Aus der

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Septische und Rekonstruktive Chirurgie, Sporttraumatologie des Bundeswehrkrankenhauses Ulm

(Klinischer Direktor: Prof. Dr. med. B. Friemert)

Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Ulm

Der Einfluss von Hüft-Totalendoprothesen auf die posturale Stabilität

---

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Stephanie Geiger

Göppingen

2022

Amtierender Dekan:	Prof. Dr. Thomas Wirth
1. Berichterstatter:	PD Dr. Patricia Lang
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Claus-Martin Muth
Tag der Promotion:	20.10.2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I

Abkürzungsverzeichnis III

1. Einleitung ..... - 1 -

1.1. Arthrose ..... - 1 -

1.2. Diagnostik und Einteilung der Koxarthrose ..... - 2 -

1.3. Therapie der Arthrose ..... - 6 -

1.4. Posturale Kontrolle ..... - 10 -

1.5. Funktionelle Hüftgelenksbandage ..... - 15 -

1.6. Computerunterstützte dynamische Posturographie (CDP) ..... - 16 -

1.7. Fragestellung ..... - 16 -

2. Probanden und Methoden ..... - 19 -

2.1. Probanden ..... - 19 -

2.2. Statistik ..... - 23 -

2.3. Studienplan ..... - 23 -

3. Ergebnisse ..... - 36 -

3.1. Patientenkollektiv ..... - 36 -

3.2. Overall Stability Index (OSI) ..... - 38 -

3.3. Harris-Hip-Score ..... - 61 -

3.4. Barthel-Index ..... - 68 -

3.5. Performance Oriented Mobility Assessment (POMA-Score) ..... - 69 -

3.6. Probandenbeurteilung der funktionellen Hüftbandage ..... - 72 -

4. Diskussion ..... - 76 -

4.1. Allgemein ..... - 76 -

4.2. Das Patientenkollektiv ..... - 77 -

4.3. Overall-Stability-Index aus computergestützter dynamischer Posturographie ..... - 77 -
4.4. Harris-Hip-Score ..... - 85 -
4.5. Barthel-Index ..... - 86 -
4.6. Performance Oriented Mobility Assessment (POMA-Score) ..... - 87 -
4.7. Probandenbeurteilung der funktionellen Hüftgelenksbandage ..... - 88 -
4.8. Limitationen ..... - 90 -
5. Zusammenfassung ..... - 91 -
6. Literaturverzeichnis ..... - 93 -
7. Anhang ..... - 100 -
8. Danksagung ..... - 129 -
9. Lebenslauf ..... - 130 -

Abkürzungsverzeichnis

APSI	Anterio-posterior Stability Index
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
BBS	Biodex Balance System
BMI	Body-Mass-Index in kg/m²
bzw.	beziehungsweise
CDP	computerunterstützte dynamische Posturographie
cm	Zentimeter
€	Euro
kg	Kilogramm
KHK	Koronare Herzerkrankung
M.	Morbus
m	Meter
MLSI	Medial-lateral Stability Index
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
Ncll.	Nuclei (lat. für Kerne)
NSAR	Nicht-Steroidale-Anti-Rheumatika
NYHA	New York Heart Association – Stadien der Herzinsuffizienz
OSI	Overall Stability Index
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PNP	Polyneuropathie
POMA	Performance Oriented Mobility Assessment (Tinetti-Test)
TEP	Totalendoprothese
VAS	Visuelle Analogskala
vs.	versus
WHO	World Health Organization
z.B.	zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach
ZNS	Zentrales Nervensystem

1. Einleitung

1.1. Arthrose

Arthrose gilt weltweit als die häufigste Gelenkerkrankung des erwachsenen Menschen. Der Gesundheitsbericht des deutschen Bundes 2015 fasst zusammen, dass allein in Deutschland bei 20,3% der Erwachsenen zwischen 18 und 79 Jahren eine Arthrose ärztlich festgestellt wurde. Dies entspricht ca. 12,4 Millionen Menschen. Bei den Männern zwischen 70 und 79 Jahren sind 33,3% betroffen, bei den Frauen in derselben Altersgruppe sogar 49,9%. Etwa ein Viertel der an Arthrose erkrankten Menschen leidet an einem Verschleiß des Hüftgelenks, in der Fachsprache Koxarthrose genannt [13].

Die Arthrose ist definiert als degenerative Veränderungen der betroffenen Gelenke, die sukzessive zur Zerstörung des Gelenkknorpels bis hin zur Freilegung der Knochenoberfläche führen [13]. Man teilt die Arthrose je nach Ursache in primäre und sekundäre Arthrosen ein. Eine primäre Arthrose lässt sich keiner klaren Ursache zuordnen. Bei sekundärer Arthrose sind Vorerkrankungen bekannt und ursächlich, wie z.B. Fehlbildungen (z.B. Hüftdysplasie) oder Fehlstellungen (Varus-/ Valgusstellung), aber auch metabolische (Rachitis, Hämochromatose, Chondrokalzinose) und endokrinologische (Akromegalie, Hyperparathyreoidismus, Hyperurikämie) Gründe oder eine aseptische Knochennekrose sind möglich. Anderweitige Ursachen können traumatisch nach Frakturen oder Verletzungen der Gelenkflächen oder iatrogen nach durchgeführten Operationen durch eine Inkongruenz der Gelenkflächen entstehen. Außerdem sind über Jahre anhaltende, entzündliche Veränderungen wie bei rheumatoider Arthritis zu nennen [40].

Die wichtigsten Risikofaktoren für die Entstehung einer Arthrose sind Alter, Geschlecht und ethnische Herkunft. So erkranken Frauen ab dem 7. Lebensjahrzent deutlich häufiger als Männer, Kaukasier und amerikanische Ureinwohner erkranken öfter als Asiaten oder Schwarzafrikaner. Es ist auch belegt, dass die Lebenszeitprävalenz für Arthrose mit zunehmendem BMI steigt. Diese Beziehung ist vor allem bei der Entstehung der Gonarthrose erkennbar und bei der Koxarthrose weniger konsistent [40]. Dennoch gibt es Hinweise, dass der BMI einen Einfluss auf die Entstehung einer Koxarthrose haben könnte [23, S.: 1071–1078].

Typischerweise berichten die Patienten dabei von Anlauf- und Belastungsschmerzen im betroffenen Gelenk, jedoch auch über Ausstrahlung in das ipsilaterale Kniegelenk. Im weiteren Verlauf treten zudem Ruheschmerzen und Funktionseinschränkungen des betroffenen Gelenks auf, die häufig zunächst vor allem die Innenrotation, später alle Bewegungsgrade betreffen. Nicht zuletzt kann es zu Kontrakturen kommen [10, S.: 32]. Hieraus resultieren in der Regel Behinderungen von Gelenkbeweglichkeit und Mobilität und damit Einschränkungen im Alltag, was mit einer deutlichen Verminderung der Lebensqualität der Betroffenen einhergeht [40].

Die Koxarthrose ist wie alle Arthrosen durch akut schmerzhafte Phasen (aktivierte Arthrose) im Wechsel mit klinisch stummen Phasen (latente Arthrose) bei insgesamt progredientem Verlauf gekennzeichnet [23, S.: 1071–1078].

Abgesehen vom persönlichen Leiden des einzelnen Patienten besteht auch eine volkswirtschaftliche Belastung in Form von direkten Krankheitskosten, als auch indirekten Kosten durch Arbeitsausfall und früherer Berentung. So waren 2011 in Deutschland 2.585.157 Tage Arbeitsunfähigkeit auf die Hüftarthrose zurückzuführen [40].

1.2. Diagnostik und Einteilung der Koxarthrose

Zur Diagnostik der Koxarthrose gehört zunächst eine genaue Anamnese bezüglich Schmerzes (Lokalisation, Zeitpunkt des Auftretens, Intensität, Häufigkeit und Qualität), sowie Vorerkrankungen, die das Entstehen einer Koxarthrose begünstigen. Einige dieser Vorerkrankungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Des Weiteren empfiehlt die S2-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie [9, S.: 8–10] zur Diagnostik eine klinische Untersuchung, welche folgende Aspekte beinhalten sollte: Gangbild, Bewegungsausmaß, Funktionsschmerz, Beinlängendifferenz, Beinachsen, Beckenschiefstand, Narbe nach Voroperationen, Wirbelsäule und Iliosakralgelenke, Gelenke beider unteren Extremitäten, Muskulärer Zustand, Motorik und Sensibilität, Durchblutungsstörungen arteriell und venös, Bruchpforten, Infektzeichen (lokal, regional, allgemein), Pilzbefall (inguinal, interdigital), sowie der Weichteilverhältnisse im Operationsgebiet und an der Extremität.

Tabelle 1: Relevante Vorerkrankungen bei Koxarthrose, eigene Tabelle nach [40] und [34]

Relevante Vorerkrankungen:	Ursachen:
Posttraumatisch	• Azetabulumfraktur • Hüftluxation • Hüftkopfkalottenfraktur • Hüftkopfkontusion • Schenkelhalsfraktur • Achsfehlstellung nach Frakturen
Endokrinologisch	• Osteoporose • Akromegalie • Hyperparathyreoidismus • Hyperurikämie
Metabolisch	• Rachitis • Hämochromatose • Chondrokalzinose • Adipositas
Angeboren	• Hüftdysplasie • Beinlängendifferenz • Beinachsenveränderungen
Iatrogen	• Vorangegangene Operationen am betroffenen Gelenk • Intraartikuläre Injektionen • Z.n. gefäßchirurgischen Eingriffen • Einnahme Knochenstoffwechsel beeinflussender Medikamente (z.B. Cortison)

An apparativer Diagnostik soll laut der neuen S3-Leitlinie eine Röntgenuntersuchung mittels Beckenübersichtsaufnahme und einer zweiten Ebene des betroffenen Gelenks erfolgen [10, S.: 27].

Tabelle 2: Kellgren-Lawrence-Score, Tabelle nach [17] und [11]

Kellgren-Lawrence-Score:	Veränderungen im Röntgenbild:
Stadium I – beginnende Arthrose	Mehrsklerosierung vor allem im Pfannenbereich
Stadium II – geringe Arthrose	Geringe Gelenkspaltverschmälerung, kleine Osteophyten
Stadium III – mäßige Arthrose	Deutliche Gelenkspaltverschmälerung und Osteophyten, Unebenheiten der Gelenkflächen (beginnende Zystenbildung)
Stadium IV – schwere Arthrose	Vollständige Gelenkspaltverschmälerung, Deformierung der Gelenkpartner, Zysten, große Osteophyten

Anhand der Röntgenbilder ist eine Einteilung der Koxarthrose nach Kellgren-Lawrence-Score möglich. Die Stadien der Koxarthrose nach Kellgren-Lawrence-Score sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Eine Darstellung der röntgenologischen Veränderungen des Hüftgelenkes bei Koxarthrose ist in Abbildung 1 zu sehen:



Abbildung 1: Radiologische Veränderungen der Hüfte bei Koxarthrose entsprechend den Kellgren-Lawrence-Stadien I-IV, Stadium I (a), Stadium II (b), Stadium III (c), Stadium IV (d) an der Hüfte [17]. Quelle: media.springernature.com/lw785/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs11812-016-0077-x/MediaObjects/11812_2016_77_Fig3_HTML.gif, 07.07.2019. Die Grafik wurde ohne Veränderung übernommen.

In Einzelfällen ist eine erweiterte Diagnostik mittels MRT notwendig, diese ist vor allem in frühen Stadien zur genauen Beurteilung von Knorpelschäden sinnvoll [11].

