revision rate of 8.2% after 9 years [34]. Although this is a substantial increase, the long-term revision rate of plate fixation is still considerably higher [35].

The evaluation objective of the functional outcome, of the complication and revision rate following LCP and rTSA in the elderly is to facilitate the decision which procedure should be preferred in daily clinical practice. Spross et al. developed a therapeutic algorithm based on the activity level and the general health status. According to this algorithm rTSA is recommended for patients older than 70 years with four-part fractures without valgus impaction or patients older than 70 years with valgus impacted four-part fractures and tuberosity displacement > 1 cm towards the humeral head. Despite a high revision rate in the ORIF group the authors observed very satisfying functional outcomes of rTSA after a follow-up of 1 year without revision surgery [36]. These findings support the suggestion to reduce the age limit for rTSA to > 65 years, as performed in our study.

Limitations

There are several limitations to be considered when interpreting the presented results. At first, the retrospective analysis of the data of our in-house fracture register may be inaccurate and may not provide the quality of a prospective data selection. Second, all patients were queried to assess major complications leading to surgical revision and the

electronic medical record was reviewed. Therefore, minor complications such as superficial wound healing problems or numbness could be missed. However, the objective of our study was to assess the major complications leading to surgical revision. At third, there was a significant difference regarding follow-up in both groups. As mentioned above at the beginning of the study in 2007 rTSA presented a low incidence compared to LCP fixation. Our study was based on a self-assessment questionnaire to focus on subjective patient satisfaction. A selection bias regarding patients who did return the questionnaire and those who did not cannot be excluded. Eventually, patients may respond more often to the question which patients were particularly satisfied or dissatisfied. Future investigations with prospective randomized comparisons of LCP fixation and rTSA in PHFs of the elderly are warranted.

Conclusions

Reversed total shoulder arthroplasty as well as locking plate fixation are both established surgical procedures for the treatment of geriatric four-part fractures of the humeral head leading to similar functional outcome results. However, in mid-term follow-up, the revision rate of the rTSA group was significantly lower compared to the patients treated with locking plate fixation. Therefore, primary rTSA should be considered to treat complex humeral head fracture in geriatric patients with an increased complication risk to avoid revision and repeated anaesthesia.

Author contributions All authors contributed to the conception and conduction of the study. The manuscript draft was written by MM and MB. Corrections and comments were made by all authors. CK and PB supervised the study.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. This research received no external funding.

Declarations

Conflict of interest CK is OR instructor for Arthrex. PB is OR instructor for DepuySynthes, Zimmer Biomet, Smith & Nephew, Arthrex, Medartis and Bonesupport. CK and PB declare that no conflicts of interest arise from these relations. All other authors declare that they have no competing interests. None of the authors have received financial payments from any commercial institution in relationship with the conduction of this study and the publication of this article.

Ethical approval The study was registered and approved by the local ethics committee (Ethics Committee of the medical faculty, Klinikum rechts der Isar, Technical University of Munich, Germany; study number 71/15 S).

Informed consent All patients included in this retrospective study were informed about the means of the study and signed an informed consent when returning the PROM questionnaire.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

- Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM (2001) The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 72(4):365–371. <https://doi.org/10.1080/000164701753542023>
- Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J (2006) Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 442:87–92
- Ensrud KE (2013) Epidemiology of fracture risk with advancing age. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 68(10):1236–1242. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt092>
- Neer CS 2nd (2002) Four-segment classification of proximal humeral fractures: purpose and reliable use. *J Shoulder Elbow Surg* 11(4):389–400. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.124346>
- Bell JE, Leung BC, Spratt KF, Koval KJ, Weinstein JD, Goodman DC, Tosteson AN (2011) Trends and variation in incidence, surgical treatment, and repeat surgery of proximal humeral fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Am* 93(2):121–131. <https://doi.org/10.2106/jbjs.i.01505>
- Brorson S, Frich LH, Winther A, Hrobjartsson A (2011) Locking plate osteosynthesis in displaced 4-part fractures of the proximal humerus. *Acta Orthop* 82(4):475–481. <https://doi.org/10.3109/17453674.2011.588856>
- Barlow JD, Logli AL, Steinmann SP, Sems SA, Cross WW, Yuan BJ, Torchia ME, Sanchez-Sotelo J (2020) Locking plate fixation of proximal humerus fractures in patients older than 60 years continues to be associated with a high complication rate. *J Shoulder Elbow Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.11.026>
- Thanasis C, Kontakis G, Angoules A, Limb D, Giannoudis P (2009) Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 18(6):837–844. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.06.004>
- Evered LA, Silbert BS (2018) Postoperative cognitive dysfunction and noncardiac surgery. *Anesth Analg* 127(2):496–505. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000003514>
- Evered L, Scott DA, Silbert B (2017) Cognitive decline associated with anesthesia and surgery in the elderly: does this contribute to dementia prevalence? *Curr Opin Psychiatry* 30(3):220–226. <https://doi.org/10.1097/ycp.0000000000000321>
- Seidl A, Sholder D, Warrender W, Livesey M, Williams G, Abboud J, Namdari S (2017) Early versus late reverse shoulder arthroplasty for proximal humerus fractures: does it matter? *Arch Bone Joint Surg* 5(4):213–220
- Sebastia-Forcada E, Lizaur-Utrilla A, Cebrian-Gomez R, Miralles-Munoz FA, Lopez-Prats FA (2017) Outcomes of reverse total shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: primary arthroplasty versus secondary arthroplasty after failed proximal humeral locking plate fixation. *J Orthop Trauma* 31(8):e236–e240. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000000858>
- Neer CS II (1970) Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 52(6):1077–1089
- Schmidutz F, Beirer M, Braunstein V, Bogner V, Wiedemann E, Biberthaler P (2012) The Munich Shoulder Questionnaire (MSQ): development and validation of an effective patient-reported tool for outcome measurement and patient safety in shoulder surgery. *Patient Saf Surg* 6(1):9. <https://doi.org/10.1186/1754-9493-6-9>
- Beirer M, Crönlein M, Venjakob A, Saier T, Schmitt-Sody M, Huber-Wagner S, Biberthaler P, Kirchhoff C (2015) Additional calcar support using a blade device reduces secondary varus displacement following reconstruction of the proximal humerus: a prospective study. *Eur J Med Res* 20:82–82. <https://doi.org/10.1186/s40001-015-0178-5>
- Greve F, Beirer M, Zyskowski M, Cronlein M, Muller M, Pesch S, Felix S, Biberthaler P, Buchholz A, Kirchhoff C (2019) Prospective outcome analysis following tenodesis of the long head of the biceps tendon along with locking plate osteosynthesis for proximal humerus fractures. *Injury* 50(3):681–685. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.02.003>
- Capuano L, Poulain S, Hardy P, Longo UG, Denaro V, Maffulli N (2011) No correlation between physicians administered elbow rating systems and patient's satisfaction. *J Sports Med Phys Fitness* 51(2):255–259
- Giardella A, Ascione F, Mocchi M, Berlusconi M, Romano AM, Oliva F, Maradei L (2017) Reverse total shoulder versus angular stable plate treatment for proximal humeral fractures in over 65 years old patients. *Muscles Ligaments Tendons J* 7(2):271–278. <https://doi.org/10.11138/mltj/2017.7.2.271>
- Buquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P (2007) Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 89(4):516–520. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.89B4.18435>
- Cazeneuve JF, Cristofari DJ (2010) The reverse shoulder prosthesis in the treatment of fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg Br* 92(4):535–539. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.92B4.22450>
- Tavakkolizadeh A, Ghassemi A, Colegate-Stone T, Latif A, Sinha J (2009) Gender-specific Constant score correction for age. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(5):529–533. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0744-x>
- Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M (2004) Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 13(4):427–433. <https://doi.org/10.1016/S1058274604000795>
- Bastian JD, Hertel R (2008) Initial post-fracture humeral head ischemia does not predict development of necrosis. *J Shoulder Elbow Surg* 17(1):2–8. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.03.026>
- von Ruden C, Augat P (2016) Failure of fracture fixation in osteoporotic bone. *Injury* 47(Suppl 2):S3–s10. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(16\)47002-6](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(16)47002-6)
- Augat P, Simon U, Liedert A, Claes L (2005) Mechanics and mechano-biology of fracture healing in normal and osteoporotic bone. *Osteoporos Int* 16(Suppl 2):S36–43. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1728-9>
- Ackermann O, Stanjek M, Rulander C, von Schulze PC (2012) Proximal cut-out of the hip screw: cement augmentation as a minimally invasive rescue procedure. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 150(5):484–487. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1315291>
- Katthagen JC, Lutz O, Voigt C, Lill H, Ellwein A (2018) Cement augmentation of humeral head screws reduces early

- implant-related complications after locked plating of proximal humeral fractures. *Obere Extremität* 13(2):123–129. <https://doi.org/10.1007/s11678-018-0440-x>
28. Nho SJ, Brophy RH, Barker JU, Cornell CN, MacGillivray JD (2007) Management of proximal humeral fractures based on current literature. *J Bone Joint Surg Am* 89(Suppl 3):44–58. <https://doi.org/10.2106/jbjs.g.00648>
 29. Schafer T, Bohler E, Ruhdorfer S, Weigl L, Wessner D, Filipiak B, Wichmann HE, Ring J (2001) Epidemiology of contact allergy in adults. *Allergy* 56(12):1192–1196. <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2001.00086.x>
 30. Akil S, Newman JM, Shah NV, Ahmed N, Deshmukh AJ, Maheshwari AV (2018) Metal hypersensitivity in total hip and knee arthroplasty: current concepts. *J Clin Orthop Trauma* 9(1):3–6. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2017.10.003>
 31. Haasters F, Siebenburger G, Helfen T, Daferner M, Bocker W, Ockert B (2016) Complications of locked plating for proximal humeral fractures—are we getting any better? *J Shoulder Elbow Surg* 25(10):e295–303. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.02.015>
 32. Harjula JNE, Paloneva J, Haapakoski J, Kukkonen J, Äärämaa V, Registry FSA, G (2018) Increasing incidence of primary shoulder arthroplasty in Finland—a nationwide registry study. *BMC Musculoskelet Disord* 19(1):245–245. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-2150-3>
 33. Gupta AK, Harris JD, Erickson BJ, Abrams GD, Bruce B, McCormick F, Nicholson GP, Romeo AA (2015) Surgical management of complex proximal humerus fractures—a systematic review of 92 studies including 4500 patients. *J Orthop Trauma* 29(1):54–59. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000229>
 34. van Ochten JHM, van der Pluijm M, Pouw M, Felsch QTM, Heesterbeek P, de Vos MJ (2019) Long-term survivorship and clinical and radiological follow-up of the primary uncemented Delta III reverse shoulder prosthesis. *J Orthop* 16(4):342–346. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.03.007>
 35. Robinson CM, Stirling PHC, Goudie EB, MacDonald DJ, Strelzow JA (2019) Complications and long-term outcomes of open reduction and plate fixation of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. <https://doi.org/10.2106/jbjs.19.00595>
 36. Spross C, Meester J, Mazzucchelli RA, Puskas GJ, Zdravkovic V, Jost B (2019) Evidence-based algorithm to treat patients with proximal humerus fractures—a prospective study with early clinical and overall performance results. *J Shoulder Elbow Surg* 28(6):1022–1032. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.02.015>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Redaktion

Carl Neuerburg, München

Ben Ockert, München

Hans Polzer, München



Analyse steigender Behandlungskosten bei erhöhtem BMI von Patienten mit proximaler Femurfraktur

Alexander Gutwerk^{1,2} · Michael Müller² · Moritz Crönlein² · Chlodwig Kirchhoff² · Peter Biberthaler² · Dominik Pförringer² · Karl Braun^{2,3}¹ Klinik für Orthopädie, Unfall-, Hand- und Plastische Chirurgie, DIAKO Krankenhaus, Flensburg, Deutschland; ² Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland; ³ Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland

Zusammenfassung

Die proximale Femurfraktur ist eine Fraktorentität mit ansteigender Prävalenz, ein Effekt, welcher durch die zunehmende Alterung der Allgemeinbevölkerung noch zusätzlich verstärkt werden wird. In der Summe stellt sie sowohl die Operateure als auch das deutsche Gesundheitssystem als Ganzes vor Herausforderungen. Zudem führt ein stetiges Ansteigen des BMI in der Bevölkerung zu immer mehr adipösen Patienten mit proximaler Femurfraktur, was dann durch komplexere Operationen, längere Liegezeiten und eine wachsende Zahl postoperativer Komplikationen wiederum zu Herausforderungen führt.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den monetären Aspekt dieser Entwicklung zu beleuchten. Hierzu wurden retrospektiv 950 Patientenfälle mit proximaler Femurfraktur analysiert. Hierbei konnte gezeigt werden, dass mit steigendem BMI höhere Kosten pro Fall entstanden (10.452 €, 11.505 €, 12.085 € bzw. 13.681 € für BMI < 18,5 kg/m², BMI = 18,5–24,9 kg/m², BMI = 25,0–29,9 kg/m² bzw. BMI ≥ 30,0 kg/m²), da sowohl die Operationszeit als auch die Zeit des stationären Aufenthalts relevant verlängert waren.

Schlüsselwörter

Aufenthaltsdauer · Gesundheitssystem · Endoprothetik · Osteosynthese · Adipositas

Hintergrund

Die proximale Femurfraktur stellt in zunehmendem Maße nicht nur die behandelnden Operateure, sondern auch das Gesundheitssystem als Ganzes vor eine Herausforderung. Sie ist eine der Schlüsselfrakturen des alten Patienten und wies bereits 2006 eine Inzidenz von ca. 100.000 Patienten/Jahr auf [9], die dann zunehmend von 108.000 Fällen (2014) auf 118.000 Fälle im Jahr 2017 anstieg [10]. Entsprechend zeigen die letzten Studien bei über 65-jährigen eine Inzidenz von 600 bis 900 proximalen Femurfrakturen/100.000 Einwohner und Jahr [13]. Somit stellen proximale Femurfrakturen, gemäß der Erhebung der „Rotterdam Study“, bei Patienten ab 55 Jahren die häufigste Extremitätenfrak-

tur bei Männern und die zweithäufigste bei Frauen dar [20]. Problematisch hierbei ist es, dass der steigenden Fallzahl dieser häufig multimorbiden Patienten eine sinkende Anzahl an versorgenden Kliniken gegenübersteht – ein durch das Gesundheitssystem hausgemachtes Problem, da monetäre Kompensationsmechanismen für Krankenhäuser, die diese aufwendige Versorgung vorhalten und entsprechend steigende Kosten hierfür tragen, nicht existieren [10].

Parallel hierzu zeigt sich eine Zunahme von Übergewicht in der Gesellschaft. Waren 1985 noch jeweils 16,2 % der deutschen Männer und Frauen adipös, so waren es 2002 bereits 22,5 % der Männer und 23,3 % der Frauen. In der letzten bundesweiten Erhebung des Robert Koch-Instituts



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

BMI-Gruppe	ALOS in Tagen	Standardabweichung	Kosten in €	Prozentual
UW	12,3	±4,8	9387,36	90,4
NW	13,6	±7,8	10.379,52	100
OW	14,2	±11,7	10.837,44	104,4
OB	16,0	±9,7	12.211,20	117,6

NW „Normal weight“ (Normalgewicht); OB „Obese“ (Adipositas [Grade I–III]); OW „Overweight“ (Übergewicht/Prädiabetes); UW „Underweight“ (Untergewicht)

BMI-Gruppe	Operationszeit in Minuten	Standardabweichung	Operationskosten in Euro	Prozentual
UW	85,3375	±42,9	1065,01	94,6
NW	90,16637	±38,2	1125,28	100
OW	99,98755	±39,9	1247,84	110,9
OB	117,8103	±61,5	1470,27	130,7

NW „Normal weight“ (Normalgewicht); OB „Obese“ (Adipositas [Grade I–III]); OW „Overweight“ (Übergewicht/Prädiabetes); UW „Underweight“ (Untergewicht)

Patienten (97 Jahre, weiblich; BMI-Gruppe NW mit 24,2 kg/m²; Schnitt-Naht-Zeit 37 min) nicht sicher bestimmt werden, sodass sich die Grundgesamtheit für die stationäre Liegedauer auf 949 Patienten bezieht. Hieraus ergibt sich auch eine Differenz in der Summation der durchschnittlichen Kosten von Operation und Aufenthalt zu den errechneten Durchschnittsgesamtkosten.

Statistische Analyse

Die statistische Analyse erfolgte unter Verwendung von SPSS (Version 22, IBM SPSS Statistics for Windows; Fa. Armonk, NY, USA). Zur Beschreibung kontinuierlicher Variablen wurde der Mittelwert mit Standardabweichung angegeben. Für kontinuierliche Variablen wurde der Kruskal-Wallis-Test, für dichotome der Chi-Quadrat Test angewandt, als Signifikanzlevel wurde $p < 0,05$ bestimmt.

Ergebnisse

Es wurden die Daten von 950 Patienten analysiert, hiervon waren 80 untergewichtig, 570 in der Gruppe des Normalgewichts, 241 übergewichtig und 59 adipös. Dabei hatten 506 Patienten eine Schenkelhalsfraktur und 444 eine Fraktur des Trochanterbereichs erlitten (Abb. 1).

Der stationäre Aufenthalt wurde im Durchschnitt mit Kosten von 10.509,48 € (±6809,41 €) beziffert. Die Aufenthalts-

dauer – und mit ihr die Kosten für den stationären Aufenthalt – stiegen mit steigendem BMI nahezu linear an (Abb. 2; Tab. 2).

Bei einer reinen Kalkulation der Aufenthaltskosten nach den 4 BMI Gruppen ergibt sich folgende Kostenkorrelation.

Ebenso verlängerte sich die Operationszeit für die Frakturversorgung mit steigendem BMI (Abb. 3), was parallel zu einer kontinuierlichen Kostensteigerung von rund 1065 € in der untergewichtigen Gruppe auf über 1470 € in der adipösen Gruppe führte (Tab. 3). Im Durchschnitt kostete die operative Versorgung 1172,36 € (±517,46 €).

In der Summe ergaben sich durchschnittliche Fallkosten von 11.682,59 € (±6895,99 €), bei einem stetigen Anstieg mit steigendem BMI. Hierzu trugen sowohl die gesteigerten Operationskosten als auch die gesteigerten Aufenthaltskosten bei zunehmendem BMI bei (Abb. 4).

Diskussion

Im Rahmen der Kostenanalyse zeigt sich ein erhöhter Kostenaufwand bei Patienten mit erhöhtem BMI und proximaler Femurfraktur. Diese Mehrkosten werden aktuell nicht durch das „German-Diagnosis-Related-Groups“ (G-DRG)-System in ausreichender Höhe kompensiert, obwohl sich eine nahezu lineare Kostensteigerung (Abb. 4) in der Behandlung von Patienten mit proximaler Femurfraktur

bei erhöhtem BMI nachweisen lässt. Aufgrund des demografischen Wandels und der erwarteten Zunahme an proximalen Femurfrakturen und Adipositas stellt dies eine große finanzielle Belastung der behandelnden Kliniken dar. Kernkomponenten in einer solchen Betrachtung sind die Kosten der operativen Versorgung sowie die Kosten des stationären Aufenthalts [1].

Die auf diese Weise von uns approximierten Gesamtkosten von 11.682,59 € liegen über den bereits für Deutschland publizierten Daten [1, 8]. Aigner et al. [1] beziffern die Gesamtkosten für die Behandlung von Patienten mit proximaler Femurfraktur am Universitätsklinikum Gießen/Marburg im Durchschnitt auf etwa 8853 € (±5676 €), davon die Kosten des stationären Aufenthalts auf durchschnittlich 5828 € und die Operationskosten auf durchschnittlich 1972 €. Hanstein et al. [8] berichten in ihrer Studie für elektive Hüft-TEP-Versorgungen (unzementierte TEP vs. Hybrid-TEP) an der Orthopädischen Universitätsklinik Rostock von durchschnittlichen Operationskosten von 3370,07 € vs. 3308,30 € (exkl. der Sachkosten gemäß Listenpreis 2230,25 € vs. 2038,05 € ergeben sich also Operationskosten von 1139,82 € vs. 1270,25 €). Die Gesamtkosten beliefen sich auf 6793,52 € für die unzementierte und 6605,38 € für die hybride TEP. Hierbei gilt es, im Hinterkopf zu behalten, dass es sich um elektiv geplante Hüftendoprothesen handelt und nicht das gemischte Patientengut der akuten proximalen Femurfraktur, welches wir in unserer Erhebung betrachten. Somit waren ex ante höhere Kosten in unserer Erhebung zu erwarten gewesen. Im Vergleich zu Aigner et al. [1] zeigen sich unsere Kosten für den stationären Aufenthalt deutlich erhöht, jedoch bei einer ähnlichen Belegungsdauer (13,7 ± 8,9 Tage in unserer Erhebung gegenüber 14 ± 6 Tagen).

In unserer getrennten Analyse beider Kostenpunkte konnten wir eine Verlängerung der operativen Versorgungszeiten durch einen steigenden BMI mit einem monetären Mehraufwand in Verbindung bringen und zeigen, dass die kalkulierten Operationskosten durch verlängerte Operationszeiten mit steigendem Patienten-BMI stetig von ca. 1065 € (BMI unter 18,5 kg/m²) auf rund 1470 € (BMI über 30 kg/m²) in der

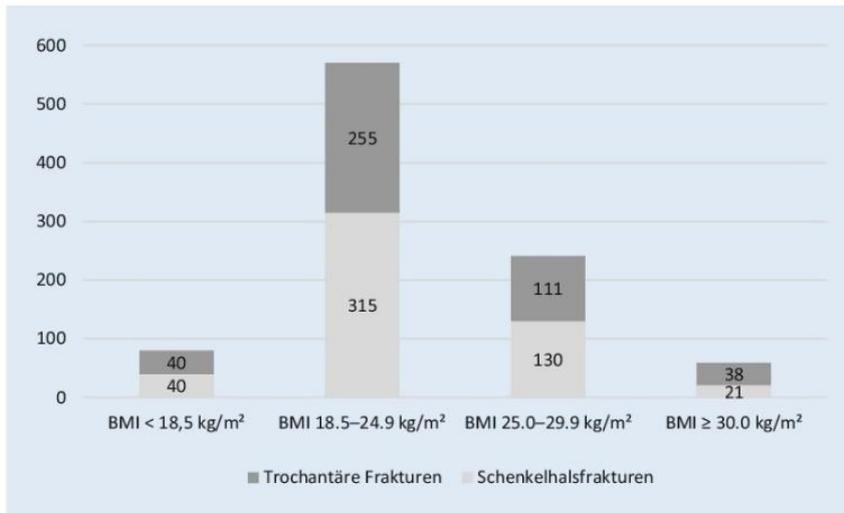


Abb. 1 ▲ BMI- und Frakturtypverteilung

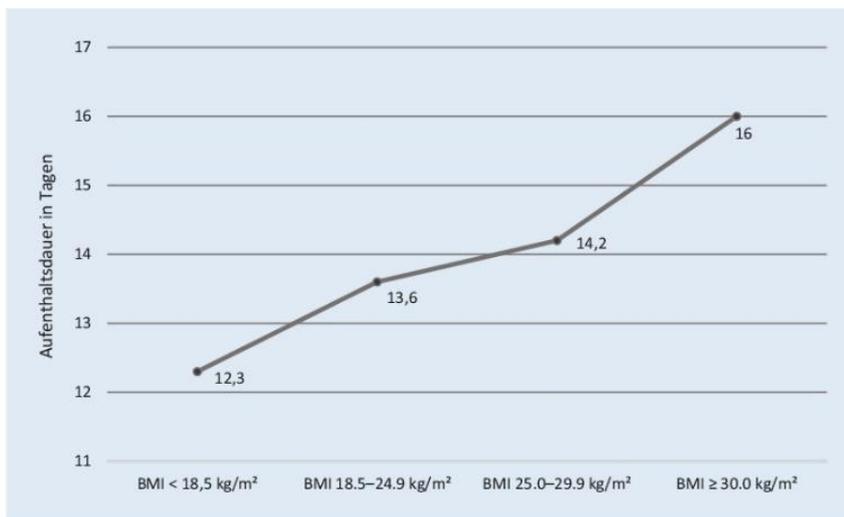


Abb. 2 ▲ Aufenthaltsdauer in Abhängigkeit vom BMI

Gruppe der adipösen Patienten ansteigen. Diese Verlängerung der Operationszeiten bei steigendem BMI zeigt sich auch in anderen Studien [15, 19]. Mitverantwortlich scheint die größere Fettgewebeschicht zu sein, welche die Operationszeit mit zunehmendem Patientenumfang fast linear um 20 min je „1 cm Zugangstiefe“ verlängert [15].

Die Arbeitsgruppe um Klopfer beschreibt für das Jahr 2017 eine Inzidenz von 118.000 Schenkelhalsfrakturen in Deutschland pro Jahr [10]. Gleichzeitig gibt das Robert Koch-Institut (RKI) die Prävalenz der Adipositas mit 23% an, die Prävalenz des Übergewichts (inkl. Adipositas) mit rund 60% [18].

Die Kombination dieser Zahlen zeigt bei rund 120.000 Fällen/Jahr [10] und 23% adipösen sowie weiteren 37% übergewichtigen Patienten [18] eine kalkulierte Kostensteigerung von rund 85,9 Mio. € pro Jahr (70,9 Mio. € durch verlängerte Liegedauer und 15,0 Mio. € durch verlängerte Operationszeiten) für das deutsche Gesundheitssystem. Die potenziellen Folgekosten aufgrund gesteigerter Komplikationsraten sind zu dieser Kalkulation noch zu addieren, sowie darüber hinaus die zu erwartende weitere Zunahme der Fallzahlen [10].

Da dieser Kostenanstieg im derzeitigen DRG-System nicht adäquat abgebildet wird, jedoch aufgrund der zunehmenden

Überalterung und der breiten Gewichtszunahme von dessen Aggravation auszugehen ist, bietet sich eine Diskussion über die Einbeziehung des BMI in die Vergütungsstrukturen der Kliniken an.