1.3. Therapie der Arthrose

1.3.1. Nicht-operative Therapie

Ziel der Arthrosetherapie ist in erster Linie die Schmerzreduktion. Darüber hinaus soll die Funktion des Gelenkes so lange wie möglich erhalten bleiben. Hierbei werden verschiedene Therapiemöglichkeiten angewendet.

Eine Säule der Therapie besteht aus nicht-medikamentösen Maßnahmen. Diese umfasst zum Beispiel die Physiotherapie, im Sinne von physikalischer Therapie, Balneotherapie, Heilsport, Gymnastik und Ergotherapie, sowie den Einsatz von orthopädischen Hilfsmitteln, wie beispielsweise entlastenden Gehhilfen. Auch Maßnahmen wie Gewichtsreduktion, Beinlängenausgleich und eine Anpassung des Arbeitsplatzes und der Lebensführung werden gemäß Leitlinie empfohlen [9, S.: 17–20]. Laut Leitlinie können auch Akupunktur und Stoßwellentherapie angewendet werden. Die genannten Maßnahmen können temporär Schmerzen lindern und kompensierend in den degenerativen Prozess eingreifen.

Die zweite Säule ist die medikamentöse Therapie. Zum einen ist hiermit die medikamentöse, symptomatische Schmerztherapie, angelehnt an das WHO-Stufenschema gemeint. Hier erfolgt der Einsatz von Nicht-Steroidalen-Anti-Rheumatika (NSAR) und Pyrazolonen wie Metamizol, niedrigpotenten Opioiden und hochpotenten Opioiden [40].

Zum anderen werden sogenannte „Chondroprotektiva“, wie Glucosamin und Chondroitinsulfat eingesetzt. Ihr Nutzen ist allerdings umstritten und sie sind nicht als DMOAD (disease modifying osteoarthritis drug) zugelassen [41].

Die dritte Säule der nicht-operativen Arthrosetherapie ist die fokale Therapie. Ziel dieser ist es, durch intraartikuläre Injektion von Steroiden die entzündliche Komponente der Arthrose und die Schmerzen zu lindern. Des Weiteren kann versucht werden durch die intraartikuläre Hyaluronsäureapplikation die viskoelastischen Eigenschaften des Gelenkes zu verbessern, der Nutzen ist aber bisher nicht hinreichend belegt.

Umstritten ist auch der Einsatz von TNF-α-Inhibitoren. Diese sind bisher unter anderem aus der Behandlung der rheumatoiden Arthritis bekannt und sollen mit ihrer immunsuppressiven Wirkung die entzündliche Komponente der Arthrose einschränken. Die Wirksamkeit ist im fortgeschrittenen Stadium allerdings sehr eingeschränkt, da der strukturelle Schaden des Gelenkes durch die Anwendung von

TNF-α-Inhibitoren nicht umzukehren ist. Der Einsatz in frühen Stadien der Arthrose steht einem ausgeprägten Nebenwirkungsprofil gegenüber und sollte daher gut überlegt sein [41].

Im Rahmen einer genetischen Therapie soll die Bildung von Agenzien, die als „Protektiva“ auf die Gelenkflüssigkeitshomöostase bzw. über die Hemmung destruktiver Enzyme wirken, genetisch induziert werden. Die biochemischen Schaltwege werden allerdings bis heute kaum verstanden, weshalb diesem Therapieansatz aktuell keinerlei Bedeutung zukommt [41].

1.3.2. Operative Therapie

Man unterscheidet bei der operativen Therapie zwischen Verfahren, die die Entstehung einer Koxarthrose verhindern oder verlangsamen sollen und dem Gelenkersatz.

Tabelle 3: Präventive operative Maßnahmen bei Koxarthrose, nach [9]

Ziel:	OP-Technik:
Vergrößerung der tragenden Gelenk-flächen	• Varisierungsosteotomie bei Coxa valga subluxans • Valgisierungs- Verkürzungsosteotomie bei capital drop • Beckenosteotomie u.a. nach Salter bei Pfannendysplasie
Senkung der transartikulären Muskelspannung	• Varisierungsosteotomie • Schräg nach medial ansteigende McMurray-Osteotomie • Osteotomie-ergänzende selektive Tenotomie
Rezentrierung des Kraftflusses	• Varisierung bei Coxa valga subluxans
Optimierung der gelenkwirksamen Drehmomente	• Translokation des Trochanter major nach lateral, evtl. Schenkelhalsverlängerung • Derotation • Beckenosteotomie u.a. nach Chiari

Präventiv können Gelenkfehlstellungen mittels Umstellungsosteotomie operativ korrigiert werden, um die Entstehung einer Arthrose abzuwenden [9]. Ziel dieser Maßnahmen ist es, die tragenden Gelenkflächen zu vergrößern, die transartikuläre Muskelspannung zu reduzieren, den Kraftfluss zu zentrieren und die gelenkwirksamen Drehmomente zu optimieren. Eingesetzt werden diese Verfahren hauptsächlich bei sekundär drohenden Arthrosen [40]. Einen Überblick über die präventiven, operativen Maßnahmen bei Koxarthrose bietet Tabelle 3.

Im weit fortgeschrittenen Stadium hilft dem Patienten meistens nur noch der komplette Ersatz der zerstörten Gelenkflächen, in Form einer Totalendoprothese [23].

Die erste Totalendoprothese der Hüfte wurde 1938 von Philipp Wiles in London implantiert [8]. Hierbei wurde die Hüftpfanne aus Metall mit Schrauben im Acetabulum verankert und ein Hüftkopf aus Metall mit einem Bolzen im Schenkelhals fixiert. Dieser vielversprechende Ansatz wurde durch den zweiten Weltkrieg in seiner Entwicklung unterbrochen und erst nach dem Krieg wurde 1951 von McKee [8] eine Endoprothese vorgestellt, deren Hüftkopf intramedullär mit einem Stiel verankert war.

Große Probleme entstanden bei diesen frühen Prothesen zum einen durch die Lockerung der Komponenten und zum anderen durch eine hohe Rate an Infektionen. Diese konnten durch Verbesserung der OP-Hygiene, Einsatz von perioperativer Antibiotikaprophylaxe und die Verwendung von (antibiotikahaltigem) Zement im Laufe der Zeit stark verbessert werden. Dank John Charnley [8] kam es ab 1960 weltweit zur Anwendung von Knochenzement bei der Implantation von Hüftendoprothesen, was die Primärstabilität erhöhte. Ein weiteres Problem bestand in der Reibung, die bei der Metall-Metall-Gleitpaarung der frühen Hüftprothesen von McKee und Watson-Farrar beobachtet worden ist. Auch hier gelang John Charnley der bedeutende Durchbruch, der 1963 zum Einsatz von hochverdichtetem Polyethylen führte, welches auch heute noch verwendet wird. 1968 entwickelte Weber [8] die erste dreiteilige Hüftendoprothese, die eine korrekte Einstellung der Beinlänge zulässt. Mit Einführung von Aluminiumoxidkeramik als Material für den Prothesenkopf konnte ab 1974 der Abrieb weiter verringert werden. Siwash [8] entwickelte 1967 eine Hüftendoprothese, bei der erstmals der Stiel aus Titan gefertigt wurde. 1982 erfolgte die Implantation der ersten konischen Schraubpfanne mit Polyethyleneinsatz durch Mittelmeier [8]. Goldstandard ist heute der zementfrei oder zementiert im proximalen Femur verankerte, gerade oder anatomische Prothesenstiel, der mit einer Press-Fit- oder Schraubpfanne oder einer zementierten Polyethylenpfanne kombiniert wird [8].

Insgesamt wurden im Jahr 2014 in Deutschland 219.325 Hüft-Totalendoprothesen implantiert. Damit steht diese Operation auf Rang acht der häufigsten Operationen in Deutschland. 127.451 Totalendoprothesen wurden bei Patienten zwischen 60 und 80 Jahren implantiert, dies entspricht 58,11% der Gesamtzahl an implantierten Hüft-Totalendoprothesen [48].

Die Gelenkbeweglichkeit eliminierende Versteifung des Gelenks (Arthrodese) wird am Hüftgelenk in aller Regel nicht angewendet und bleibt Ausnahmefällen vorbehalten.

Als Indikation für eine operative Therapie nennt die S3-Leitlinie Orthopädie der AWMF von 2011 insbesondere den vom Patienten empfundenen Leidensdruck, das Ausmaß und die Dauer der Schmerzen, sowie die Einschränkung der Bewegung und Lebensqualität [10]. Derzeit ist diese Leitlinie abgelaufen und wird aktuell überprüft.

1.4. Posturale Kontrolle

1.4.1. Allgemeines

Das aufrechte Stehen und Gehen erfordert ein komplexes Zusammenspiel zwischen Motorik und Sensorik [18].

Damit der Körper sich gezielt bewegen kann, benötigt das zentrale Nervensystem Informationen über die Lage, die Haltung und die Bewegung des Körpers im Raum. Sensorische Daten hierzu werden aus drei verschiedenen Systemen gesammelt, im zentralen Nervensystem verarbeitet und in adäquate motorische Reaktionen umgesetzt. Diese drei Systeme sind im Wesentlichen das Vestibularorgan, das optische System und die Propriozeption. Zusammengefasst spricht man hierbei von der posturalen Kontrolle, welche zum Ziel hat, den Körper im Gleichgewicht zu halten [4, S.: 738].

1.4.2. Vestibularorgan

Das Vestibularorgan, auch Gleichgewichtsorgan genannt, hat seinen Sitz im Innenohr. Es besteht aus zwei Maculaorganen und drei Bogengangsorganen, welche gemeinsam mit der für das Hören zuständigen Cochlea das Innenohr bilden. Alle vestibulären Epithelschläuche sind miteinander verbunden. Sowohl Macula- als auch Bogengangsorgane reagieren auf Beschleunigung des Kopfes. Sie registrieren diesen Reiz mittels Haarzellen. Die Beschleunigung des Kopfes versetzt die in den Organen befindliche Endolymphe in Bewegung, was wiederum die sich auf den Haarzellen befindliche gelartige Masse verschiebt, was zur Reizung der Haarzellen führt [4, S.: 697–698].

Gebündelt wird die Information im Vestibularisnerv. Dieser zieht in die vier Vestibulariskerne der Medulla oblongata. Die wichtigsten weiterführenden Bahnen der Vestibulariskerne ziehen zum Thalamus, außerdem ins Kleinhirn, zu den Augenmuskelkernen, zu den präokulomotorischen Zentren der Formatio reticularis und ins Rückenmark.

Diese Ziele sind so gewählt, dass das Gehirn schnellstmöglich Korrekturbewegungen einleiten kann. So dient die Projektion ins Kleinhirn und ins Rückenmark dazu, den Körper im Gleichgewicht zu halten.

Da die Reaktion sehr schnell auf die sensorische Information folgen muss, ziehen die Fasern von den Vestibulariskernen direkt ins Rückenmark, Kleinhirn und zu den Augenmuskelkernen, ohne den Umweg über das Großhirn zu nehmen. Einzig die vestibuläre Efferenz in den Thalamus wird zum sensiblen Großhirnkortex weitergeleitet und dient der Bewusstwerdung der Körperlage.
Im Rückenmark wird die Information über den Tractus vestibulospinalis weiter in die Peripherie getragen. Dort kommt es überwiegend zur Aktivierung der Strecker-Motoneurone und zur Hemmung der Beuger-Motoneurone, da die Streckung in der Regel die zweckmäßigste Korrekturbewegung auf vestibuläre Reizung darstellt (z.B. beim Abfangen eines Sturzes), um den Körper wieder ins Gleichgewicht zu bringen oder ihn beim Fallen sinnvoll abzustützen [52].

1.4.3. Optisches System

Die ersten Neuronen im menschlichen Auge sind die Sinneszellen der Retina (Stäbchen und Zapfen). Sie leiten ihre Informationen weiter an den Nervus opticus. Dieser tritt aus der Orbita in die Schädelhöhle ein und vereinigt sich über der Hypophyse mit dem Sehnerv der Gegenseite zum Chiasma opticum.
Der nun Tractus opticus genannte Strang zieht weiter in den Thalamus, wo er im Corpus geniculatum laterale endet und dort auf das 4. Neuron der Sehbahn umgeschaltet wird. Von dort aus setzt sich die Sehbahn zur Sehrinde im Okzipitallappen fort.
Die primäre Sehrinde ist der zerebrale Ort der Bewusstwerdung der visuellen Impulse aus der Retina. Die sekundäre Sehrinde ist mit zahlreichen kortikalen Bereichen verbunden. Sie hat Efferenzen zum frontalen Augenfeld im Frontallappen, das unter anderem für Ab- und Zuwendung des Blickes und rasche Korrekturbewegungen der Augen zuständig ist, zum Gyrus angularis, der für die Verknüpfung des Gesehenen mit Sprache zuständig ist, sowie zu den Colliculi superiores im Mittelhirn, die Area pretectalis und das Hirnstammtegmentum, wo wichtige visuelle Reflex- und Bewegungszentren lokalisiert sind [52].

1.4.4. Propriozeption und Mechanorezeption

Propriozeption bezeichnet die Wahrnehmung von Lage und Stellung der Körperteile, sowie deren Bewegung durch den Organismus selbst.

Zu den Sensoren der Propriozeption gehören zum einen Muskelspindeln und Golgi-Sehnenorgane und zum anderen Afferenzen aus den Gelenken selbst. Hierbei handelt es sich einerseits um nozizeptive Endigungen und andererseits um Fasern von Ruffini'schen Körperchen, die auf Druck bzw. Dehnung reagieren. Muskelspindeln sind längliche Bindegewebskapseln, welche 3-10 Muskelfasern enthalten und parallel zur Muskulatur verlaufen. Die Fasern werden bei Dehnung aktiviert und liefern dem ZNS somit Informationen über die Muskellänge. Golgi-Sehnenorgane sind in Serie zur extrafusalen Skelettmuskulatur liegende Bindegewebskapseln, die das Sehnengewebe durchdringen. Sie werden von Afferenzen sensibel innerviert, die bei Änderung der Muskelspannung durch Kompression durch die Kollagenfasern bei Kontraktion des Muskels aktiviert werden. Mechanorezeptoren erfassen Druck, Berührung und Vibration und befinden sich vor allem an den Handinnenflächen und Fußsohlen. Sie erlauben eine genaue Ortsbestimmung und feine Unterscheidung kutaner Reize [4, S.: 601].

Die erfassten Informationen aus Proprio- und Mechanorezeptoren werden über die Hinterstrangbahnen im Rückenmark ins Gehirn zum primären somatosensiblen Kortex im Gyrus postzentralis projiziert [52].

1.4.5. Zentrale Verarbeitung und Reflexe

Vestibulariskerne

Das zentrale vestibuläre System integriert Informationen aus den oben beschriebenen sensorischen Systemen. Hauptort der Integration sind vor allem die Nuclei vestibulares der Medulla oblongata.

Zudem ziehen von den Vestibulariskernen Verbindungen zu den Motoneuronen des Halsmarks und der Extremitätenmuskulatur. Über den schnell leitenden Tractus vestibulospinalis lateralis werden insbesondere Motoneurone der Extensoren der unteren Extremität angesteuert, was vor allem der Stützmotorik dient. Der Tractus vestibulospinalis medialis zieht zu den Motoneuronen der Halsmuskulatur, was der Stabilisierung des Kopfes und der Auge-Kopf-Koordination dient.

Kleinhirn

Die Verbindungen von den Vestibulariskernen zum Kleinhirn laufen als sogenannte Moosfasern insbesondere ins Vestibulocerebellum [38]. Dieses ist mit seinen efferenten Bahnen wiederum mit den okulomotorischen Zentren der Formatio reticularis und z.T. direkt mit den Augenmuskelkernen verbunden und ist somit an der Feinabstimmung nahezu aller Augenbewegungen beteiligt. Über die Efferenzen zu den Vestibulariskernen und zur Formatio reticularis kann das Kleinhirn indirekten Einfluss auf die Stützmotorik des Rumpfes nehmen.

Die Hauptaufgaben des Vestibulocerebellums sind also die Steuerung der Blickmotorik und Stabilisierung des Standes, des Ganges und deren Koordination mit dem Gleichgewichtsorgan.

Auch das Spinocerebellum ist an Gleichgewicht und Gang beteiligt. Es erhält seine Afferenzen überwiegend aus dem Rückenmark, von dem es ständig propriozeptive Informationen über Stellung der Extremitäten und des Rumpfes, sowie den Muskeltonus bekommt.

Die Efferenzen ziehen zum Nucleus ruber und zur Formatio reticularis, die mit koordinierenden und ggf. korrigierenden Impulsen wieder zum Rückenmark leiten und dort den Muskeltonus und die Bewegung vor allem der proximalen Muskulatur steuern. Hierdurch ermöglicht das Spinocerebellum durch Umgehung des Neokortex einen unwillkürlichen, reibungslosen Ablauf von Stand- und Gangmotorik [52].

Reflexe

Für die Stabilisierung des Gleichgewichts sorgen supraspinale Reflexe, die die Stütz- und Blickmotorik regulieren. Man unterteilt diese in statische und statokinetische Reflexe. Da sie die Zusammenarbeit von Vestibulariskernen und Rückenmark erfordern, werden sie auch vestibulospinale Reflexe genannt.

Statische Reflexe lassen sich einteilen in Haltungs- und Stellreflexe. Sie dienen der Gleichgewichtshaltung im Stand und Gang und garantieren dabei eine freie Kopfbeweglichkeit. Zusammengefasst werden diese Reaktionen als posturale Reaktionen. Diese sind Teil der antizipatorischen Regulation der Stützmotorik (Vorwärts-, Feedforward-Kontrolle) und erklären, warum der Körper zum Beispiel beim kräftigen Zug an einer Tür nicht nach vorne umkippt. So werden etwa 70 ms vor Aktivierung der Armmuskulatur die Strecker der Beine aktiviert, um dem zu erwartenden Vorwärtskippen vorzubeugen.

Statokinetische Reflexe hingegen stellen Antworten auf Bewegungsreize dar und führen selbst wieder zu Bewegungen. Ein Beispiel ist die Abfangbewegung beim Stolpern.

Damit der Körper während dieser Bewegungen die Orientierung behält, vervollständigt der vestibulookuläre Reflex das System. Er sorgt dafür, dass der Blickkontakt zur Umwelt während der Bewegung nicht verloren geht. [38].

Eine Darstellung des Zusammenspiels aus Sensorik und Motorik im Rahmen der posturalen Kontrolle erfolgt in Abbildung 2:

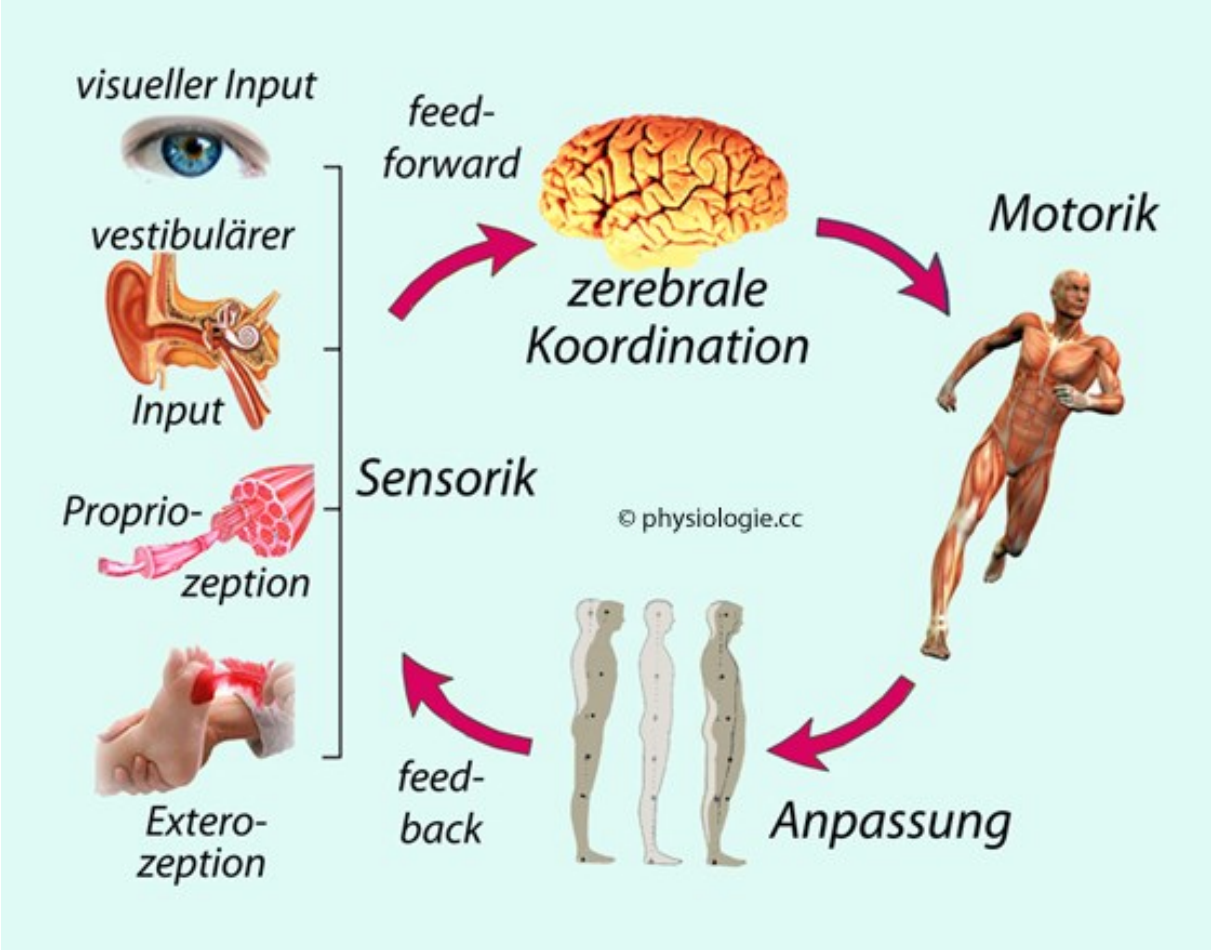

Abbildung 2: Posturale Kontrolle: sensorische Informationen aus visuellem Input, vestibulärem Input, Propriozeption und Mechanosensorik (Exterozeption) werden an das Gehirn geleitet und führen über die Motorik zu einer Anpassung der Körperhaltung, dies wird wiederum sensorisch als Feedback registriert. Quelle: http://physiologie.cc/Posturale-Kontrolle.jpg, 09.07.2019, mit freundlicher Genehmigung von H. Hinghofer-Szalkay, physiologie.cc

1.5. Funktionelle Hüftgelenksbandage

Leegwater et al. [26] untersuchten 2012 den Einfluss von Kryokompression auf das Outcome von Patienten mit Hüft-Totalendoprothese. Es wurden verschiedene Punkte, wie Schmerz, Blutverlust, Bildung von Wundflüssigkeit, Zufriedenheit von Patienten und Krankenhauspersonal, Ausführbarkeit, Länge des stationären Aufenthaltes, Infektionsrate, Entwicklung einer tiefen Beinvenenthrombose oder kurzfristigen Prothesen-bedingten Problemen beurteilt. Die Resultate waren durchweg positiv. Tan et al. [51] fanden 2016 heraus, dass eine Kompressionstherapie einen positiven Effekt einer auf den postoperativen Blutverlust und das Auftreten postoperativer Hämatome hat. In einer Studie von Kwak et al. [24] 2017 wurden zudem Hinweise darauf gefunden, dass eine intermittierende pneumatische Kompressionstherapie nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese das Risiko für eine postoperative tiefe Beinvenenthrombose vermindern kann. Das Tragen elastischer Strümpfe verhindert laut Tan et al. 2021 jedoch lediglich bei Eingriffen am Sprunggelenk zuverlässig das Auftreten einer Thrombose. Nach Eingriffen an Knie, Hüfte oder am unteren Rücken ist zudem die Einnahme einer antikoagulativen Therapie von Nöten [50].