In Deutschland wird seit der Einführung des Gesundheitsreformgesetzes 2000 über das fallpauschalenbasierte G-DRG-System abgerechnet. Eine monetäre Mehrvergütung für Patientin mit erhöhtem BMI ist in diesem nur bedingt vorgesehen. So schlägt sich für die ICD-10-Diagnosen S72.00–S72.2 erst eine BMI-Erhöhung über 40 kg/m² in einer CCL von 2 nieder, also erst bei Erreichen der höchsten Stufe der WHO-Klassifikation der Adipositas (WHO Adipositas Grad III). Für BMI-Werte unter 40 kg/m² ergibt sich durch die z. T. bereits erhebliche Adipositas und damit einhergehende Einschränkungen keine Steigerung der DRG. In unserer 950 Patienten umfassenden Kohorte ergab sich somit für lediglich 5 Patienten eine potenzielle Steigerung der DRG (durch die Steigerung der CCL), obwohl wir zeigen konnten, dass die Behandlungskosten bereits in den Gruppen mit einem BMI-Wert über 25 kg/m² erhöht waren und somit eine Rückvergütung dieser Mehrkosten in 300 Fällen unserer Kohorte wünschenswert gewesen wäre. Durch eine Verkürzung der durchschnittlichen Verweildauer bei primärer Hüft-TEP-Implantation in Deutschland von 13,6 Tagen im Jahr 2009 auf 11,8 (2014) und weiter bis auf 10,2 Tage im Jahr 2017 [2] konnte der Effekt erzeugt werden, dass in Deutschland im weltweiten Vergleich endoprothetische Operationen relativ kostengünstig durchgeführt werden [5, 12]. Allerdings ergeben sich diese Einsparungen durch eine reduzierte Grenzverweildauer, welche nun bei sich veränderndem Patientenkollektiv an ihre Optimierungsgrenzen stößt.

Wie von Nyszkiewicz anschaulich beschrieben, führen diese verkürzte Verweildauer und jede andere Einsparung mit einer 2-jährigen Verzögerung durch die Neubewertung der DRG zu einer Schlechterbewertung der DRG bzw. einer Anpassung der kalkulierten Verweildauer und somit einer zukünftigen Erlösminderung, welche die Kliniken zu neuen Sparmaßnahmen drängen [14]. Dies führt zwangsläufig zu einer Qualitätsverschlechterung und einer Patientenselektion in „gewinn-

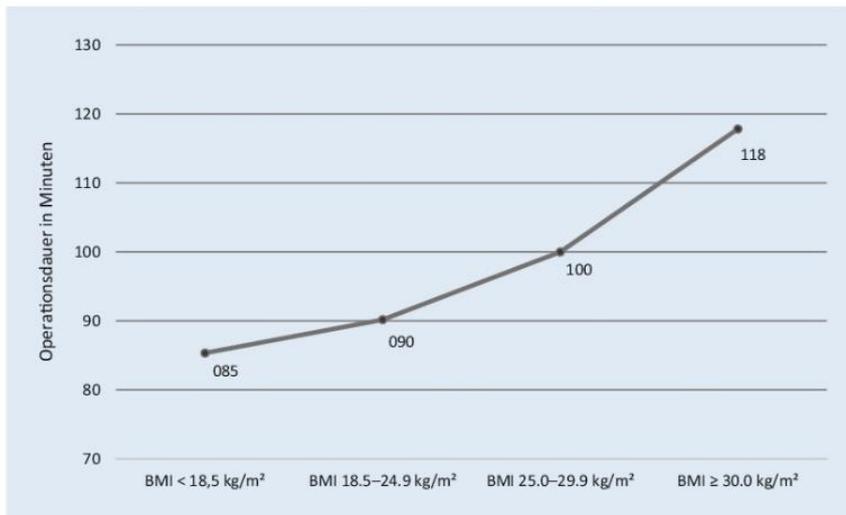


Abb. 3 ▲ Operationsdauer in Abhängigkeit vom BMI

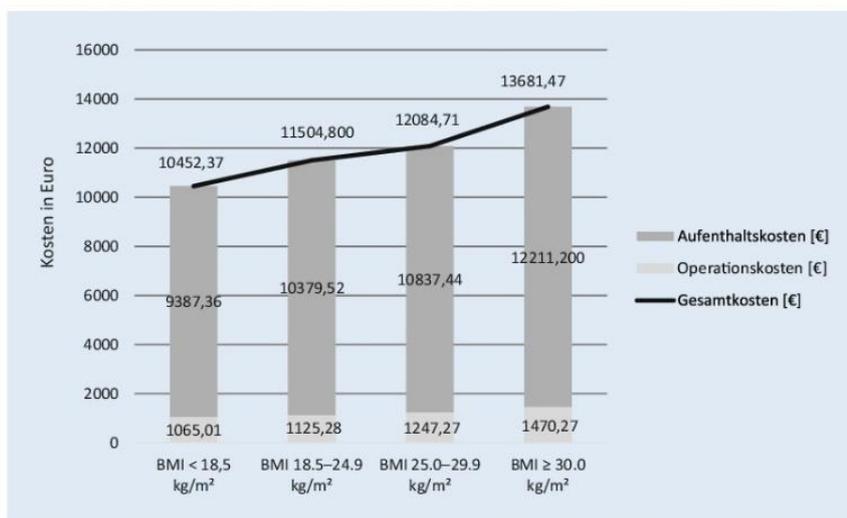


Abb. 4 ▲ Gesamtkosten der stationären Behandlung mit Unterkostenpunkten, aufgetrennt nach BMI Gruppen

versprechende vs. verlustbehaftete Fälle“. Dass wirtschaftliche Faktoren einen zunehmend wichtigen Faktor darstellen und Ärzten mehr und mehr eine ökonomische Logik aufgezwungen wird, ist bekannt [6, 26]. Im Bereich der elektiven Endoprothetik ist bereits ein Trend erkennbar, sich auf ein gesundes Patientenkollektiv zu konzentrieren, um finanzielle Verluste zu vermeiden [7]. Diese Vorselektion ist jedoch in der meist notfälligen Versorgung proximaler Femurfrakturen nicht durchführbar und betont die dringende Notwendigkeit einer Kostenanpassung in diesem Kollektiv.

Anhand unserer Studie wird es ersichtlich, dass die anfallenden Mehrausgaben

durch den erhöhten Aufwand der Versorgung proximaler Femurfrakturen bei Patienten mit erhöhtem BMI im DRG-System abgebildet werden müssen. Dies steht in Analogie zu den Forderungen der Kollegen im geriatrischen Sektor, um die höheren Kosten der Therapie bei Osteoporose, multiplen Vorerkrankungen sowie Schwierigkeiten bei Mobilisation und Rehabilitation abzubilden.

Die Ergebnisse dieser Studie unterliegen einigen Limitationen. Es wurden ausschließlich Patienten aus einem universitären, überregionalen Traumazentrum eingeschlossen. Die Vorhaltungskosten sind

hier im Vergleich zu kleineren Häusern in der Regel höher.

Die Datenerhebung erfolgte retrospektiv; eine regelhafte Nachuntersuchung erfolgte nicht.

Die operative Versorgung erfolgte durch verschiedene Operateure in verschiedenen Stadien der Aus- und Weiterbildung. Eine Analyse nach Operateur erfolgte nicht.

Für die Kostenanalyse wurden lediglich die größten Kostenpunkte (Kosten der operativen Versorgung und des stationären Aufenthalts) berücksichtigt, Folgeeingriffe, Komplikationsraten oder der Mehrverbrauch an Materialien wurden nicht berücksichtigt, sondern lediglich die Operationszeit der Primärimplantation.

Die zur Kalkulation der Operationskosten verwendeten Zahlen (Euro/Operationsminute) wurden bereits im Jahr 2017 publiziert und stammen nicht aus diesem Jahr. Eine in der Zwischenzeit eingetretene, wesentliche Änderung ist nicht zu erwarten, jedoch nicht sicher auszuschließen. Der publizierte Zeitraum von Dezember 2003 bis Juni 2015 liegt bereits einige Jahre in der Vergangenheit. Aufgrund von veränderten Ablaufstandards und Implantaten konnte er nicht wie gewünscht bis 2020 oder 2021 verlängert werden.

Die Standardabweichung der ermittelten Kosten zeigte sich im Verhältnis zum Mittelwert als sehr groß. Diesen Umstand bedauern wir, jedoch zeigen die evaluierten Zahlen einen klaren Trend. Es sollte mittels größer angelegter Studien versucht werden, diesen statistischen Makel zu beheben und die vorliegenden Ergebnisse damit einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

Fazit für die Praxis

- Aufgrund der demografischen Entwicklung sowie der kalorischen Versorgungslage kommen in Europa mehr und mehr übergewichtige Patienten vor.
- Auf die Kliniken kommen in diesem Kontext neue Herausforderungen und damit verbundene Kosten zu.
- Die Kostenträger werden auf die Problematik und den steigenden Ressourcenverbrauch hingewiesen.
- Mittelfristig wird der BMI in die DRG-Vergütung einfließen müssen, um den sich verändernden Rahmenbedingungen gerecht zu werden.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Alexander Gutwerk

Klinik für Orthopädie, Unfall-, Hand- und Plastische Chirurgie, DIAKO Krankenhaus Knuthstr. 1, 24939 Flensburg, Deutschland gutwerk@diako.de

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Gutwerk, M. Müller, M. Crönlein, C. Kirchoff, P. Biberthaler, D. Pflörringer und K. Braun geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Diese retrospektive Studie erfolgte nach Konsultation der zuständigen Ethikkommission und im Einklang mit nationalem Recht.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Aigner R, Meier Fedeler T, Eschbach D, Hack J, Bliemel C, Ruchholtz S, Bücking B (2016) Patient factors associated with increased acute care costs of hip fractures: a detailed analysis of 402 patients. *Arch Osteoporos*. <https://doi.org/10.1007/s11657-016-0291-2>
- Bleß HH, Kip M (2017) Weißbuch Gelenkersatz: Versorgungssituation bei endoprothetischen Hüft- und Knieoperationen in Deutschland. Springer, Berlin
- Callanan M, Jarrett B, Bragdon C, Zurakowski D, Rubash H, Freiberg A (2011) The John Charnley Award: risk factors for cup malpositioning: quality improvement through a joint registry at a tertiary hospital. *Clin Orthop Relat Res* 469(2):319–329
- Elson L, Barr C, Chandran S, Hansen V, Malchau H, Kwon Y (2013) Are morbidly obese patients undergoing total hip arthroplasty at an increased risk for component malpositioning? *J Arthroplasty* 28(8 Suppl):41–44

Analysis of rising treatment cost of elevated BMI in patients with proximal femoral fracture

Driven by the aging population, the proximal femoral fracture is a rising fracture entity, challenging trauma surgeons as well as the German healthcare system as a whole. The rising average age of the population is accompanied by a rising BMI in the German population, resulting in longer operation times, longer average length of stay (ALOS) as well as more postoperative complications.

The aim of this study was to demonstrate the economic correlation between body mass index and hospital costs. The retrospective analysis of 950 patient cases suffering from a proximal femoral fracture resulted in the finding of rising treatment costs being positively associated with rising BMI due to longer operation times and longer length of hospitalization (10,452 €, 11,505 €, 12,085 € and 13,681 € for patients with BMI < 18.5 kg/m², BMI = 18.5–24.9 kg/m², BMI = 25.0–29.9 kg/m² and BMI ≥ 30.0 kg/m², respectively).

Keywords

Duration of stay · ALOS (average length of stay) · Body weight · Internal fixation · Obesity

- Finkenstädt V, Niehaus F (2015) Die Aussagekraft von Länderrankings im Gesundheitsbereich. <http://wip-pkv.de>. Zugegriffen: 03.11.2016
- Flintrop J (2006) Auswirkungen der DRG-Einführung. Die ökonomische Logik wird zum Maß aller Dinge. *Dtsch Arztebl* 46:A3082–A3085
- Gross H (2014) Elektive Endoprothetik: mehr adipöse Patienten – weniger DRG-Erlöse – Strategiewechsel erforderlich. Kongressbericht DGCH 2014. <https://www.springemedizin.de/dgch-2014/orthopaedie-und-unfallchirurgie/elektive-endoprothetik-mehr-adipoese-patienten-weniger-drg-erloe/9958510?searchResult=12>. Kongressbericht%20DGCH%20gross%202014&searchBackButton=true. Zugegriffen: 10.05.2022
- Hanstein T, Kumpo O, Mittelmeier W, Skripitz R (2015) Teilzementierte und unzementierte Hüftendoprothetik – Deckungsbeitrag im deutschen Fallpauschalensystem. *Orthopäde*. <https://doi.org/10.1007/s00132-015-3139-3>
- Hoffmann F, Glaeske G (2006) Incidence of hip fracture in Germany—person-related analysis of health insurance population. *Gesundheitswesen* 68(3):161–164
- Klopfer T, Hemmann P, Schreiner AJ, Bahrs C (2019) Proximale Femurfraktur. *Trauma Berufskrankh*. <https://doi.org/10.1007/s10039-019-0428-9>
- Müller M, Gutwerk A, Greve F, Völker L, Zyskowski M, Kirchoff C, Biberthaler P, Pflörringer D, Braun K (2020) The association between high body mass index and early clinical outcomes in patients with proximal femur fractures. *J Clin Med* 9(7):2076. <https://doi.org/10.3390/jcm9072076>
- Müller M, Trampuz A, Winkler T, Perka C (2018) Die ökonomische Herausforderung der zentralisierten Behandlung von Patienten mit periprothetischen Infektionen. *Z Orthop Unfall* 156(04):407–413. <https://doi.org/10.1055/s-0044-100732>
- Muhm M, Amann M, Hofmann A, Ruffing T (2018) Veränderung der Patientenlientel mit hüftgelenknahen Femurfrakturen in der letzten Dekade – Inzidenz, Alter, Nebenerkrankungen und Liegezeiten. *Unfallchirurg* 121(8):649–656. <https://doi.org/10.1007/s00113-017-0425-z>
- Nyszkiewicz R (2018) Berufsgenossenschaftliche Patienten im DRG-System. (Wie) kann das funktionieren? *Trauma Berufskrankh*. <https://doi.org/10.1007/s10039-017-0304-4>
- Oba T, Inaba Y, Saito I, Fujisawa T, Saito T (2018) Risk factors for prolonged operative time in femoral neck fracture patients undergoing hemiarthroplasty through direct anterior approach. *J Orthop Sci*. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2018.07.003>
- Perka C, Labs K, Muschik M, Buttgeriet F (2000) The influence of obesity on perioperative morbidity and mortality in revision total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 120(5–6):267–271
- Pflörringer D, Markgraf B, Weber M, Seidl F, Crönlein M, Friedl G, Hoffmann R, Biberthaler P, der Grundsatzausschuss DGU (2017) Ermittlung der operationsbezogenen Ausbildungskosten zum Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie. *Unfallchirurg*. <https://doi.org/10.1007/s00113-016-0222-0>
- Robert-Koch-Institut (2020) Übergewicht und Adipositas. www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Themen/Uebergewicht_Adipositas/Uebergewicht_Adipositas_node.html. Zugegriffen: 17.01.2021
- Sang W, Zhu L, Ma J, Lu H, Wang C (2016) The influence of body mass index and hip anatomy on direct anterior approach total hip replacement. *Med Princ Pract* 25(6):555–560. <https://doi.org/10.1159/000447455>
- Schuit SC, van der Klift M, Weel AE, de Laet CE, Burger H, Seeman E et al (2004) Fracture incidence and association with bone mineral density in elderly men and women: the Rotterdam Study. *Bone* 34(1):195–202
- Scully W, Piuze N, Sodhi N, Sultan A, George J, Khlopas A, Muschler G, Higuera C, Mont M (2020) The effect of body mass index on 30-day complications after total hip arthroplasty. *Hip Int* 30(2):125–134. <https://doi.org/10.1177/1120700019826482>
- Stiehler M, Goronzy J, Günther KP (2015) Die endoprothetische Versorgung beim übergewichtigen Koxarthrosepatienten. *Orthopäde*. <https://doi.org/10.1007/s00132-015-3094-z>
- Tsukada S, Wakui M (2010) Decreased accuracy of acetabular cup placement for imageless navigation in obese patients. *J Orthop Sci* 15(6):758–763. <https://doi.org/10.1007/s00776-010-1546-1>
- Vasarhelyi EM, MacDonald SJ (2012) The influence of obesity on total joint arthroplasty. *J Bone Joint*