Auch der Einfluss von Wundmaterial war bereits Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, so fanden Rothfusz et al. Belege dafür, dass die Wahl des richtigen Verbandmaterials wesentlichen Einfluss auf das Outcome, insbesondere das Auftreten von postoperativen Infektionen hat. [43]

Mechlenburg et al. untersuchten 2022 den Einfluss des Tragens einer Bandage bezüglich des Risikos einer Re-Dislokation nach stattgehabter Luxation einer Hüfttotalendoprothese. Sie fanden jedoch keinen relevanten Einfluss der Bandage auf das Risiko einer Re-Dislokation [30].

Palm et al. untersuchten 2011 in einer klinischen Studie den Einfluss von funktionellen Knie-Bandagen auf die posturale Stabilität bei Patienten mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Auch sie nutzten in ihrer Studie die Computerunterstützte dynamische Posturographie und kamen zu dem Ergebnis, dass die Bandagen die posturale Stabilität erhöhen [33].

Insgesamt ist also in der Literatur der Einfluss einer funktionellen Hüftgelenksbandage auf die posturale Stabilität bislang nicht untersucht worden.

1.6. Computerunterstützte dynamische Posturographie (CDP)

Die posturale Stabilität stellt einen hochkomplexen Vorgang dar, der die verschiedensten peripheren und zentralen Strukturen mit einbezieht. Die Vermutung liegt daher nahe, dass Störungen in diesen Strukturen Einfluss auf das Gleichgewicht haben können. Eine Möglichkeit zur objektiven Darstellung des Gleichgewichts bietet die computerunterstützte dynamische Posturographie (CDP). Hierbei wird das Gleichgewicht mittels einer Balanceplattform gemessen, welche die ermittelten Werte in Indizes umrechnet, die anschließend objektiv verglichen werden können.

Die Reliabilität des in dieser Studie verwendeten Geräts zur CDP wurde von J. Strobel in seiner Dissertation 2009 geprüft [49].

Die CDP wurde 2014 in der Studie zum „Einfluss geringer körperlicher Belastung auf die posturale Stabilität bei älteren Personen“ von van Uden et al. erfolgreich an älteren Probanden angewendet [55]. Auch in unserer Studie ist die Messung des Gleichgewichts mittels CDP an älteren Personen geplant, das Wissen, dass die Untersuchung an einem derartigen Probanden-Klientel einsetzbar ist, ist daher von großer Wichtigkeit.

Palm et al. untersuchten 2015 mittels CDP Patienten mit unilateraler Verletzung des Vorderen Kreuzbandes prä- und postoperativ nach VKB-Plastik. Es konnte gezeigt werden, dass sich die posturale Stabilität nach dem Eingriff am Kniegelenk signifikant bessert [34]. Eine derartige Untersuchung nach Hüft-Eingriffen steht mit dem bei uns verwendeten CDP-Gerät noch aus und soll nun in dieser Studie untersucht werden.

1.7. Fragestellung

Dass eine Koxarthrose die Lebensqualität des Betroffenen einschränkt, wurde oben bereits erläutert. Bezüglich der posturalen Stabilität und somit indirekt das Sturzrisiko betreffend, herrscht in der Literatur jedoch Uneinigkeit. Es scheint laut Zeeh et al. [59], so zu sein, dass durch Arthrose ein erhöhtes Sturzrisiko vorliegt, insbesondere bei alten Patienten. So erhöht das Vorliegen einer Gon- oder Koxarthrose das Risiko für Stürze im Alter jeweils um das 2,4-Fache [60]. Dies wird gestützt durch das Ergebnis der Studie von Yilmaz et al., welche mittels computergestützter dynamischer Posturographie nachweisen konnte, dass Patienten mit primärer

Coxarthrose deutlich erhöhte Stabilitätsindices und somit eine schlechter posturale Stabilität im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe aufweisen [58].
Eine andere Studie durch Mat et al. [29] behauptet jedoch, dass sich die Einschränkung der posturalen Stabilität durch eine Gon- oder Koxarthrose nicht auf das Sturzrisiko auswirke.
Smith et al. [45] haben herausgefunden, dass Patienten mit Hüft- oder Knie-Totalendoprothesen in den ersten 12 Monaten nach der OP kein erhöhtes Risiko für Stürze oder Frakturen haben. Im Gegenteil sei es sogar so, dass Patienten mit Hüft-Totalendoprothese ein geringeres Risiko für Frakturen haben als Patienten ohne Hüft-Totalendoprothese. Auch Truszczynska et al. [53] beschrieben 2013 in ihrer Pilotstudie „Postural Stability in Patients with Osteoarthritis of the Hip“, dass sich die Balance-Parameter postoperativ verbessern.
Nallegowda et al. [32] fanden jedoch 2003 in ihrer Pilotstudie „Balance and Gait in Total Hip Replacement“ heraus, dass sich Patienten mit Hüftendoprothese in Bezug auf Gang und alltägliche Aktivitäten wie Treppensteigen o.ä. von gesunden Kontrollpersonen unterscheiden. Sie untersuchten dabei auch das Gleichgewicht mittels dynamischer Posturographie. Hierbei wurde festgestellt, dass die Patienten trotz operativer Entfernung der Gelenkkapsel kein Defizit in der Propriozeption haben.
Dies bestätigt eine Studie von Calò et al. [7] von 2009, der bei der Erforschung der posturalen Kontrolle von Patienten mit Hüft-Totalendoprothese zu dem Schluss kommt, dass diese Patienten beim Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe eine normale posturale Kontrolle aufweisen und kein Zusammenhang zwischen Implantation der Prothese und einem erhöhten Sturzrisiko zu finden ist. Auch hier wurde zur Untersuchung des Gleichgewichts die dynamische Posturographie eingesetzt.
Eine Studie von Warenczak et al. von 2019 [56] fand jedoch Hinweise darauf, dass die Implantation einer Hüft-Totalendoprothese Defizite in der statischen Balance und der Standposition hervorrufen kann. Diese Studie verglich 30 Patienten mit Hüft-Totalendoprothese mit 30 gesunden Probanden mit gleichem Alter und Geschlecht.
Die bisher durchgeführten Studien ergeben also kein eindeutiges Ergebnis.
Anzumerken ist zudem, dass das Patientenkollektiv in der Studie von Nallegowda et al. [32] im Mittel 40,9 Jahre alt war, das von Calò et al. [7] 64,3 Jahre, der Großteil der Prothesen in Deutschland wird aber bei Patienten zwischen 70 und 80 Jahren

implantiert [48], so dass unklar ist, ob die von Nallegowda et al. [32] und Calò et al. [7] untersuchten Patientengruppen tatsächlich das Versorgungskollektiv repräsentierten.
Zudem wurden die Ergebnisse bislang noch nicht mittels Biodex-Balance-System reproduziert. Ein Gerät, welches sich in mehreren Studien als sehr geeignet für die Beurteilung der Balance erwiesen hat [49,55].

Zusammenfassend bleibt folglich unklar, welche Bedeutung Koxarthrose und künstlicher Gelenkersatz für die posturale Stabilität haben.

Ziel unserer prospektiven klinischen Studie an 30 Patienten ist es daher, herauszufinden, ob sich Unterschiede im Gleichgewicht vor und nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese mittels computergestützter dynamischer Posturographie darstellen lassen.

Zudem deutet sich in der Literatur bereits an, dass das Gleichgewicht hierbei von BMI und Alter abhängig ist. Daher wollen wir diese Aspekte bei der Auswertung berücksichtigen. Nachzuvollziehen ist dies beispielswiese in den Studien zur „Reliabilitätsprüfung des Biodex Balance Systems“ von Strobel et al. [49] und zum „Einfluss geringer körperlicher Belastung auf die Posturale Stabilität bei älteren Personen“ von Christian van Uden et al. [55], welche beide aus unserer Forschungsabteilung stammen.

Es finden sich in der Literatur schließlich auch mehrere Studien zum Tragen von Hüftgelenksbandagen nach erfolgter Implantation einer Hüfttotalendoprothese. Diese beschreiben teils einen positiven Einfluss unter anderem auf Blutverlust, Schmerz und Auftreten einer tiefen Beinvenenthrombose (siehe 1.5. Funktionelle Hüftbandage). Allerdings findet sich in der Literatur bislang keine Studie dazu, ob das Tragen einer funktionellen Hüftgelenksbandage nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese einen Einfluss auf die posturale Stabilität hat. Dies soll daher in dieser Studie als Nebenzielgröße untersucht werden.

2. Probanden und Methoden

2.1. Probanden

Diese prospektive Studie untersuchte als Hauptzielgröße den Einfluss der Implantation einer Hüft-Totalendoprothese auf Gleichgewicht und die Balance.

Hierfür wurden 30 Patienten der Unfallchirurgie und Orthopädie des Bundeswehrkrankenhauses Ulm untersucht, von denen 16 nach 55,5 Tagen (Range 35-67 Tage) postoperativ erfolgreich nachuntersucht werden konnten.

14 Patienten konnten nicht nachuntersucht werden. Hiervon hatte sich ein Proband postoperativ bei einem Sturz während des Krankenhausaufenthaltes einen Muskelfaserriss im Oberschenkel zugezogen, eine weitere Patientin erlitt im Rahmen eines postoperativen Sturzes während des stationären Aufenthaltes eine Acetabulumfraktur. Sieben Patienten verweigerten aus Angst vor Stürzen postoperativ weitere Messungen mittels computergestützter dynamischer Posturographie und weitere fünf Patienten waren nicht für eine Nachuntersuchung erreichbar. Eine Diagrammdarstellung der Teilnehmeranzahl und der Dropout-Rate findet sich in Abbildung 3.

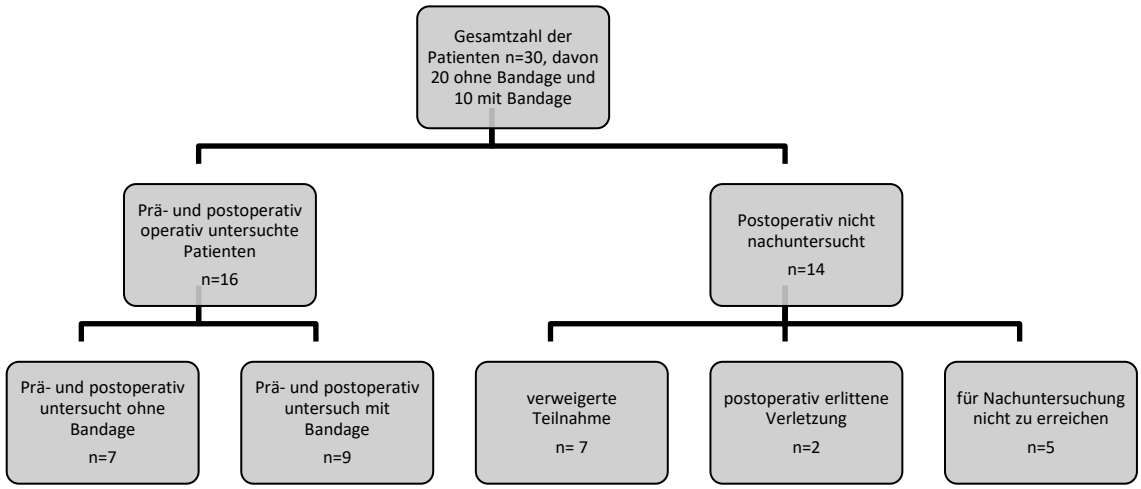

Abbildung 3: Diagrammdarstellung der Teilnehmeranzahl und der Dropout-Rate. Quelle: eigene Abbildung.