Surg. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.94B11.30619>

25. WHO (2000) Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a who consultation. World Health Organ Tech Rep Ser 894:1–253
26. Wirtz DC, Michel MD, Kollig EW (2004) DRG's in Orthopädie und Unfallchirurgie – Spannungsfeld zwischen High-Tech und Low cost. Springer, Berlin, Heidelberg

Unfallchirurgie 2023 · 126:456–462
<https://doi.org/10.1007/s00113-023-01315-y>
Angenommen: 27. Februar 2023
Online publiziert: 21. April 2023
© The Author(s), under exclusive licence to
Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
Springer Nature 2023

Redaktion
Tobias Helfen, München
Carl Neuerburg, München
Hans Polzer, München



Anwendung regional-anästhesiologischer Verfahren zur präoperativen Analgesie bei proximalen Femurfrakturen in der Notaufnahme

Eine Umfrage zur Praxis im deutschsprachigen Raum und in Großbritannien

M. Müller¹ · O. Passegger¹ · P. Zehnder¹ · M. Hanschen¹ · E. Muggleton^{2,3} · P. Biberthaler¹ · H. Wegmann¹ · F. Greve¹

¹Fakultät für Medizin, Klinikum rechts der Isar, Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie, Technische Universität München, München, Deutschland

²Fakultät für Medizin, Klinikum rechts der Isar, Klinik für Anästhesiologie, Technische Universität München, München, Deutschland

³Anästhesie am Josephinum, Klinik Josephinum, München, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Regionalanästhesiologische Verfahren (RA) wie der N.-femoralis-Block (NFB) oder Fascia-iliaca-Kompartiment-Block (FIKB) sind effektive Analgesieverfahren bei proximalen Femurfrakturen (PFF). Während diese in Großbritannien (GB) bereits häufig in der Notaufnahme zur präoperativen Analgesie eingesetzt werden, scheint dies im deutschsprachigen D-A-CH-Raum (Deutschland, Österreich und die Schweiz) weniger verbreitet zu sein. Das Ziel der Arbeit ist es daher, die Art und Häufigkeit der Anwendung von RA-Verfahren zu erheben und international zu vergleichen.

Material und Methoden: Im D-A-CH-Raum sowie in GB wurden registrierte Notaufnahmen kontaktiert und zur Teilnahme an einer Online-Umfrage eingeladen. Die Umfrage umfasste Fragen zu Häufigkeit und Art von RA-Verfahren, Gründen der Nichtanwendung, verwendeten Hilfsmitteln, der durchführenden Person und zu verwendeten Medikamenten.

Ergebnisse: Die Teilnahmequote lag bei 17,4 % (142/818 Notaufnahmen). RA-Verfahren zur präoperativen Analgesie bei hüftgelenknahen Femurfrakturen wurden im D-A-CH-Raum bei 18,3 % (21/115), in GB bei 96,3 % (26/27) der Kliniken eingesetzt. Der am häufigsten verwendete Block war in GB der FIKB mit 96,2 % (25/26) und in Deutschland der NFB mit 66,7 % (14/21). Im D-A-CH-Raum werden die RA-Verfahren vorrangig von anästhesiologischen Fachärzten 71,4 % (15/21), in GB von Assistenzärzten der Notaufnahme 65,4 % (17/26) durchgeführt.

Diskussion: In Notaufnahmen des D-A-CH-Raums werden RA-Verfahren bei PFF zu selten durchgeführt. Im internationalen Vergleich mit GB besteht noch Verbesserungspotenzial.

Schlüsselwörter

Regionalanästhesie · Fascia-iliaca-Kompartiment-Block · N.-femoralis-Block · Proximale Femurfrakturen · Hüftgelenknahe Femurfrakturen · Alterstraumatologie



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Graphic abstract



Hintergrund

Hüftgelenknahe Femurfrakturen sind häufige Verletzungen. Mit einer Inzidenz von 120/100.000 Einwohner für Schenkelhalsfrakturen und 109/100.000 Einwohner für pertrochantäre Frakturen stellen sie die häufigsten Fraktorentitäten in Deutschland dar [28]. Im Zuge der demografischen Entwicklung ist in Zukunft mit einem weiteren Anstieg zu rechnen [13].

Proximale Femurfrakturen (PFF) sind schmerzhafte Verletzungen. In Ruhe geben etwa ein Drittel, bei Belastung drei Viertel der Patienten moderate bis starke Schmerzen an [18]. Das Management der perioperativen Schmerzen bei Patienten mit hüftgelenknahen Frakturen hat einen großen Stellenwert. Neben dem subjektiven Leidensdruck sind Schmerzen auch nachweislich ein unabhängiger Risikofaktoren für die Entwicklung des postoperativen Delirs [17, 22] und führen zu schlechteren funktionellen postoperativen Ergebnissen [19, 29]. Diverse Untersuchungen

konnten jedoch zeigen, dass das Schmerzmanagement in Notaufnahmen ein noch zu optimierendes Problem darstellt und sprechen von „Oligoanalgesie“ [10, 31, 34].

Zur optimalen perioperativen Schmerztherapie wird ein multimodales Konzept empfohlen. Klassischerweise werden zur pharmakologischen Therapie Paracetamol, NSAR und Opioide verwendet, welche sowohl oral als auch intravenös appliziert werden [8]. Insbesondere bei älteren multimorbiden Patienten muss das individuelle Nebenwirkungsprofil berücksichtigt werden. NSAR sind aufgrund des Risikos von gastrointestinalen Hämorrhagien und Einschränkungen der Nierenfunktion bei geriatrischen Patienten zu vermeiden [8]. Paracetamol weist ein geringeres Komplikationsprofil auf und hat sich als wirksam gezeigt [5], die analgetische Potenz ist jedoch bei starken Schmerzen nicht ausreichend. Opioide werden häufig eingesetzt. Allerdings sind auch zahlreiche Nebenwirkungen wie Übelkeit, Obstipation, Atemdepression, postoperatives Delir und Einschränkung der kognitiven Funktion bekannt [4, 33].

Ein weiterer Ansatz zur perioperativen Analgesie sind regionalanästhesiologische (RA-)Verfahren. Diese Techniken sind v. a. für die intraoperative Anästhesie etabliert, können aber auch bereits präoperativ bei stationärer Aufnahme angewendet werden, um das Zeitintervall bis zur Operation zu überbrücken. Studien belegen, dass durch die Anwendung das subjektive Schmerzniveau reduziert und der perioperative Analgetikabedarf gesenkt werden können [27, 30].

Die sensorische Innervation der Hüftgelenkkapsel ist komplex. Die dorsalen Kapselanteile werden durch den N. ischiadicus und den N. gluteus superior versorgt. Die nozizeptive Innervation der anterioren Kapsel erfolgt hingegen durch den N. femoralis und den N. obturatorius [21]. Zur Adressierung der verschiedenen Nerven sind multiple Techniken beschrieben, deren Wirksamkeit zur perioperativen Analgesie bei Hüftfrakturen nachgewiesen ist: u. a. NFB, „3-in-1“-Block, Psoasblock und FIKB. Die häufigsten verwendeten Techniken sind der NFB und FIKB [32]. Eine Überlegenheit eines der Verfahren konnte in Metaanalysen bisher jedoch nicht nachgewiesen werden [24].

Abkürzungen

AA	Assistenzarzt
DA	Dienstarzt
D-A-CH	Apronym für Deutschland-Österreich-Schweiz
DGU	Deutsch Gesellschaft für Unfallchirurgie
FA	Facharzt
FIKB	Fascia-iliaca-Kompartiment-Block
GB	Großbritannien
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
LTZ	Lokales Traumazentrum
MTC	„Major trauma centre“
NFB	N.-femoralis-Block
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
PFF	Proximale Femurfraktur
PNS	Periphere Nervenstimulation
OA	Oberarzt
RTZ	Regionales Traumazentrum
SHF	Schenkelhalsfraktur
TU	„Trauma unit“
ÜLZ	Überregionales Traumazentrum



Abb. 1 ◀ Gründe für die Nichtanwendung von RA zur Analgesie bei proximalen Femurfrakturen in deutschsprachigen Notaufnahmen. Mehrfachnennungen möglich. $n=94$

Die Autoren vermuten, dass hinsichtlich der Verwendung von RA-Verfahren in der Notaufnahme erhebliche Unterschiede im internationalen Vergleich bestehen. Insbesondere im Raum Großbritannien scheint der Einsatz deutlich verbreiteter zu sein. Ziel dieser Studie war es daher, die länderspezifischen Unterschiede hinsichtlich der Verwendung von RA-Verfahren zur präoperativen Analgesie bei PFF zu evaluieren, mögliche Defizite aufzuzeigen und zur Verbesserung anzuregen.

Material und Methoden

Zur Erhebung der Verwendung von RA-Verfahren bei PFF wurden zunächst alle Notaufnahmen mit relevanter Traumaversorgung erfasst. Im deutschsprachigen Raum (Deutschland, Österreich und der Schweiz) wurde hierfür die Liste des TraumaNetzwerk der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) verwendet, wobei 603 Kliniken die Kriterien erfüllten. In Großbritannien wurden 215 Notaufnahmen identifiziert. Alle Traumazentren wurden kontaktiert und zur Teilnahme an einem Online-Fragebogen eingeladen. Für die Online-Evaluation wurde das System der Fa. Evasys GmbH (Lüneburg) verwendet. Die Kontaktaufnahme und Beantwortung des Fragebogens erstreckten sich über den Zeitraum vom Juli bis Dezember 2021.

Der Fragebogen erfasste zunächst die Anwendung von RA-Verfahren bei PFF der kontaktierten Klinik. Es wurde dabei expli-

zit nach der Verwendung in der Notaufnahme und nicht im Rahmen der Anästhesie zur Operation gefragt. Bei Kliniken, die keine RA-Verfahren verwenden, wurden die Gründe hierfür erfragt. Bei Zentren, welche die genannten Verfahren bereits verwenden, wurden die genaue Technik, die Qualifikation der durchführenden Person und die verwendeten Hilfsmittel und Lokalanästhetika erfragt. Weitere Fragen ermittelten die häufigsten verwendeten Nichtopioid- und Opioidanalgetika als Alternative zu den regionalen Methoden.

Weitere erfasste Parameter waren die Bettenzahl des Krankenhauses als Näherung für die Größe der Klinik und die Kategorie der Zertifizierung im Traumazentrum der DGU (LTZ, RTZ bzw. ÜTZ). In Großbritannien erfolgte eine vergleichbare Einteilung in „local emergency hospital“, „trauma unit“ (TU) und „major trauma centre“ (MTC).

Statistik. Die Darstellung und statistische Auswertung der Daten erfolgten mit SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22; Armonk, NY, USA). Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik wurden durch absolute Zahlen und prozentuale Häufigkeiten angegeben. Kategoriale Variablen wurden in Kreuztabellen verglichen. Zur Validierung der Signifikanz wurde der Pearsons Chi-Quadrat-Test verwendet. Das Signifikanzniveau wurde als $p < 0,05$ definiert.

Ein positives Votum der Ethikkommission und des Datenschutzbeauftragten

der Technischen Universität München lag vor Studienbeginn vor (Studiennummer 759/20 S-KH).

Ergebnisse

Insgesamt bearbeiteten 142 von 818 kontaktierten Kliniken den Fragebogen (Antwortquote 17,4%). Im deutschsprachigen Raum betrug die Teilnahmequote 115/603 (19,1%) Kliniken, bei den britischen 27/215 (12,6%) Kliniken.

Die Anzahl der Betten in den jeweiligen Kliniken verteilte sich wie folgt: bis 300 Betten $n=38$ (26,8%), 300 bis 500 Betten $n=46$ (32,4%) und > 500 Betten 58 (40,8%). Hinsichtlich der Klassifikation des Traumazentrums nahmen 41 (28,9%) RTZ bzw. „local emergency hospital“, 71 (50%) RTZ/TU und 30 (21,1%) ÜTZ/MTU an der Umfrage teil.

Von allen befragten Notaufnahmen wenden derzeit 47 (33,1%) RA-Verfahren zur präoperativen Analgesie an. In den Notaufnahmen der beteiligten deutschsprachigen Kliniken verwenden 21 von 115 (18,3%), in den britischen 26 von 27 (96,3%) RA-Verfahren ($p < 0,01$). Die Gründe für die Nichtanwendung von RA-Verfahren im deutschsprachigen Raum sind in **Abb. 1** dargestellt.

Nur 19/94 (20,2%) der deutschsprachigen Notaufnahmen planen, ihr Vorgehen in Zukunft zu ändern und RA-Verfahren einzusetzen.

Der Vergleich der Technik der RA-Verfahren zeigt ebenfalls länderspezifische

Tab. 1 Länderspezifische Charakteristika bei der Verwendung der regionalanästhesiologischen Verfahren			
	D-A-CH, n (%) (n = 21)	GB, n (%) (n = 26)	p-Wert ^a
<i>RA-Technik</i>			<0,01
Fascia-iliaca-Kompartiment-Block	6 (28,6)	25 (96,2)	
N.-femoralis-Block	14 (66,7)	1 (3,8)	
Andere	1 (4,8)	0	
<i>Verwendete Hilfsmittel</i>			<0,01
Nur anatomische Landmarken	0	15 (57,7)	
PNS + anat. Landmarken	3 (14,4)	1 (3,8)	
PNS + Ultraschall	3 (14,4)	0	
Nur Ultraschall	15 (71,4)	10 (38,5)	
<i>Verw. Lokalanästhetikum</i>			<0,01
L-Bupivacain	0	9 (34,6)	
Bupivacain	8 (38,1)	16 (61,5)	
Ropivacain	13 (61,9)	1 (3,8)	
<i>Durchführende Person</i>			<0,01
OA/FA Notaufnahme	4 (19)	5 (19,2)	
AA, Notaufnahme	2 (9,5)	17 (65,4)	
DA, Anästhesie	15 (71,4)	0	
Andere	0	4 (15,4)	
<i>Indikationsdiagnose</i>			0,522
SHF + pertrochantäre Fraktur	19 (90,5)	25 (96,2)	
Nur SHF	1 (4,8)	1 (3,8)	
Nur pertrochantäre Fraktur	1 (4,8)	0	

RA Regionalanästhesie, PNS periphere Nervenstimulation, OA Oberarzt, FA Facharzt, AA Assistenzarzt, DA Dienstarzt, SHF Schenkelhalsfraktur
^aChi-Quadrat-Test

Unterschiede. ■ **Tab. 1** stellt die favorisierte Technik, die verwendeten Hilfsmittel, die verwendeten Lokalanästhetika, die Qualifikation des durchführenden medizinischen Personals und die zur Indikation führende Diagnose im internationalen Vergleich dar.

Zudem wurde der Zusammenhang zwischen der Größe und der Zertifizierung des Krankenhauses überprüft. In Krankenhäusern mit weniger als 300 Betten wurde bei 9/38 (23,7%), mit 300 bis 500 Betten bei 17/46 (37,0%) und mit > 500 Betten bei 21/58 (36,2%) die RA-Verfahren zur präoperativen Analgesie eingesetzt ($p=0,353$). In lokalen Traumazentren kommen bei 9/41 (22,0%), in regionalen Traumazentren bei 31/71 (43,7%) und in überregionalen Traumazentren bei 7/30 (23,3%) RA-Verfahren zu Einsatz ($p=0,028$).

Hinsichtlich der Analgetika, welche anstelle oder supportiv zu den RA-Verfahren eingesetzt wurden, ergaben sich aus-

geprägte länderspezifische Unterschiede.

■ **Abb. 2** zeigt die am häufigsten verwendeten Substanzen. Mehrfachnennungen waren bei dieser Frage möglich.

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Umfragestudie belegen deutliche Unterschiede bei der Anwendung und Durchführung von präoperativen RA-Verfahren in Notaufnahmen bei PFF im internationalen Vergleich zwischen deutschsprachigen Ländern und Großbritannien.

In Großbritannien stellt die Verwendung von regionalen Blöcken in Notaufnahmen ein Standardverfahren dar, wobei im deutschsprachigen Raum die Anwendung vergleichsweise selten registriert wurde (96,3% vs. 18,3%). Bei der Frage nach den Gründen hierfür gaben die meisten Kliniken an, dass sie den Einsatz von RA-Verfahren gar nicht erst in Erwägung gezogen haben (43,0%)

oder kein Personal mit adäquater Schulung für die Durchführung vorhanden sei (44,7%). Dies ist erstaunlich, da die präoperative Verwendung bereits vor der operativen Versorgung von RA-Verfahren seit mehreren Jahren in nationalen und internationalen Leitlinien empfohlen wird. So empfiehlt die American Academy of Orthopedic Surgeons die Regionalanästhesie mit starkem Evidenzgrad [3]. Auch im *Weißbuch Alterstraumatologie und Orthogeriatric* der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie wird diese Empfehlung wiederholt [1]. Der Einsatz der RA-Verfahren bei Hüftfrakturen kann das subjektive Schmerzniveau sowie den Einsatz von i.v.-Analgetika signifikant reduzieren [30]. Auch eine verkürzte Krankenhausverweildauer sowie die Reduktion von respiratorischen und kardialen Komplikationen sind für die Verwendung von RA-Verfahren bei PFF beschrieben [20, 27].

Die Umfrageergebnisse offenbaren jedoch einen ausgeprägten Aufklärungs- und Schulungsbedarf über diese Verfahren. Im Zuge der Umsetzung des Beschlusses des Gemeinsamen Bundesausschusses finden an vielen Kliniken bundesweit Umstrukturierungen statt. Im Rahmen interdisziplinärer Zusammenarbeit könnte die Anwendung von RA-Verfahren in der Notaufnahme z.B. mit Schulungen durch Anesthesisten gefördert werden. In der neuen Zusatzweiterbildung „Klinische Akut- und Notfallmedizin“ werden im Logbuch Kenntnisse zur „Sedierung und Analgesie einschließlich Lokal-, Oberflächen- und Regionalanästhesie“ gefordert. Spezifische RA-Techniken für die hüftgelenknahen Femurfrakturen werden jedoch nicht genannt. Eine Verankerung im Maßnahmenkatalog wäre eine Möglichkeit um die Ausbildung in diesen Verfahren zu forcieren.

Ein seltener Grund (5,3%) für die Nichtanwendung von RA-Verfahren waren Bedenken über Komplikationen. Diese treten auch bei Durchführung durch Personal mit wenig Erfahrung sehr selten auf. In einer Studie von Høgh et al. führten Notaufnahmenassistentenärzte mit geringer Erfahrung bei 187 Patienten den FIKB in einer Technik ohne Ultraschallkontrolle durch [11]. Komplikationen wurden in der Studie nicht berichtet. Auch Dochez

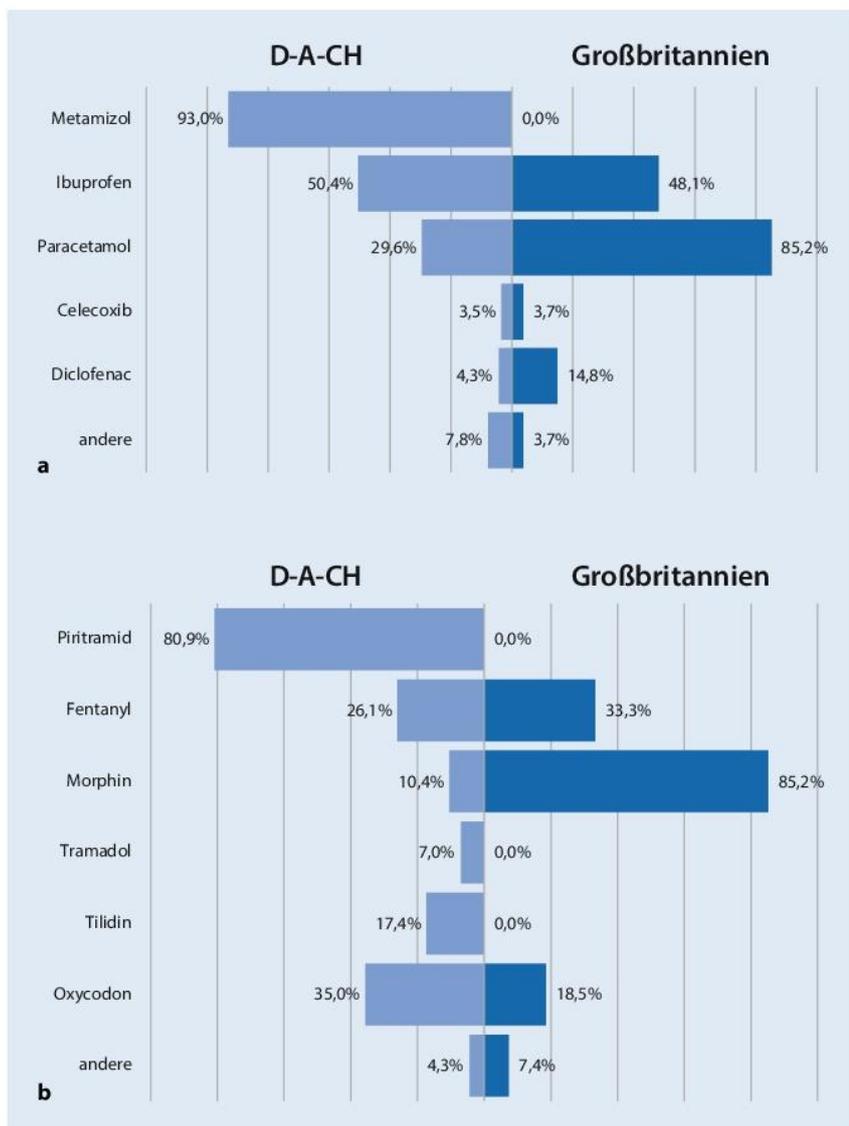


Abb. 2 ▲ Häufigste verwendete Nichtopioidanalgetika (a) und Opioidanalgetika (b) zur konventionellen Analgesie bei proximalen Femurfrakturen. Mehrfachantworten möglich

et al. untersuchten 108 Patienten, die einen präklinischen FIKB durch zuvor geschultes Rettungsdienstpersonal erhalten hatten, und konnten keine Komplikationen feststellen [6]. Es liegen keine Hinweise vor, dass die Verwendung von RA-Verfahren mit einer erhöhten Rate an operationsassoziierten Infekt komplikationen einhergeht [12, 35]. In Großbritannien wird daher bereits die Anwendung durch nichtärztliches Personal propagiert [2].

Beim Vergleich der verwendeten Technik zeigten sich im internationalen Vergleich signifikante Unterschiede. In Großbritannien wird mit 96,2 % annähernd ausschließlich der FIKB verwendet. In deutsch-

sprachigen Ländern wird am häufigsten der NFB (66,7%) durchgeführt und nur in 28,6% der FIKB. In multiplen Studien, inkl. Metaanalysen, konnte bisher in Bezug auf Wirksamkeit und Komplikationsrate keine Überlegenheit eines Verfahrens nachgewiesen werden [7]. Dem FIKB wird jedoch aufgrund der größeren Distanz zwischen Punktionsstelle und N. femoralis ein geringeres Komplikationspotenzial attestiert. Zudem kann der FIKB ohne Verwendung eines Nervenstimulators durchgeführt werden [16]. Es sind verschiedene Punktionsmethoden für den FIKB beschrieben [23]. Das Auffinden des Punktionsortes erfolgt entweder nur anhand von anatomi-

schen Landmarken (■ Abb. 3) oder mittels Ultraschall (■ Abb. 4).

Zudem unterscheiden sich die Länder in der fachlichen Qualifikation der durchführenden Person. In deutschsprachigen Ländern werden die Verfahren größtenteils durch anästhesiologische Fachärzte (71,4%), seltener von Notaufnahme fachärzten (19%) und nur in Ausnahmefällen von Assistenzärzten der Notaufnahme (9,5%) durchgeführt. In Großbritannien werden die RA-Verfahren mehrheitlich durch Assistenzärzte der Notaufnahme durchgeführt (65,4%). Zur Förderung der Verbreitung von RA-Verfahren ist daher eine vermehrte Schulung von nichtanästhesiologischen Assistenzärzten notwendig. Es sei hierbei erneut auf die flache Lemkurve bei gleichzeitig geringer Komplikationsrate hingewiesen [6, 11].