Der Altersmedian unter allen 30 initial untersuchten Teilnehmern der Studie betrug 71,5 Jahre (Range: 55-81 Jahre). Der Median der Größe lag bei 1,69 m (Range: 1,58 – 1,92 m) und der des Gewichtes bei 84,0 kg (Range: 48,4 – 105,0 kg). Der BMI betrug 26,5 kg/m² (Range: 18,2 – 38,1 kg/m²).
Die 16 Probanden, die nachuntersucht werden konnten, waren im Median 72 Jahre (Range 55-81 Jahre) alt, 1,69 m (Range 1,62 – 1,92 m) groß, 79 kg (Range 50 – 105 kg) schwer und hatten einen BMI von 26,09 kg/m² (Range 18,4 – 32,5 kg/m²). Diese Gruppe beinhaltete acht Frauen und acht Männer.
Die 14 Patienten, die nicht nachuntersucht werden konnten, waren im Median 70,5 Jahre (Range 55 – 81 Jahre) alt, 1,68 m (Range 1,58 – 1,92 m) groß, 85,5 kg (Range 48,4 – 99,0 kg) schwer und hatten einen BMI von 26,7 kg/m² (Range 18,2 – 38,1 kg/m²). Diese Gruppe beinhaltete sieben Frauen und sieben Männer.
Zur Auswertung der Daten wurden in Rücksprache mit dem Institut für Biometrie der Uniklinik Ulm lediglich die Daten der 16 prä- und postoperativ untersuchten Probanden verwendet.

Um den Einfluss einer funktionellen Hüftgelenksbandage auf die posturale Kontrolle zu untersuchen, teilten wir die Probanden weiterhin nach Randomisierung in zwei Gruppen auf:

- **Keine Hüftbandage**: Diese Patienten erhielten nach der Operation keine Bandage und wurden mit herkömmlichem Verbandsmaterial versorgt. Diese Gruppe umfasste sieben Probanden, davon vier weibliche und drei männliche. Der Altersmedian der Gruppe lag bei 64 Jahre (Range: 60 – 78 Jahre), der Median der Größe 1,67 m (Range: 1,64 – 1,92 m), der des Gewichtes 71,0 kg (Range: 50 – 105 kg) und der BMI-Median 25,5 kg/m² (Range: 18,4 – 31,0 kg/m²).
- **Funktionelle Hüftbandage**: Diese Gruppe erhielt statt eines Kompressionsverbandes ab dem ersten postoperativen Tag eine funktionelle Hüftgelenksbandage. Es waren neun Teilnehmer in dieser Gruppe enthalten, welche sich aus vier weiblichen und fünf männlichen Probanden zusammensetzen. Das Alter betrug im Median 72,0 Jahre (Range: 55 – 81 Jahre), die Größe 1,70 m (Range: 1,62 – 1,92 m), das Gewicht 83,0 kg (Range: 65 - 98 und der BMI 26,7 kg/m² (Range: 23,0 – 32,5 kg/m²).

Die Einteilung der Gruppen erfolgte durch zeitliche Randomisierung über den von Patienten und Klinik festgelegten OP-Zeitpunkt. Grund für die Wahl einer zeitlichen Randomisierung und der Verzicht z. B. auf ein Briefwahlverfahren, war eine bessere Umsetzbarkeit durch das Assistenzpersonal auf Station, welches die Anlage von Verband oder Bandage durchführte.
So wurden zunächst sieben Probanden ohne Bandage untersucht und anschließend neun Probanden mit Bandage.

Alle Patienten wurden innerhalb eines Zeitraumes von 54 Monaten in die Studie eingeschlossen. Sie wurden vor der Teilnahme über den Studienverlauf und die Risiken aufgeklärt und hatten Zeit ihre Entscheidung zur Teilnahme zu überdenken und gegebenenfalls abzulehnen. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und wurde von den Probanden persönlich mittels Unterschrift bestätigt.

Die Ein- und Ausschlusskriterien der Studie sind in den Tabellen 4 und 5 dargestellt.

Tabelle 4: Tabellarische Aufstellung der Einschlusskriterien unserer Studie

Einschlusskriterien:	Erläuterung:
Alter	≥ 50 Jahre und ≤ 80 Jahre
Vorhandene Koxarthrose	Geplante Implantation einer Hüft-Totalendoprothese

Tabelle 5: Tabellarische Aufstellung der Ausschlusskriterien unserer Studie

Ausschlusskriterien:	**Erläuterung:**
Studienteilnahme	Ablehnung der Teilnahme oder Beendigung der Teilnahme während der Studie durch den Patienten
Starke Beeinträchtigung des optischen Systems ohne ausreichend korrigierende Sehhilfe	Beeinträchtigung des optischen Einflusses auf das posturale Systems
Deutliche Beeinträchtigung der Kognition	Verständnis des Studienablaufs kann nicht gewährleistet werden
Neurologische Erkrankungen (insb. Schlaganfall, M. Parkinson, Multiple Sklerose, PNP),	Erhöhte Sturzgefahr und Verfälschung von Ergebnissen im Hinblick auf Gleichgewicht und Balance
Höhergradige Erkrankungen/ Operationen der unteren Extremität (mit Ausnahme allgemeiner Alterserscheinungen, wie z.B. Chondropathien)	Erhöhte Sturzgefahr und nicht kontrollierbarer Einfluss auf die Ergebnisse
Höhergradige kardiovaskuläre Erkrankungen (z.B. instabile KHK, Herzinsuffizienz (NYHA III und IV, Kardiomyopathien, pAVK)	Gefahr der Dekompensation
Beeinträchtigungen des vestibulären Systems	Beeinflussung des Gleichgewichts

Die Studie wurde der Ethikkommission der Universität Ulm zur Prüfung vorgelegt und bewilligt (Antragsnummer: 344/16). Zudem erfolgte die Registrierung der Studie beim Deutschen Register für klinische Studien unter der Nummer DRKS00012506.

2.2. Statistik

Die Höhe der Fallzahl wurde basierend auf unseren Vorstudien zur posturalen Kontrolle angesetzt bei explorativem Studiencharakter. Daher erfolgte auch keine Berechnung von Signifikanzen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte demnach rein deskriptiv und ist als Pilotstudie zu werten. Für die ermittelten Werte wurden Median, erste und dritte Quartile, Maximum und Minimum errechnet, um mit diesen Werten vergleichende Grafiken und Tabellen erstellen zu können. Zum Erstellen der Boxplots und Streudiagramme wurde Matplotlib Version 3.1.2 (Fa. Matplotlib Development Team, USA) genutzt, alle anderen Diagramme wurden mit wurde Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, USA) erstellt.
Das beschriebene Vorgehen erfolgte nach vorangegangener Beratung durch das Institut für Biometrie der Universität Ulm.

2.3. Studienplan

Der Studienplan beinhaltete 13 verschiedene Einheiten und ist in Tabelle 6 dargestellt. Dies umfasste zehn Patientenmodule, eine Patienteninformation über den Studienablauf und Risiken, eine Patienteninformation für den Aufenthalt in der Rehabilitationseinrichtung und eine Einwilligungserklärung, welche sich in die Einwilligung über die Teilnahme an der Studie und die Einverständniserklärung hinsichtlich des Datenschutzes gliederte.
Die Probanden wurden in beiden Gruppen zu drei verschiedenen Zeitpunkten untersucht. Zum ersten Mal am Tag vor der Operation, dann sieben Tage postoperativ und erneut nach der Rehabilitationsmaßnahme sechs Wochen postoperativ.
Zu allen drei Zeitpunkten wurden die Messungen der Stabilitätsindizes mittels computergestützter dynamischer Posturographie, sowie die Erhebung des POMA-

und Harris-Hip-Scores durchgeführt. Des Weiteren wurden zu diesen drei Zeitpunkten Angaben zum Sturzrisiko erhoben.

Präoperativ und sechs Wochen postoperativ wurde der Barthel-Index erfasst. Von großer Bedeutung war auch die Messung der Bewegungsumfänge in Hüft- und Kniegelenk, welche in vollem Umfang am Tag vor der Operation und sechs Wochen später durchgeführt wurde. Am siebten postoperativen Tag wurden die Bewegungsumfänge ausschließlich im Bereich der Hüftflexion und -extension, sowie der Knieflexion und -extension bestimmt, um die frisch implantierte Prothese nicht zu gefährden und das Risiko einer Luxation zu minimieren. Die Probanden füllten zudem am siebten postoperativen Tag einen Fragebogen bezüglich der elastischen Hüftbandage aus. Die Probanden, welche eine funktionelle Hüftbandage trugen, erhielten am siebten postoperativen Tag ein Tragetagebuch, mit der Bitte dies bis zur Nachuntersuchung sechs Wochen postoperativ zu führen.

Tabelle 6: Tabellarische Darstellung des Studienplans unserer Studie

Studienplan	Präoperativ	2. postoperativer Tag	7. postoperativer Tag	6 Wochen postoperativ
Modul 0	X			
Modul 1	X			
Modul 2	X			X
Modul 3	X			X
Modul 4	X			X
Modul 5	X		X	X
Modul 6a/6b			X	
Modul 7			X	
Modul 8				X
Modul 9	X			X
Modul 10			X	X
Anlage Bandage		X		

Modul 0: Aufklärung und Einwilligung

Modul 1: Allgemeine Daten

Modul 2: Sturzanamnese und – Scores

Modul 3: Barthel-Index

Modul 4: POMA-Score

Modul 5: CDP-Messung

Modul 6a: Bewertung Stabilität, Gleichgewicht, Schmerz und funktionelle Hüftbandage mittels VAS (nur Patienten mit funktioneller Hüftbandage)

Modul 6b: Bewertung Stabilität, Gleichgewicht, Schmerz mittels VAS (nur Patienten ohne funktionelle Hüftbandage)

Modul 7: Untersuchungsbogen Postoperativ Tag sieben

Modul 8: Untersuchungsbogen Postoperativ Woche sechs

Modul 9: Harris Hip Score

Modul 10: Tragetagebuch (nur Patienten mit funktioneller Hüftbandage)

2.3.1. Modul 1: Allgemeine Daten

Im Modul 1 wurden die persönlichen Daten erfasst, eine Anamnese in Bezug auf die Erkrankungen und eine gezielte klinische Untersuchung durchgeführt. Nach schriftlichem Einverständnis wurden die Kontaktdaten der Probanden abgefragt, um eine Kontaktaufnahme hinsichtlich des Untersuchungstermins sechs Wochen postoperativ zu ermöglichen. Es wurden Körpergröße, Körpergewicht und der daraus resultierende Body-Mass-Index, sowie das Alter und Geschlecht des Patienten erfragt. Standbein und betroffenes Bein wurden notiert und der Proband über die Art vorhandener Schmerzen befragt. Hier wurde zwischen Anlaufschmerz, Nacht-/Ruheschmerz und Belastungsschmerz unterschieden. Es erfolgte außerdem die Unterscheidung zwischen primärer Koxarthrose und sekundär bedingter Koxarthrose, beispielsweise als Folge einer Hüftdysplasie.

Anhand eines Röntgenbildes des Beckens (Beckenübersicht) wurde der Kellgren-Lawrence-Grad der Hüfte erhoben, die dann mit einer Hüft-Totalendoprothese versorgt wurde. Dieser beurteilte das Stadium der Arthrose anhand vier Kriterien: Osteophyten, Gelenkspaltverschmälerung, Sklerose und Deformierung des Hüftkopfes. Es wurde anhand dieser Einstufung in Grad 1 bis Grad 4 unterschieden. Der Kellgren-Lawrence-Score wurde gewählt, da er eine hohe Korrelation zwischen klinischen Symptomen und Bildgebung bietet und einen hohen prädiktiven Wert für die Implantation einer Hüft-Totalendprothese aufweist [42].

Anamnestisch wurden Vorerkrankungen, Operationen und Unfälle – im Speziellen der unteren Extremität – erhoben. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf Erkrankungen, die neurologische, kreislaufbedingte, kognitive oder optische Einschränkungen zur Folge haben können und somit das Sturzrisiko im Rahmen der Studie erhöhen oder die Messergebnisse beeinflussen. Die aktuelle Medikation wurde erfasst.

Abschließend wurde eine kurze, körperliche Untersuchung durchgeführt. Der Gefäß- und Reflexstatus, sowie die Sensibilität der unteren Extremitäten wurden überprüft, um vorbestehende Einschränkungen in diesen Bereichen zu erkennen. Die Untersuchung beinhaltete zudem die Erhebung des Bewegungsumfangs im Hüftgelenk im Bereich der Extension und Flexion, der Abduktion und Adduktion und der Außen- und Innenrotation gemäß der Neutral-Null-Methode. Zusätzlich wurde der Bewegungsumfang im Knie in Form von Extension und Flexion erhoben. Hierbei wurden folgende Umfangsmaße als Normwerte zugrunde gelegt: Hüftextension und -

flexion: 10°-0-130°, Hüftabduktion und -adduktion 40°-0-30°, Hüftaußen- und -innenrotation bei 90° Beugung in Hüft- und Kniegelenk: 50°-0-30°, sowie Knieextension und -flexion 10°-0-140° [19].
Zuletzt wurde in diesem Modul die Beinlänge von Spina iliaca anterior superior bis zum Unterrand des Malleolus lateralis und der Beinumfang 20 cm, 25 cm und 30 cm unterhalb der Spina iliaca anterior superior gemessen.

2.3.2. Modul 2: Sturzanamnese

In Modul 2 wurde die Aktivität der Probanden und ihr Lebensumfeld erfasst. Dies erfolgte über Fragen zu Schulabschluss und Beruf, Art des Haushalts und die Größe von Wohnfläche und Garten bzw. die Versorgung von Haustieren. Die Probanden sollten selbst einschätzen, ob und wie sie mit Hilfsmitteln wie Sehhilfen und Hörgeräten zurechtkommen und ob sie von Dritten Hilfe im Alltag benötigen. Die Anzahl der regelmäßig einzunehmenden Medikamente wurde ebenso erfasst, wie die Nutzung von Gehhilfen. Auf einer visuellen Analogskala, die eine Länge von zehn Zentimetern hatte, gaben die Probanden an, für wie gut sie ihre Balancefähigkeit und ihr Gleichgewichtsvermögen halten. Die Skala reichte von „sehr schlecht – ich stürze sehr oft“ bis zu „sehr gut – ich stürze nie“. Es wurden den Probanden nun verschiedene Gefahrensituationen wie z.B. Treppen, wackelige Trittleitern, Stolperfallen in der Wohnung, nasse oder glatte Böden usw. genannt, die durch den Teilnehmer persönlich als gefährlich oder nicht gefährlich eingestuft wurden. Die Erhebung von ärztlich behandelten Sturzfolgen, Nutzung von Protektoren, Krankenhaus- und Urlaubsaufenthalte in den letzten 12 Monaten trug dazu bei, den präoperativen Verlauf in Bezug auf das individuelle Sturzrisiko einzuschätzen. Abschließend gaben die Probanden die aktuell noch durchführbaren Freizeitaktivitäten, wie zum Beispiel Fahrrad fahren oder Spazieren gehen in Stunden pro Woche an.

2.3.3. Modul 3: Barthel-Index

Der Barthel-Index wurde 1965 von den Amerikanern Mahony und Barthel erstellt und ist ein Fragebogen zur Bewertung alltäglicher Fähigkeiten, wie zum Beispiel

Körperpflege, Nahrungsaufnahme und Ankleiden. Er diente der systematischen Erfassung von Selbstständigkeit beziehungsweise Pflegebedürftigkeit und ist ein häufig genutztes Tool im Pflegeassessment, welches sich gut zur Messung von Einschränkungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens und der Mobilität eignet [14]. Der Test fragte zehn verschiedene Situationen des alltäglichen Lebens ab (Essen, Baden, Waschen, An- und Auskleiden, Stuhlkontrolle, Urinkontrolle, Toilettenbenutzung, Bett-/ (Roll-) Stuhltransfer, Bewegung und Treppensteigen) und vergab zwischen 0 und 15 Punkte pro Frage. Die Maximalzahl der erreichten Punkte ließ Rückschlüsse auf den Pflegebedarf des Probanden zu, wobei der Pflegeaufwand umso höher war, je weniger Punkte erreicht wurden. (0 = komplett pflegebedürftig bis 100 = komplett selbstständig). Der Barthel-Index wurde präoperativ und sechs Wochen postoperativ erhoben.

2.3.4. Modul 4: POMA-Score

Der Performance Oriented Mobility Assessment (POMA)-Score, auch Tinetti-Test genannt, diente der Erfassung des Sturzrisikos. Der Test umfasste zwei Sub-Skalen: Gleichgewicht und Gang. Die Maximalpunktzahl betrug 28 Punkte.

Für die Erfassung des Gleichgewichtes wurde der Proband zunächst auf einen Stuhl ohne Armlehnen gesetzt. Dabei wurde die Sitzstabilität beurteilt. Auf Aufforderung stand der Proband auf. Hierbei wurden die benötigten Hilfestellungen, die Zahl der Versuche und die unmittelbare Stehbalance nach dem Aufstehen bewertet. Im Stand wurden die Füße nebeneinandergestellt und der Tester übte dreimal einen Stoß auf das Brustbein des Patienten aus, um die Stehbalance zu testen. Anschließend wurde die Standsicherheit untersucht. Hierzu schloss der Proband mit geschlossenen Füßen die Augen und stand so ruhig wie möglich. Danach sollte der Patient mit wieder geöffneten Augen eine Strecke von mindestens drei Metern gehen. Dabei wurde folgende Kriterien des Ganges beurteilt: Schrittbreite, Schrittsymmetrie, Kontinuität der Schritte, Rumpfstabilität, Wegabweichung und das vollständige Abheben und Überholen der Füße. Am Ende der Gehstrecke vollführte der Patient eine 360°-Drehung. Hierbei wurden die Schrittkontinuität und die Sicherheit des Bewegungsablaufes bewertet. War der Patient zum Ausgangspunkt zurückgekehrt, setzte er sich wieder auf den Stuhl. Es wurden wiederum die benötigten Hilfestellungen und die Sicherheit der Bewegungen dokumentiert [44].

Der Patient durfte Hilfestellungen, wie den Einsatz der Arme oder auch einen Stock, benutzen, dies wurde durch den Untersucher dokumentiert.

2.3.5. Modul 5: Computergestützte dynamische Posturographie

Zur Durchführung der computergestützten dynamischen Posturographie wurde das Balance System ™ SD der Firma Biodex Medical Systems (Shirley, USA) verwendet. Das CE-Zertifikat findet sich im Anhang.



Abbildung 4: Biodex-Balance-SystemTM SD der Firma Biodex Medical Systems, Quelle: eigenes Bild

Hierbei handelte es sich um eine runde Plattform mit zwei Armstützen und einem Monitor (siehe Abbildung 4), welcher zum einen der Einstellung der Stabilitätslevel und zum anderen der visuellen Darstellung der Gleichgewichtswerte diente.
Die Plattform verfügte über eine simultane freie passive Beweglichkeit in allen Achsen. Die maximale Neigung betrug dabei 20°. Die dynamische Bewegung wurde dabei auf 0,1° genau gemessen und die Abweichung vom Zentrum berechnet. Die Stabilität der Plattform ließ sich in einem mehrstufigen System regulieren, beginnend bei einer statischen Platte, welche nur die Verlagerung des Schwerpunkts aufzeichnete, bis hin zur freien Schwenkbarkeit, die sich in 12 dynamischen Levels einstellen ließ (Level 1 ist dabei am instabilsten, 12 am stabilsten). Sensoren registrierten die dynamische Auslenkung der Platte und berechneten die Abweichung von der Horizontalebene. Entsprechend der im zeitlichen Verlauf gemessenen Auslenkungsgrade wurden drei Indizes berechnet: der medio-laterale-Stability-Index (MLSI), der antero-posteriore-Stability-Index (APSI) und der Gesamt-Stabilitäts-Index (Overall-Stability-Index, OSI). Je niedriger der Wert des Index war, desto höher war die posturale Stabilität. Die Indizes gaben das Ausmaß der Auslenkung wieder und wurden nach den Formeln in Tabelle 7 berechnet.

Tabelle 7: Formel zur Berechnung der Stabilitätsindices, nach [49]:

$APSI = \sqrt{\frac{\sum(0-Y)^2}{Einzelmessungen}}$
$MLSI = \sqrt{\frac{\sum(0-X)^2}{Einzelmessungen}}$
$OSI = \sqrt{\frac{\sum(0-X)^2 + \sum(0-Y)^2}{Einzelmessungen}}$

Strobel et al. stellten 2010 in einer Studie zur Reliabilität des BBS fest, dass der Verlauf des Stabilitätsindex zwischen Level 2 und 12 linear ist [49]. Die dynamischen Messungen erfolgten daher auf Level 8, da sich dieses Level schon in anderen Studien als, insbesondere für alte Menschen, geeignet erwiesen hatte. Ein Beispiel hierfür ist die Studie über den „Einfluss geringer körperlicher Belastung auf die

posturale Stabilität bei älteren Personen“ von Uden et al. [55], welche ebenfalls aus unserer Arbeitsgruppe stammt.

Es erfolgten Messungen mittels computergestützter dynamischer Posturographie am Tag vor der OP, sieben Tage postoperativ und sechs Wochen postoperativ. Es wurden zunächst statische Messungen durchgeführt, anschließend folgten dynamische Messungen. Strobel et al. stellten 2010 [49] in ihrer Arbeit fest, dass das visuelle Feedback die Balance beeinflusst, daher führten wir sowohl die statischen als auch die dynamischen Messungen mit geöffneten und mit geschlossenen Augen durch. Da zum einen die Reliabilitätsstudie von Strobel et al. [49] zeigte, dass es keine Seitendifferenz der Werte im Einbeinstand gibt und es den kurz vor der Operation zum Teil sehr schmerzgeplagten Patienten außerdem nicht möglich war, die Messung im Einbeinstand durchzuführen, wurden alle Werte im beidbeinigen Stand erhoben. Alle Patienten trugen während den Messungen eigene, geschlossene Schuhe. Zudem wurde der Bildschirm des CDP während den Messungen abgedeckt, damit die Probanden nicht durch ein visuelles Feedback durch den sich bewegenden Cursor im Sinne eines Biofeedbacks beeinflusst wurden können. Die gewonnenen Werte wurden nach verschiedenen Aspekten ausgewertet. So wurden der prä- mit dem postoperativen Zustand verglichen, um den Einfluss der Implantation der Hüft-Totalendoprothese zu ermitteln.