Die standardmäßige Verwendung von RA-Verfahren ist jedoch auch in Großbritannien eine Entwicklung, welche sich erst in den letzten Jahren vollzogen hat. Rashid et al. führten von April bis Juli 2010 ein Umfrage bei britischen Notaufnahmen durch [25]. Sie beschrieben eine Verwendung von RA-Blöcken für hüftgelenknahe Femurfrakturen in 44% der befragten Notaufnahmen. In der damaligen Umfrage war der NFB mit 60% noch der beliebteste, gefolgt von FIKB mit 22%. Die aktuellen Daten zeigen daher eine eindeutige Wandlung vom NFB zum FIKB mit aktuell 96,2% in Großbritannien.

Auch beim Vergleich der eingesetzten systemischen Analgetika als Alternative oder zusätzlich zu den RA-Blöcken zeigten sich deutliche Unterschiede. Bei den Nichtopioiden fällt auf, dass das im deutschsprachigen Raum beliebte Metamizol in Großbritannien überhaupt nicht eingesetzt wird. Dies liegt daran, dass für Metamizol im gesamten angloamerikanischen Raum keine Zulassung vorliegt. Grund ist das Risiko für das Auftreten der seltenen, aber lebensbedrohlichen Agranulozytose [15]. Stattdessen wird in Großbritannien vorrangig Paracetamol verwendet. Studien belegen jedoch eine Überlegenheit der analgetischen Potenz von Metamizol gegenüber Paracetamol [9, 26].

Bei den verwendeten Opioiden zeigen sich ebenfalls deutliche Unterschiede. Das

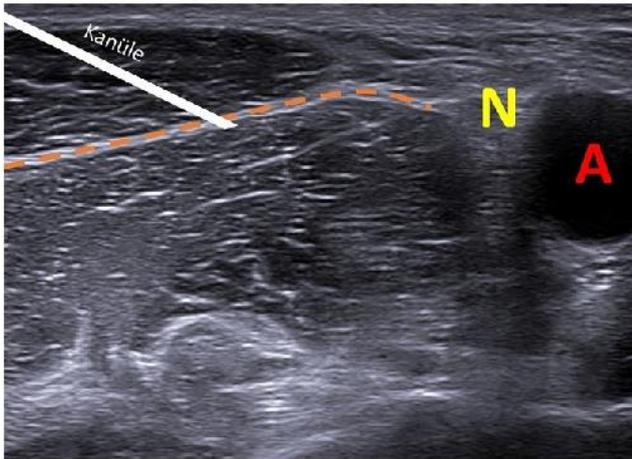


Abb. 3 ▲ Ultraschallbildgebung: Schnitt der Leiste folgend. Die richtige Lokalisation für die Injektion des Lokalanästhetikums ist erreicht, wenn die Injektion des gewählten Lokalanästhetikums ein Auseinanderweichen der Faszienhaut bewirkt. A A. femoralis, NN. femoralis, gestrichelte Linie Fascia iliaca

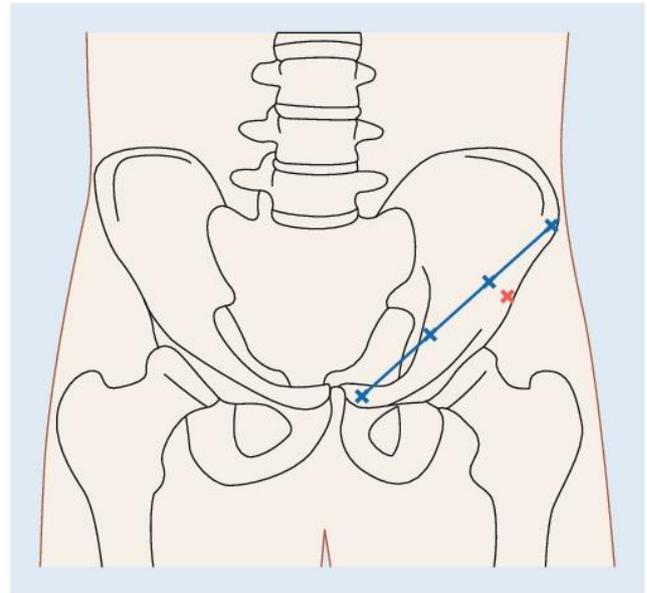


Abb. 4 ▲ Die korrekte Punktionsstelle (rotes Kreuz) befindet sich 1–3 cm kaudal des Übergangs vom mittleren zum lateralen Drittel auf einer Linie zwischen Tuberculum pubicum und Spina iliaca anterior superior

in Deutschland am häufigsten verwendete Piritramid (80,9%) findet in Großbritannien keine Anwendung. Stattdessen wird vorrangig Morphin verwendet (85,2%). Auch dies ist begründet in der mangelnden Zulassung von Piritramid in England. Piritramid wird im Vergleich zu Morphin eine vergleichbare analgetische Wirkung bei schnellerem Wirkeintritt und geringerem Risiko für die Entwicklung von Übelkeit und Atemdepression attestiert. Evidenzbasierte Beweise fehlen jedoch [14].

Als Limitation dieser Studie muss angegeben werden, dass die Antwortquote, insbesondere in Großbritannien mit 12,6%, gering war. Ein Selektionsbias kann daher nicht ausgeschlossen werden. Dennoch ist die Antwortquote für eine orientierende Erhebung ausreichend.

Zusammenfassend lassen sich im deutschsprachigen Raum signifikante Defizite in der Anwendung von RA-Verfahren feststellen. Da die Verwendung von RA-Verfahren zur präoperativen Analgesie nachweislich die Versorgungsqualität für den Patienten steigert, empfehlen wir die forcierte Schulung dieser Techniken unabhängig von der durchführenden Fachrichtung.

Fazit für die Praxis

- Periphere RA-Verfahren sind international etablierte, evidenzbasierte und sichere Verfahren zur präoperativen Analgesie bei PFF.
- Die bereits in den Leitlinien empfohlene Anwendung senkt das subjektive Schmerzniveau und kann das Risiko für sekundäre Komplikationen wie Delir, Pneumonie oder protrahierte Hospitalisation reduzieren.
- Im internationalen Vergleich mit Großbritannien werden in Deutschland, Österreich und der Schweiz noch zu selten RA-Verfahren zur präoperativen Analgesie bei proximalen Femurfrakturen angewendet.
- Durch Aufklärung und Schulung, insbesondere von nichtanästhesiologischem Personal, sollte die Verbreitung von RA-Verfahren zukünftig gesteigert werden.
- Der Fascia-iliaca-Kompartiment-Block ist ein einfach zu erlernendes Verfahren, welches in Großbritannien bereits als Standard effektiv eingesetzt wird.

Korrespondenzadresse



Dr. med. M. Müller

Fakultät für Medizin, Klinikum rechts der Isar, Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie, Technische Universität München
Ismaninger Str. 22, 81675 München, Deutschland
michael.mueller@mri.tum.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Müller, O. Passegger, P. Zehnder, M. Hanschen, E. Muggleton, P. Biberthaler, H. Wegmann und F. Greve geben an, dass kein Interessenskonflikt hinsichtlich der Durchführung, Auswertung und Veröffentlichung dieser Studie vorliegt.

Für diesen Beitrag wurden medizinische Kollegen i. S. einer Umfrage befragt. Es wurden keine medizinischen Interventionen an Patienten durchgeführt. Datenschutzrechtliche Richtlinien wurden eingehalten.

Literatur

1. Aigner R, Anderson P, Von Arnim C et al (2021) Weißbuch Alterstraumatologie und Orthogeriatric. Kohlhammer, Stuttgart
2. Britain AOaOG, Ireland (2013) Fascia iliaca blocks and non-physician practitioners. AAGNI, London
3. Brox WT, Roberts KC, Taksali S et al (2015) The American Academy of Orthopaedic Surgeons Evidence-Based Guideline on management of hip fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Am* 97:1196–1199
4. Chau DL, Walker V, Pai L et al (2008) Opiates and elderly: use and side effects. *CIA* 3:273–278
5. Dixon J, Ashton F, Baker P et al (2018) Assessment and early Management of pain in hip fractures: the impact of paracetamol. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 9:2151459318806443
6. Dochez E, Van Geffen GJ, Bruhn J et al (2014) Prehospital administered fascia iliaca compartment block by emergency medical service nurses, a feasibility study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 22:38
7. Fan X, Cao F, Luo A (2021) Femoral nerve block versus fascia iliaca block for pain control in knee and hip arthroplasties: A meta-analysis. *Medicine* 100:e25450
8. Freeman N, Clarke J (2016) Perioperative pain management for hip fracture patients. *Orthop Trauma* 30:145–152
9. Grundmann U, Wörnle C, Biedler A et al (2006) The efficacy of the non-opioid analgesics parecoxib, paracetamol and metamizol for postoperative pain relief after lumbar microdiscectomy. *Anesth Analg* 103:217–222
10. Guéant S, Taleb A, Borel-Kühner J et al (2011) Quality of pain management in the emergency department: results of a multicentre prospective study. *Eur J Anaesthesiol* 28:97–105
11. Høgh A, Dremstrup L, Jensen SS et al (2008) Fascia iliaca compartment block performed by junior registrars as a supplement to pre-operative analgesia for patients with hip fracture. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 3:65–70
12. Houserman DJ, Raszewski JA, Palmer B et al (2022) The impact of the fascia iliaca block beyond perioperative pain control in hip fractures: A retrospective review. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 13:21514593221099107
13. Klopfer T, Hemmann P, Ziegler P et al (2017) Proximale Femurfraktur und Insuffizienzfrakturen im Alter. *Trauma Berufskrankh* 19:27–36
14. Kumar N, Rowbotham DJ (1999) Piritamide. *Br J Anaesth* 82:3–5
15. Lenzen-Schulte M (2020) Schmerztherapie: Metamizol und Agranulozytose. *Dtsch Arztebl Int* 117:142
16. Lopez S, Gros T, Bernard N et al (2003) Fascia iliaca compartment block for femoral bone fractures in prehospital care. *Reg Anesth Pain Med* 28:203–207
17. Lynch EP, Lazor MA, Gellis JE et al (1998) The impact of postoperative pain on the development of postoperative delirium. *Anesth Analg* 86:781–785
18. Maxwell L, White S (2013) Anaesthetic management of patients with hip fractures: an update. *Continuing Educ Anaesth Crit Care Pain* 13:179–183
19. Morrison SR, Magaziner J, McLaughlin MA et al (2003) The impact of post-operative pain on outcomes following hip fracture. *Pain* 103:303–311
20. Neuman MD, Rosenbaum PR, Ludwig JM et al (2014) Anesthesia technique, mortality, and length of stay after hip fracture surgery. *JAMA* 311:2508–2517

Use of regional anesthesia for preoperative analgesia for proximal femoral fractures in the emergency department. A survey on current practice in German-speaking countries and the United Kingdom

Background: Regional anesthesia (RA) techniques such as femoral nerve block (FNB) or fascia iliaca compartment block (FICB) are effective analgesia techniques in the treatment of pain from proximal femoral fractures (PFF). While in Great Britain (GB) these are already frequently used in the emergency department for preoperative analgesia, in the German-speaking D-A-CH area (Germany, Austria, Switzerland) this seems to occur much less frequently. Therefore, the aim of this study was to survey the type and frequency of RA procedures used and to compare international practice.

Material and methods: In the D-A-CH area as well as in GB, registered emergency departments were contacted and invited to participate in an online survey. The survey included questions on the frequency and type of RA procedures, reasons for non-use, equipment used, person performing the procedure and medications used.

Results: The participation rate was 17.4% (142/818 emergency departments). RA procedures for preoperative analgesia in PFF were used in 18.3% (21/115) of hospitals in the D-A-CH region and in 96.3% (26/27) in GB. The most commonly used block was the FICB in GB at 96.2% (25/26) and the FNB in Germany at 66.7% (14/21). In the D-A-CH area, RA procedures are primarily performed by anesthesiology specialists 71.4% (15/21), and in GB by emergency department residents 65.4% (17/26).

Discussion: RA procedures are still performed too rarely following PFF in emergency departments in the D-A-CH area. In international comparison with GB there is potential for improvement.