Des Weiteren wurden Teilnehmer mit männlichem Geschlecht mit den weiblichen Teilnehmerinnen verglichen, um die Ergebnisse von Strobel et al. zu bestätigen, der keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Geschlechts messen konnte. In der Literatur ist beschrieben, dass das Alter und der BMI die Balance-Werte signifikant beeinflussen, deshalb erfolgte zudem die Auswertung unter Beachtung dieser Aspekte [49,55]. In einer Subgruppenanalyse erfolgte des Weiteren der Vergleich zwischen der Gruppe, die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage getragen hatte und der Kontrollgruppe, die bis zum Abschluss der Wundheilung mit herkömmlichem Verbandsmaterial versorgt wurde.

2.3.6. Modul 6a: Funktionelle Hüftbandage

Als funktionelle Hüftgelenksbandage verwendeten wir das Produkt „Coxa-Hit“ der Firma Sporlastic® (Nürtingen, Deutschland). Diese wurde laut Firmenangaben zur Behandlung von Hüfterkrankungen wie z.B. Arthrose und auch zur postoperativen

Behandlung von Hüft-TEPs entwickelt. Sie soll durch Kompression das Hüftgelenk stabilisieren und die Koordination und Wahrnehmung der Hüftmuskulatur (Propriozeption) über die leicht abduzierende Wirkung auf das Hüftgelenk verbessern. Zusätzlich gab es noch die Möglichkeit der Einlage von Cold-/Hot-Pads zur Unterstützung der physikalischen Therapie. Diese Pads wurden in der vorliegenden Studie nicht verwendet. Das CE-Zertifikat findet sich im Anhang dieser Arbeit. Abbildung 5 zeigt die verwendete Bandage.



Abbildung 5: Coxa-Hit-Bandage der Firma Sporlastic GmbH, Nürtingen. Quelle: https://www.sporlastic.de/fileadmin/user_upload/Produktbilder/Listenansicht/07480_Coxa-Hit_02.jpg, 10.08.2019 mit freundlicher Genehmigung der SPORLASTIC GmbH, Nürtingen.

Modul 6a sollte den subjektiven Eindruck der Patienten in Bezug auf die funktionelle Hüftbandage erfassen. Hierzu verwendeten wir visuelle Analogskalen, welche ausgedruckt 10 cm Länge hatten und keine Skalierung besaßen. Die Probanden sollten durch das Setzen einer Markierung auf der VAS ihre persönliche Einschätzung zum Ausdruck bringen. Das Modul umfasste zum einen Fragen zur Stabilität, Schmerz und Bewegungsumfang mit und ohne Bandage und zum anderen

auch Fragen zu Tragekomfort, Gewicht, Optik und Handhabbarkeit der Bandage. Besonderes Augenmerk wurde auf den Einfluss der Bandage in Bezug auf die subjektive Stellung des Gelenks gelegt (Ziehen nach anterior oder posterior, medial oder lateral oder Rotation nach innen oder außen), um herauszufinden, ob die Bandage das Gelenk für die Patienten spürbar in eine bestimmte Richtung stabilisierte. Wie in der Literatur [16] empfohlen, sollten auch unsere Patienten die Bandage Tag und Nacht tragen und so selten wie möglich ablegen.

2.3.7. Modul 6b: Keine Bandage

Das Modul 6b erhielten die Patienten, welche postoperativ keine Bandage trugen, sondern mit konventionellem Verbandsmaterial versorgt wurden. Es enthielt ebenso wie Modul 6a visuelle Analogskalen, welche Auskunft über das vom Probanden empfundene Gleichgewicht, Schmerz und subjektive Stellung des Gelenks geben sollten.

2.3.8. Modul 7: Nachuntersuchung 1 – sieben Tage postoperativ

Dieses Modul beinhaltete die Erfassung des Bewegungsumfangs. Da seit der Implantation der Prothese erst sieben Tage vergangen waren, beschränkten wir uns hierbei auf die Extension und Flexion im Hüftgelenk, um die Gefahr einer Luxation zu minimieren. Die Werte wurden ohne funktionelle Hüft-Bandage gemessen. Des Weiteren wurden die Beinlänge und der Umfang des Beines an definierten Punkten erhoben. Analgetika-Verbrauch und Komplikationen wurden erfasst.

2.3.9. Modul 8: Nachuntersuchung 2 – sechs Wochen postoperativ

Zur Untersuchung sechs Wochen postoperativ wurden erneut die Bewegungsumfänge erhoben, hier nun wieder in allen Bewegungsrichtungen des Hüftgelenks. Es wurden der Hersteller der Prothese erfasst und die Dauer der Rehabilitationsmaßnahme. Beinlänge und -umfang wurden an den definierten Punkten gemessen.

2.3.10. Modul 9: Harris Hip Score (HHS)

Der Harris Hip Score (HHS) ist ein international angewendeter Fragebogen, der bei annähernd allen Hüftpathologien unabhängig vom Leistungsniveau angewendet werden kann. Der Fokus lag dabei in der Evaluation der Beschwerden des alltäglichen Lebens. Dies umfasste Hinken, Nutzung von Hilfsmitteln, Gehdistanz, Bewältigung von Treppen, Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln, komfortables Sitzen und das Anziehen von Schuhen und Socken und wurde mit maximal 47 erreichbaren Punkten bewertet. Zudem wurden Schmerzen erfragt, diese ergaben maximal 44 Punkte. Des Weiteren wurden Symptome aus dem Bereich der Körperfunktion (z.B. Gelenkmobilität und Deformität) abgefragt. Hier wurden der Bewegungsumfang (5 Punkte), sowie Fehlstellungen des Gelenkes (4 Punkte) untersucht. Söderman und Malchau prüften 2001 [46] in einer Studie, ob der Harris Hip Score dazu geeignet ist, das Outcome einer Hüft-Totalendoprothese zu untersuchen und kamen zu einem positiven Ergebnis. Auch in der Studie von Majewski et al. [27] wurde der Harris Hip Score zur Beurteilung des Verlaufes nach Hüft-TEP eingesetzt, hierbei zeigte sich postoperativ eine Verbesserung der Werte. Die Auswertung erfolgte über die Vergebung von Punkten von 0 bis 100, wobei 0 der schlechteste und 100 der beste Wert war. Damit konnte abschließend folgende Beurteilung erfolgen:

- Hervorragendes Ergebnis (oder Funktionsstatus): 90-100 Punkte
- Gutes Ergebnis (oder Funktionsstatus): 80-89 Punkte
- Mäßiges Ergebnis (oder Funktionsstatus): 70-79 Punkte
- Schlechtes Ergebnis (oder Funktionsstatus): < 70 Punkte

Wurde der Fragebogen nach einer Endoprothesenversorgung eingesetzt, so wurde eine postoperative Verbesserung von 20 Punkten mit einem stabilen Implantat ohne weitere Eingriffe mit einem „guten“ bis „sehr guten“ Ergebnis gleichgesetzt.

2.3.11. Modul 10: Tragetagebuch

Patienten, welche postoperativ eine funktionelle Hüftgelenksbandage erhielten, sollten diese bis zum letzten Untersuchungstermin sechs Wochen postoperativ tragen. Um das Trageverhalten zu untersuchen, wurden die Probanden gebeten, über die sechs Wochen ein Tragetagebuch zu führen, in welchem festgehalten wurde, wie viele Stunden die Bandage täglich getragen wurde und was die Gründe für etwaiges Ablegen der Bandage waren.

3. Ergebnisse

3.1. Patientenkollektiv

Das ausgewertete Patientenkollektiv umfasste 16 Probenanden, war im Median 72 Jahre (Range 55-81 Jahre) alt, 1,69 m (Range 1,62 – 1,92 m) groß, 79 kg (Range 50 – 105 kg) schwer und hatten einen BMI von 26,09 kg/m² (Range 18,4 – 32,5 kg/m²), was gemäß Definition einem Übergewicht entspricht. In 68,8% klagten die Patienten über Anlaufschmerz, und sie litten zu 81,3% unter Schmerzen, die auch in Ruhe auftraten. 93,8% berichteten von Schmerzen bei Belastung des betroffenen Hüftgelenks. In unserer Studienpopulation war die Hüftarthrose in 75% primär, das heißt durch Degeneration bedingt. 25% litten an sekundärer Arthrose. Der Kellgren-Lawrence-Score lag im Median bei Grad 3 (Range: 2-4).

Vorerkrankungen

Häufige Vorerkrankungen waren arterielle Hypertonie (68,8%), Diabetes mellitus (12,5%) sowie in 18,8% Adipositas (BMI >30 kg/m²). 75,0% der Probanden nahmen regelmäßig Medikamente ein und 50% litten an chronischen Erkrankungen.

Bewegungsumfang Hüftgelenk

Die Bewegung im betroffenen Hüftgelenk wurde nach der Neutral-Null-Methode bestimmt. Sie betrug präoperativ im Median in Extension 0° (Range: -20° - 35°), die Flexion betrug 82,5° (Range: 60° - 120°), die Abduktion 20° (Range: 0° - 35°) und die Adduktion 20° (Range: 10° - 35°), die Außenrotation 20° (Range: 0° - 40°) und die Innenrotation 0° (Range: -5° - 20°).

Postoperativ verfügten unsere Probanden an der betroffenen Hüfte im Median über folgenden Bewegungsumfang: Extension 5° (Range: -10° - 20°), Flexion 92,5° (Range: 80° - 120°), Abduktion 30° (Range: 15° - 50°), Adduktion 20° (Range: 20° - 30°), Außenrotation 30° (Range: 20° - 45°) und Innenrotation 20° (Range: 10° - 35°).

Zusammenfassend bedeutete dies im Wesentlichen eine deutliche Verbesserung der Extension, Flexion und Abduktion, aber vor allem auch der Außen- und Innenrotation des Hüftgelenks durch die TEP-Implantation. Lediglich die Adduktion blieb in unserer Studienpopulation unverändert.

Häusliches Umfeld

Das Patientenkollektiv lebte zu 81,3% in einem Haus, bewohnt 137,9 m² und versorgte ca. 385,0 m² Gartenfläche, wobei 50% der Probanden in ländlichem Umfeld wohnten. 31,3% der Probanden benötigten bei mindestens einer Tätigkeit Hilfe im Alltag, wobei es sich meist um das Heben und Tragen von Lasten handelte.

Sturzverhalten

Bei 0,0% der Patienten waren die Beschwerden so fortgeschritten, dass die Nutzung eines Gehstockes notwendig war. 75,0% der Probanden sind in den letzten 12 Monaten nicht gestürzt, 12,5% sind einmal gestürzt, 6,3% zweimal und weitere 6,3% dreimal.

Die Selbsteinschätzung der Balancefähigkeit auf der visuellen Analogskala (0 ganz schlecht, 10 sehr gut) lag präoperativ bei 8,0 und postoperativ bei 8,4. Obwohl 87,5% fürchteten zu stürzen, trug kein Proband Hüft-Protektoren.

Sturzrisiko

Das größte Sturzrisiko sahen die Probanden in Treppen (50,0%), glatten und nassen Böden (31,3%), Stolperfallen in der Wohnung (18,8%), schlechter Beleuchtung (18,8%) und schlechtsitzenden Schuhen oder Bekleidung (6,25%). Des Weiteren fürchteten 25,0% der Probanden bei sonstigen Aktivitäten wie Stolpern über die Katze oder Übersteigen von Hindernissen zu stürzen. Diese Ergebnisse wurden in Abbildung 6 grafisch verdeutlicht.



Abbildung 6: Darstellung der Häufigkeit verschiedener Umstände, die das untersuchte Patientenkollektiv mit Hüftarthrose in Bezug auf Stürze als riskant einstufte (in Prozent). (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Hospitalisierung und Aktivität

93,8% der Patienten haben sich in den letzten 12 Monaten vor der Implantation der Hüft-Totalendoprothese keinen einzigen Tag im Krankenhaus aufgehalten, 6,25% waren länger als sieben Tage stationär in einer Klinik.