Keywords

Regional anesthesia · Fascia iliaca compartment block · Femoral nerve block · Proximal femoral fractures · Femoral fractures close to the hip joint · Geriatric traumatology

21. Newman B, McCarthy L, Thomas PW et al (2013) A comparison of pre-operative nerve stimulator-guided femoral nerve block and fascia iliaca compartment block in patients with a femoral neck fracture. *Anaesthesia* 68:899–903
22. Nie H, Zhao B, Zhang YQ et al (2012) Pain and cognitive dysfunction are the risk factors of delirium in elderly hip fracture Chinese patients. *Arch Gerontol Geriatr* 54:e172–e174
23. O'reilly N, Desmet M, Keams R (2019) Fascia iliaca compartment block. *BJA Educ* 19:191–197
24. Parker MJ, Griffiths R, Appadu B (2002) Nerve blocks (subcostal, lateral cutaneous, femoral, triple, psaos) for hip fractures. *Cochrane Database Syst Rev* 2002(1):CD001159
25. Rashid A, Beswick E, Galitzine S et al (2014) Regional analgesia in the emergency department for hip fractures: survey of current UK practice and its impact on services in a teaching hospital. *Emerg Med J* 31:909–913
26. Rawal N, Allvin R, Amilon A et al (2001) Post-operative analgesia at home after ambulatory hand surgery: a controlled comparison of tramadol, metamizol, and paracetamol. *Anesth Analg* 92:347–351
27. Riddell M, Ospina M, Holroyd-Leduc JM (2016) Use of femoral nerve blocks to manage hip fracture pain among older adults in the emergency department: A systematic review. *CJEM* 18:245–252
28. Rupp M, Walter N, Pfeifer C et al (2021) The incidence of fractures among the adult population of Germany—an analysis from 2009 through 2019. *Dtsch Arztebl Int* 118:665–669
29. Shyu YI, Chen ML, Chen MC et al (2009) Postoperative pain and its impact on quality of life for hip-fractured older people over 12 months after hospital discharge. *J Clin Nurs* 18:755–764
30. Steenberg J, Møller AM (2018) Systematic review of the effects of fascia iliaca compartment block on hip fracture patients before operation. *Br J Anaesth* 120:1368–1380
31. Todd KH, Ducharme J, Choiniere M et al (2007) Pain in the emergency department: results of the pain and emergency medicine initiative (PEMI) multicenter study. *J Pain* 8:460–466
32. Wennberg P, Norlin R, Herlitz J et al (2019) Pre-operative pain management with nerve block in patients with hip fractures: a randomized, controlled trial. *Int J Orthop Trauma Nurs* 33:35–43
33. Wilder-Smith OHG (2005) Opioid use in the elderly. *Eur J Pain* 9:137–140
34. Wilson JE, Pendleton JM (1989) Oligoanalgesia in the emergency department. *Am J Emerg Med* 7:620–623
35. Zhang X-Y, Ma J-B (2019) The efficacy of fascia iliaca compartment block for pain control after total hip arthroplasty: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res* 14:33

Eigenes Publikationsverzeichnis

Mair O, **Müller M**, Rittstieg P, Zehnder P, Lefering R, Biberthaler P, Wenk MJ, Hanschen M, The TraumaRegister DGU. Predicting Genitourinary Injuries in Polytraumatized Patients-Development of the GUIPP Scoring System. J Clin Med. 2023 PMID: 38068393

Müller M, Mann V; Zapf J; Kirchhoff K; Zyskowski M; Biberthaler P; Kirchhoff C; Wurm M. Functional Postoperative Outcome for 92 Cases of Radial Head Fractures: A PROM-Based Retrospective Study. J Clin Med. 2023 PMID: 37762809

Pesch S, Greve F, Zyskowski M, **Müller M**, Crönlein M, Biberthaler P, Kirchhoff C, Wurm M. High return to sports rates after operative treatment of patella fractures. Eur J Med Res 2023. PMID: 37736742

Müller M, Passegger O, Zehnder P, Hanschen M, Muggleton E, Biberthaler P, Wegmann H, Greve F. Anwendung regionalanästhesiologischer Verfahren zur präoperativen Analgesie bei proximalen Femurfrakturen in der Notaufnahme : Eine Umfrage zur Praxis im deutschsprachigen Raum und in Großbritannien. Unfallchirurgie (Heidelb). 2023. PMID: 37084002.

Von Matthey F, Rammensee J, **Müller M**, Biberthaler P, Abel H. Can elderly patients regain their preoperative functional level after distal radius fracture type A? Results from a fracture register study using PROM. Front. Surg. 2023. PMID: 37091269

Zyskowski M, Wurm M, Greve F, Zehnder P, Pflüger P, **Müller M**, Biberthaler P, Kirchhoff C. A Prospective Randomized Study Comparing Functional Outcome in Distal Fibula Fractures between Conventional AO Semitubular Plating and Minimal Invasive Intramedullary "Photodynamic Bone Stabilisation". Journal of Clinical Medicine. 2022 PMID 36498750

Müller M, Heck J, Pflüger P, Greve F, Biberthaler P, Crönlein M. Characteristics of bouldering injuries based on 430 patients presented to an urban emergency department. Injury. 2022 PMID: 35144805.

Greve F, **Müller M**, Wurm M, Biberthaler P, Singer G, Till H, Wegmann H. Standalone Axial Malrotation after Pediatric Supracondylar Fracture Does Not Seem to Be an Indication for Immediate Postoperative Revision Surgery. *Children (Basel)*. 2022. PMID: 35883997

Gutwerk A, **Müller M**, Crönlein M, Kirchhoff C, Biberthaler P, Pförringer D, Braun K. [Analysis of rising treatment cost of elevated BMI in patients with proximal femoral fracture]. *Unfallchirurgie*. 2022. PMID 35925229

Pflüger P, Zyskowski M, **Müller M**, Kirchhoff C, Biberthaler P, Crönlein M. Functional outcome of 103 fractures of the proximal fifth metatarsal bone. *Eur J Med Res*. 2021. PMID 34930495

Pesch S, Zyskowski M, Greve F, **Müller M**, Wurm M, Crönlein M, Biberthaler P, Kirchhoff C. Influence of patella height after patella fracture on clinical outcome: a 13-year period. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021. PMID 33825039

Mair O, Wurm M, **Müller M**, Greve F, Pesch S, Pförringer D, Biberthaler P, Kirchhoff C, Zyskowski M. [E-scooter accidents and their consequences - First prospective analysis of the injury rate and injury patterns in the urban area of a German city with over 1 million residents]. *Unfallchirurg*. 2021. PMID 33111184

Müller M, Greve F, Crönlein M, Zyskowski M, Pesch S, Biberthaler P, Kirchhoff C, Beirer M. Reconstruction or replacement? A challenging question in surgical treatment of complex humeral head fractures in the elderly. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021 PMID: 34432097

Müller M, Biberthaler, P. (2021). Wire, Screw and Plate Osteosynthesis of Patella Fractures. In: Hanschen, M., Biberthaler, P., Waddell, J.P. (eds) *Knee Fractures. Strategies in Fracture Treatments*. Springer, Cham. – Book chapter

Müller M., Hanschen, M. (2021). Preoperative Planning in Patella Fractures. In: Hanschen, M., Biberthaler, P., Waddell, J.P. (eds) *Knee Fractures. Strategies in Fracture Treatments*. Springer, Cham. – Book Chapter

Müller M, Greve F, Zyskowski M, Wurm M, Biberthaler P, Kirchhoff C. [External fixation for treatment of peripartum pubic symphysis separation - Clinical case and discussion] *Unfallchirurg*. 2020. PMID 33336261

Völk D, Crönlein M, **Müller M**, Biberthaler P, Kirchhoff C, Wurm M. [Luxatio erecta in bilateral traumatic shoulder dislocation.] Unfallchirurg. 2020. PMID: 32409898

Gutwerk A, **Müller M**, Karlas A, Pfürringer D, Kanz KG, Biberthaler P, Braun KF. [Delayed occurrence of compartment syndrome of the upper arm after shovelling snow by a patient under oral anticoagulation.] Unfallchirurg. 2020. PMID 32239247

Müller M, Biberthaler B. [Patient-Reported Outcome Measures (PROMs) – an overview]. OP Journal. 2020

Rittstieg P, Wurm M, **Müller M**, Biberthaler P. [Current treatment strategies for lower leg fractures in adults]. Unfallchirurg. 2020. PMID 32399649

Müller M, Gutwerk A, Greve F, Völker L, Zyskowski M, Kirchhoff C, Biberthaler P, Pfürringer D, Braun K. The Association between High Body Mass Index and Early Clinical Outcomes in Patients with Proximal Femur Fractures. J Clin Med. 2020. PMID: 32630619

Müller M, Greve F, Rittstieg P, Beirer M, Biberthaler P. [Documentation of self-reported patient outcomes in trauma surgery - Clinical benefits of patient reported outcome measures]. Unfallchirurg. 2020 PMID: 32313987

Greve F, Beirer M, Zyskowski M, Crönlein M, **Müller M**, Pesch S, Felix S, Biberthaler P, Buchholz A, Kirchhoff C. Prospective outcome analysis following tenodesis of the long head of the biceps tendon along with locking plate osteosynthesis for proximal humerus fractures. Injury. 2019. PMID 30770122

Laufenberg-Feldmann R, **Müller M**, Ferner M, Engelhard K, Kappis B. Is 'anxiety sensitivity' predictive of postoperative nausea and vomiting?: A prospective observational study. Eur J Anaesthesiol. 2019. PMID 30865002

Greve F, Braun KF, Vitzthum V, Zyskowski M, **Müller M**, Kirchhoff C, Biberthaler P, Beirer M. The Munich Ankle Questionnaire (MAQ): a self-assessment tool for a comprehensive evaluation of ankle disorders. Eur J Med Res. 2018. PMID 30266100

Crönlein M, Postl L, Beirer M, Pfürringer D, Lang J, Greve F, **Müller M**, Biberthaler P, Kirchhoff C. Analysis of the bony geometry of the acromio-clavicular joint. Eur J Med Res. 2018. PMID 30352622

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Dr. med. Michael Müller

Anschrift *(aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt)*

Telefon: *(aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt)*

Email: *(aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt)*

Geburt: *(aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt)*

Ausbildung

04/2009 – 12/2015 Studium Humanmedizin - Johannes Gutenberg Universität Mainz

11/2014 – 03/2015 Praktisches Jahr – Anästhesie - Städtisches Klinikum Dresden Neustadt

03/2015 – 06/2015 Praktisches Jahr – Chirurgie - King Edward VIII Hospital Durban, Südafrika

06/2015 – 10/2015 Praktisches Jahr - Innere Medizin – Universitätsmedizin Mainz

2008 Allgemeine Hochschulreife- Kepler-Gymnasium Weiden i. d. Opf.

Klinische Erfahrung

10/2022 – Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie (Funktionsoberarzt) - Klinikum rechts der Isar - TU München (Prof. Peter Biberthaler)

07/2019 – Notarzt für Berufsfeuerwehr München - Feuerwache 10 München-Riem

08/2022 „Medical director“ der IFSC European Championships Klettern und Bouldern Munich 2022

02/2021 – 06/2022 Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie (Assistenzarzt) - Klinikum rechts der Isar - TU München (Prof. Rüdiger von Eisenhart-Rothe)

06/2019 – 11/2019	Sektion Handchirurgie (Assistenzarzt)- Klinikum rechts der Isar - TU München (Prof. Kai Megerle)
01/2018 – 06/2018	Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin (Assistenzarzt) - Klinikum rechts der Isar - TU München (Prof. Gerhard Schneider)
03/2016 – 09/2021	Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie (Assistenzarzt/Facharzt) - Klinikum rechts der Isar - TU München (Prof. Peter Biberthaler)
06/2012 – 03/2014	Klinisches Studienzentrum (Wissenschaftliche Hilfskraft) - Klinik für Anästhesiologie Universitätsmedizin Mainz (Prof. Kristin Engelhard)

Fachliche Qualifikationen

08/2023	Zertifikat Medizindidaktik der Bayerischen Universitäten
02/2023	Fachkunde im Strahlenschutz Notfall- und Skelettdiagnostik (Rö2, Rö3.1, Rö3.2, Rö4)
05/2022	Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie - Bayerische Landesärztekammer
07/2020	Zertifikat – Grundlagenkurs und Aufbaukurs zur Leitung einer Prüfgruppe/Prüferteams nach dem AMG bzw. nach der VO (EU) – Münchner Studienzentrum, Klinikum rechts der Isar
06/2019	Zusatz-Weiterbildung “Notfallmedizin” – Bayerische Landesärztekammer
11/2018	Zertifikat – Advanced Cardiac Life Support (ACLS)
03/2017	Zertifikat – Advanced Trauma Life Support (ATLS)
12/2015	Promotion - „somPONV - Studie zur Bewertung von somatischer Symptombelastung und Angstsensitivität als Risikofaktoren für PONV (Postoperative Nausea and Vomiting)“ Johannes Gutenberg Universität Mainz
12/2015	Approbation Humanmedizin – Landesamt für Soziales, Jugend und Versorgung Rheinland-Pfalz
11/2015	Abschluss Studium Humanmedizin Universitätsmedizin Mainz

Mitgliedschaften

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)

Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)

Editorial Board Member – Journal of Clinical Medicine –
Orthopedics Section

Drittmittelprojekte

(aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt)

Danksagung

Mein erster Dank geht an Univ.-Prof. Dr. Biberthaler. Er stellte mich damals ein und brachte mit das Vertrauen entgegen, in seiner Abteilung meine Karriere als Arzt und Unfallchirurg zu starten. In all den Jahren hatte er immer ein offenes Ohr für meine Anliegen und unterstützte mich stets in meiner klinischen und wissenschaftlichen Entwicklung.

Des Weiteren möchte ich mich herzlich bei Frau PD Dr. Knebel bedanken. Während meiner Rotation in die Klinik für Orthopädie durfte ich bereits von ihrer klinischen Expertise auf dem Gebiet der muskuloskelettalen Tumorthherapie profitieren. Als Mitglied meines Fachmentorats unterstützte sie nun auch meine wissenschaftliche und hochschuldidaktische Karriere. Herzlichen Dank hierfür.

Ich danke auch Herrn apl. Prof. Klaus Wagner für unsere gemeinsamen Gespräche. Ich schätze seine Direktheit und Ehrlichkeit sowohl in Bezug auf dieses Habilitationsverfahren als auch auf die tägliche Arbeit in der Klinik.

Der größte Dank jedoch ergeht an meine Eltern Hannelore und Franz Müller. Durch sie bekam ich den Zugang zur Medizin – der Wissenschaft, die noch immer täglich mein Interesse weckt und dem Beruf, den ich jeden Tag wieder aufs Neue gerne ausübe. Mit Erhalt der Lehrerlaubnis hoffe ich die Begeisterung für dieses Fach, die mir mein Vater vermittelte, auch an zukünftige Studenten weiterzugeben. Meine Eltern unterstützen mich auf meinem gesamten Werdegang stets finanziell, emotional, tatkräftig und bedingungslos. Danke dafür Mama und Papa.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meinen langjährigen Wegbegleitern, Kollegen und Freunden Frederik Greve, Julian Zapf, Sebastian Pesch und Moritz Crönlein bedanken. Dank euch war die Klinik für mich nie eine Institution, die lediglich dem Geldverdienen oder der Karrierebildung diente, sondern vielmehr ein Ort, an dem ich täglich gute Freunde traf.

Abkürzungsverzeichnis

ALOS	=	average length of stay (<i>engl.</i>)
BMI	=	body mass index (<i>engl.</i>)
CCL	=	complication or comorbidity level (<i>engl.</i>)
DGG	=	Deutsche Gesellschaft für Geriatrie
DGU	=	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DRG	=	Diagnose Related Group (<i>engl.</i>)
G-BA	=	Gemeinsamer Bundesausschuss
LCP	=	locking compression plate (<i>engl.</i>)
Mio.	=	Millionen
PROM	=	patient reported outcome measure (<i>engl.</i>)
rTSA	=	reversed total shoulder arthroplasty (<i>engl.</i>)

Literaturverzeichnis

1. Peters E, Pritzkeleit R, Beske F, Katalinic A. [Demographic change and disease rates: a projection until 2050]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2010;53(5):417-26.
2. Bergen G, Stevens MR, Burns ER. Falls and Fall Injuries Among Adults Aged ≥65 Years - United States, 2014. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2016;65(37):993-8.
3. Plass D, Vos T, Hornberg C, Scheidt-Nave C, Zeeb H, Krämer A. Trends in disease burden in Germany: results, implications and limitations of the Global Burden of Disease study. Deutsches Arzteblatt international. 2014;111(38):629-38.
4. Aigner R, Anderson P, von Arnim C, Bales G, Bartl C, Bliemel C, et al. Weißbuch Alterstraumatologie und Orthogeriatric: Kohlhammer Verlag; 2021.
5. Gemeinsamer Bundesausschuss - Richtlinie zur Versorgung der hüftgelenknahen Femurfraktur. Gemeinsamer Bundesausschuss; 2020.
6. Fuchs J, Scheidt-Nave C, Kuhnert R. 12-Monats-Prävalenz von Osteoporose in Deutschland. Journal of Health Monitoring. 2017.
7. von Ruden C, Augat P. Failure of fracture fixation in osteoporotic bone. Injury. 2016;47 Suppl 2:S3-s10.
8. Kammerlander C, Neuerburg C, Verlaan JJ, Schmoelz W, Miclau T, Larsson S. The use of augmentation techniques in osteoporotic fracture fixation. Injury. 2016;47 Suppl 2:S36-43.
9. Ries MD. Primary arthroplasty for management of osteoporotic fractures about the knee. Curr Osteoporos Rep. 2012;10(4):322-7.
10. Alabdah F, Alshammari A, Hidalgo-Bastida A, Cooper G. A Review of Conventional and Novel Treatments for Osteoporotic Hip Replacements. Bioengineering (Basel). 2023;10(2).
11. Rupp M, Walter N, Pfeifer C, Lang S, Kerschbaum M, Krutsch W, et al. The Incidence of Fractures Among the Adult Population of Germany—an Analysis From 2009 through 2019. Deutsches Arzteblatt international. 2021;118(40):665-9.
12. Schippers P, Gercek E, Wunderlich F, Wollstädter J, Afghanyar Y, Arand C, et al. [Disproportionately increased incidence of proximal femoral fractures in a level one trauma center : Epidemiological analysis from 2016 to 2022]. Unfallchirurgie (Heidelb). 2023.
13. Steenberg J, Møller AM. Systematic review of the effects of fascia iliaca compartment block on hip fracture patients before operation. British journal of anaesthesia. 2018;120(6):1368-80.

14. Robinson CM, Stirling PHC, Goudie EB, MacDonald DJ, Strelzow JA. Complications and Long-Term Outcomes of Open Reduction and Plate Fixation of Proximal Humeral Fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2019.
15. Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(4):516-20.
16. Fox KM, Magaziner J, Hebel JR, Kenzora JE, Kashner TM. Intertrochanteric versus femoral neck hip fractures: differential characteristics, treatment, and sequelae. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1999;54(12):M635-40.
17. Jaacks LM, Vandevijvere S, Pan A, McGowan CJ, Wallace C, Imamura F, et al. The obesity transition: stages of the global epidemic. *The Lancet Diabetes & Endocrinology.* 2019;7(3):231-40.
18. Hanna JS. Sarcopenia and Critical Illness. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition.* 2015;39(3):273-81.
19. Court-Brown CM, Duckworth AD, Ralston S, McQueen MM. The relationship between obesity and fractures. *Injury.* 2019;50(8):1423-8.
20. Müller M, Gutwerk A, Greve F, Völker L, Zyskowski M, Kirchhoff C, et al. The Association between High Body Mass Index and Early Clinical Outcomes in Patients with Proximal Femur Fractures. *J Clin Med.* 2020;9(7).
21. Huang HK, Bukhari K, Peng CC, Hung DP, Shih MC, Chang RH, et al. The J-shaped relationship between body mass index and mortality in patients with COVID-19: A dose-response meta-analysis. *Diabetes Obes Metab.* 2021;23(7):1701-9.
22. Klopfer T, Hemmann P, Schreiner AJ, Bahrs C. Proximale Femurfraktur. *Trauma und Berufskrankheit.* 2019;21(2):86-94.
23. Williamson S, Landeiro F, McConnell T, Fulford-Smith L, Javaid MK, Judge A, Leal J. Costs of fragility hip fractures globally: a systematic review and meta-regression analysis. *Osteoporos Int.* 2017;28(10):2791-800.
24. Perka C, Labs K, Muschik M, Buttgereit F. The influence of obesity on perioperative morbidity and mortality in revision total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2000;120(5-6):267-71.
25. Kennedy JW, Young D, Meek DRM, Patil SR. Obesity is associated with higher complication rates in revision total hip arthroplasty. *Journal of orthopaedics.* 2018;15(1):70-2.
26. Gutwerk A, Müller M, Crönlein M, Kirchhoff C, Biberthaler P, Pfürringer D, Braun K. Analyse steigender Behandlungskosten bei erhöhtem BMI von Patienten mit proximaler Femurfraktur. *Die Unfallchirurgie.* 2023;126(6):449-55.
27. Flintrop J. Auswirkungen der DRG-Einführung: Die ökonomische Logik wird zum Maß der Dinge. *Deutsches Ärzteblatt.* 2006;103(46 S A):3082.

28. Wirtz DC, Michel MD, Kollig EW. DRG's in Orthopädie und Unfallchirurgie: Spannungsfeld zwischen High-Tech und Low Cost: Springer-Verlag; 2013.
29. Gross H. Elektive Endoprothetik: mehr adipöse Patienten–weniger DRG-Erlöse–Strategiewechsel erforderlich. Kongressbericht DGCH 2014. 2014.
30. Aigner R, Meier Fedeler T, Eschbach D, Hack J, Bliemel C, Ruchholtz S, Bücking B. Patient factors associated with increased acute care costs of hip fractures: a detailed analysis of 402 patients. *Archives of osteoporosis*. 2016;11(1):38.
31. Maxwell L, White S. Anaesthetic management of patients with hip fractures: an update. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain*. 2013;13(5):179-83.
32. Lynch EP, Lazor MA, Gellis JE, Orav J, Goldman L, Marcantonio ER. The impact of postoperative pain on the development of postoperative delirium. *Anesth Analg*. 1998;86(4):781-5.
33. Nie H, Zhao B, Zhang YQ, Jiang YH, Yang YX. Pain and cognitive dysfunction are the risk factors of delirium in elderly hip fracture Chinese patients. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2012;54(2):e172-4.
34. Morrison SR, Magaziner J, McLaughlin MA, Orosz G, Silberzweig SB, Koval KJ, Siu AL. The impact of post-operative pain on outcomes following hip fracture. *Pain*. 2003;103(3):303-11.
35. Shyu YI, Chen ML, Chen MC, Wu CC, Su JY. Postoperative pain and its impact on quality of life for hip-fractured older people over 12 months after hospital discharge. *Journal of clinical nursing*. 2009;18(5):755-64.
36. Todd KH, Ducharme J, Choiniere M, Crandall CS, Fosnocht DE, Homel P, Tanabe P. Pain in the emergency department: results of the pain and emergency medicine initiative (PEMI) multicenter study. *The journal of pain*. 2007;8(6):460-6.
37. Guéant S, Taleb A, Borel-Kühner J, Cauterman M, Raphael M, Nathan G, Ricard-Hibon A. Quality of pain management in the emergency department: results of a multicentre prospective study. *European journal of anaesthesiology*. 2011;28(2):97-105.
38. Wilson JE, Pendleton JM. Oligoanalgesia in the emergency department. *The American journal of emergency medicine*. 1989;7(6):620-3.
39. Freeman N, Clarke J. Perioperative pain management for hip fracture patients. *Orthopaedics and Trauma*. 2016;30(2):145-52.
40. Chau DL, Walker V, Pai L, Cho LM. Opiates and elderly: use and side effects. *Clinical interventions in aging*. 2008;3(2):273-8.
41. Wilder-Smith OHG. Opioid use in the elderly. *European Journal of Pain*. 2005;9(2):137-40.
42. Wennberg P, Norlin R, Herlitz J, Sarenmalm EK, Möller M. Pre-operative pain management with nerve block in patients with hip fractures: a randomized, controlled trial. *Int J Orthop Trauma Nurs*. 2019;33:35-43.

43. Müller M, Passegger O, Zehnder P, Hanschen M, Muggleton E, Biberthaler P, et al. Anwendung regionalanästhesiologischer Verfahren zur präoperativen Analgesie bei proximalen Femurfrakturen in der Notaufnahme. *Die Unfallchirurgie*. 2023;126(6):456-62.
44. Neuman MD, Rosenbaum PR, Ludwig JM, Zubizarreta JR, Silber JH. Anesthesia technique, mortality, and length of stay after hip fracture surgery. *Jama*. 2014;311(24):2508-17.
45. Riddell M, Ospina M, Holroyd-Leduc JM. Use of Femoral Nerve Blocks to Manage Hip Fracture Pain among Older Adults in the Emergency Department: A Systematic Review. *Cjem*. 2016;18(4):245-52.
46. Fan X, Cao F, Luo A. Femoral nerve block versus fascia iliaca block for pain control in knee and hip arthroplasties: A meta-analysis. *Medicine*. 2021;100(14):e25450.
47. Lopez S, Gros T, Bernard N, Plasse C, Capdevila X. Fascia iliaca compartment block for femoral bone fractures in prehospital care. *Regional anesthesia and pain medicine*. 2003;28(3):203-7.
48. Høgh A, Dremstrup L, Jensen SS, Lindholt J. Fascia iliaca compartment block performed by junior registrars as a supplement to pre-operative analgesia for patients with hip fracture. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2008;3(2):65-70.
49. Zhang X-y, Ma J-b. The efficacy of fascia iliaca compartment block for pain control after total hip arthroplasty: a meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2019;14(1):33.
50. Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;442:87-92.
51. Helmy N, Hintermann B. New trends in the treatment of proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;442:100-8.
52. Barlow JD, Logli AL, Steinmann SP, Sems SA, Cross WW, Yuan BJ, et al. Locking plate fixation of proximal humerus fractures in patients older than 60 years continues to be associated with a high complication rate. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020.
53. Brorson S, Frich LH, Winther A, Hrobjartsson A. Locking plate osteosynthesis in displaced 4-part fractures of the proximal humerus. *Acta Orthop*. 2011;82(4):475-81.
54. Thanasas C, Kontakis G, Angoules A, Limb D, Giannoudis P. Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2009;18(6):837-44.
55. Rogmark C, Johnell O. Primary arthroplasty is better than internal fixation of displaced femoral neck fractures: a meta-analysis of 14 randomized studies with 2,289 patients. *Acta Orthop*. 2006;77(3):359-67.
56. Drake GN, O'Connor DP, Edwards TB. Indications for reverse total shoulder arthroplasty in rotator cuff disease. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(6):1526-33.

57. Cazeneuve JF, Cristofari DJ. The reverse shoulder prosthesis in the treatment of fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(4):535-9.
58. Müller M, Greve F, Crönlein M, Zyskowski M, Pesch S, Biberthaler P, et al. Reconstruction or replacement? A challenging question in surgical treatment of complex humeral head fractures in the elderly. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2022;142(11):3247-54.
59. Neer CS, 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(6):1077-89.
60. Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 2004;13(4):427-33.
61. Schmidutz F, Beirer M, Braunstein V, Bogner V, Wiedemann E, Biberthaler P. The Munich Shoulder Questionnaire (MSQ): development and validation of an effective patient-reported tool for outcome measurement and patient safety in shoulder surgery. *Patient Saf Surg.* 2012;6(1):9.
62. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* 1987(214):160-4.
63. Roach KE, Budiman-Mak E, Songsiridej N, Lertratanakul Y. Development of a shoulder pain and disability index. *Arthritis Care Res.* 1991;4(4):143-9.
64. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med.* 1996;29(6):602-8.
65. Katthagen JC, Lutz O, Voigt C, Lill H, Ellwein A. Cement augmentation of humeral head screws reduces early implant-related complications after locked plating of proximal humeral fractures. *Obere Extrem.* 2018;13(2):123-9.