43,8% waren in den letzten 12 Monaten nicht auf Reisen mit Übernachtung außerhalb des eigenen Haushaltes, 56,3 % waren mehr als sieben Tage verreist.

Durchschnittlich führten unsere Patienten präoperativ 5,2 Stunden pro Woche Freizeitaktivitäten wie beispielsweise Spazierengehen oder Gartenarbeit durch. Sechs Wochen nach der Operation waren es 4,3 Stunden.

3.2. Overall Stability Index (OSI)

Stellvertretend für alle Stabilitätsindizes wurde im Folgenden der Overall Stability Index in einzelnen Subgruppen verglichen. Eine Tabelle mit allen Stabilitäts-Indices (Overall-Stability-Index, Anterio-posterior-Stability-Index und Medio-lateraler-Stability-Index) findet sich im Anhang. Die CDP bestimmte bei jeder Messung den Mittelwert und die Standardabweichung der jeweiligen Messwerte des aktuellen Patienten. Für die Auswertung wurden aufgrund der geringen Fallzahl die Mediane aus den

gemessenen Mittelwerten bestimmt. Es wurden die Daten der 16 Patienten verglichen, die sowohl präoperativ als auch postoperativ untersucht werden konnten.

3.2.1. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index des gesamten Patientenkollektives

Die Messung erfolgte mit jedem Patienten zu jedem Untersuchungszeitpunkt in vier Einzelmessungen. Hierbei wurden je zwei statische und dynamische Messungen durchgeführt, die einmal mit geöffneten und einmal mit geschlossenen Augen erfolgten. Der Vergleich erfolgte mit den Werten, die präoperativ und sechs Wochen postoperativ erhoben wurden. Es konnten 16 Patienten prä- und postoperativ untersucht werden, deren Daten wurden verglichen.

3.2.1.1. Statische Messung

Der Median des Overall Stability Index lag präoperativ beim statischen Test mit geöffneten Augen bei 1,7° (Range: 0,5°-9,1°). Postoperativ betrug der Wert 1,8° (Range: 0,7°-4,0°). Dies bedeutete eine Zunahme von 5,9 %.

Die statische Messung mit geschlossenen Augen ergab präoperativ einen Median von 2,6° (Range: 1,1°-7,4°) und postoperativ 2,5° (Range: 1,0°-4,7°). Dies ergab eine Abnahme von 3,9 %. Die Werte sind in Abbildung 7 nachzuvollziehen.

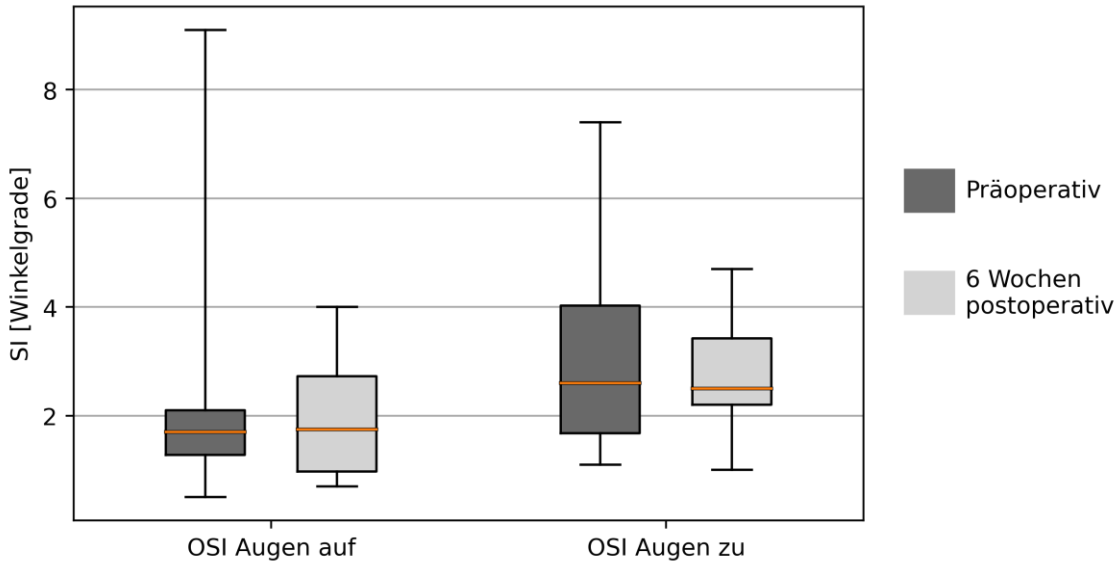

Abbildung 7: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten und geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum aller in die Studie eingeschlossener Patienten. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.1.2. Dynamische Messung

In der dynamischen Messung mit geöffneten Augen betrug der Median präoperativ 3,5° (Range: 1,2°-8,5°) und sechs Wochen postoperativ 2,5° (Range: 1,2°-6,4°). Die Messung mit geschlossenen Augen ergab vor der Operation einen Wert von 5,7° (Range: 1,7°-16,4°) und sechs Wochen später waren es 4,3° (Range: 0,4°-7,2°). Hieraus zeigte sich mit geöffneten Augen eine Abnahme des Wertes um 28,6% und mit geschlossenen Augen eine Abnahme um 24,6%. Die Werte wurden in Abbildung 8 verdeutlicht.

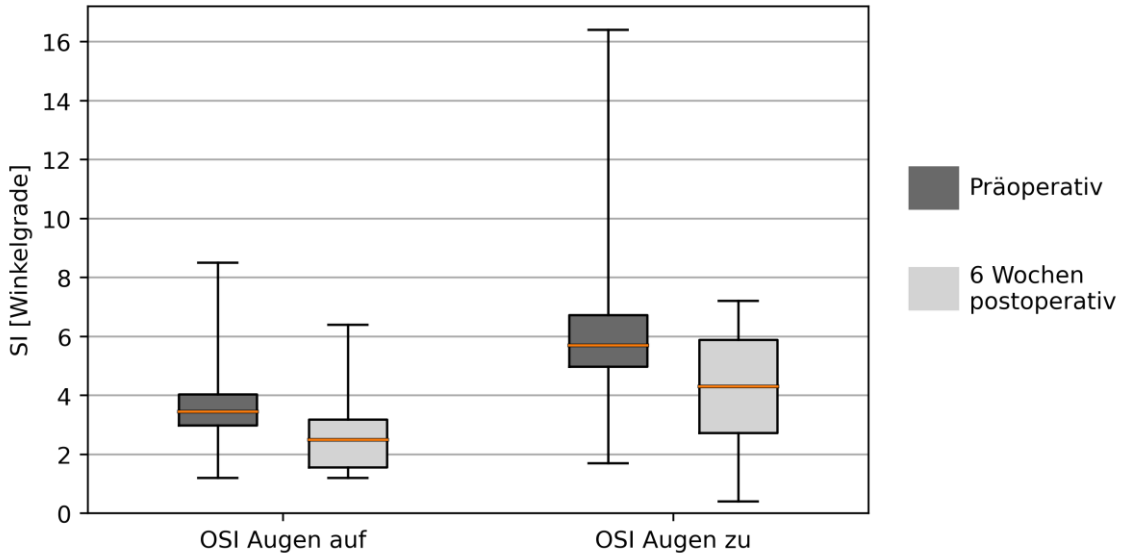

Abbildung 8: Dynamische Messungen durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten und geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum aller in die Studie eingeschlossener Patienten. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.2. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Geschlechts

3.2.2.1. Statische Messung

Es konnten acht Männer und acht Frauen prä- und postoperativ untersucht werden. Beim Vergleich der männlichen mit den weiblichen Patienten ergaben sich folgende Werte: Der Median der Männer mit geöffneten Augen lag präoperativ bei 2,2° (Range: 1,4°-9,1°) und postoperativ bei 1,3° (Range: 0,7°-4,0°). Dies ergab eine Abnahme des OSI von 40,9%. Bei den Frauen betrug der Median mit geöffneten Augen präoperativ 1,3° (Range: 0,5°-2,0°) und postoperativ 2,1° (Range: 0,7°-3,0°). Hieraus resultierte eine Zunahme des Wertes von 61,5% im Vergleich zum präoperativen Wert. Der Median der Männer betrug präoperativ 1,1° mehr als der Median der Frauen. Postoperativ betrug der Unterschied 0,8°, wobei der Median der weiblichen Probandengruppe im Vergleich zum Wert vor der Operation zunahm und der der männlichen Probandengruppe ab. Die graphische Darstellung erfolgte in Abbildung 9.

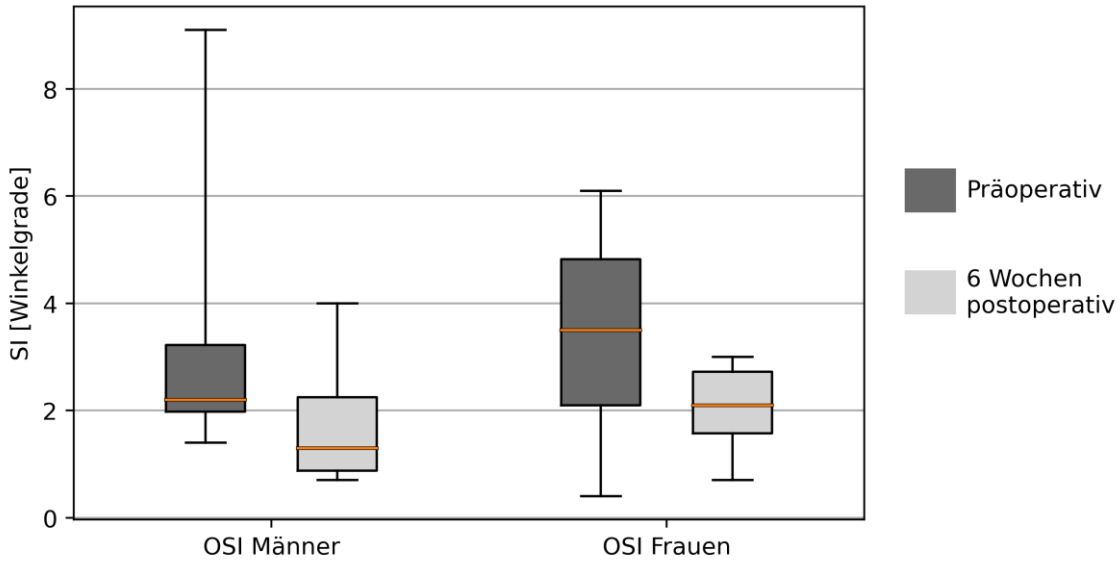

Abbildung 9: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in männliche und weibliche Probanden. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Die statische Messung mit geschlossenen Augen ergab folgende Werte: Die Männer wichen präoperativ um 3,4° (Range: 1,8°-7,4°) von der Neutralebene ab, postoperativ nur noch um 2,5° (Range: 1,0°-4,7°). Dies bedeutete eine Abnahme um 26,5%. Bei den Frauen wurde präoperativ ein Median von 1,7° (Range: 1,1°-4,4°) ermittelt, postoperativ lag der Wert bei 2,7° (Range: 1,7°-4,5°). Es zeigte sich hier in der weiblichen Probandengruppe ein Anstieg der Werte, in diesem Test um 58,8%, und bei den Männern eine Abnahme. Die männliche Probandengruppe wich präoperativ um +1,7° vom Wert der Frauen ab und postoperativ um -0,2°. Die Werte wurden zum besseren Verständnis in Abbildung 10 graphisch dargestellt.

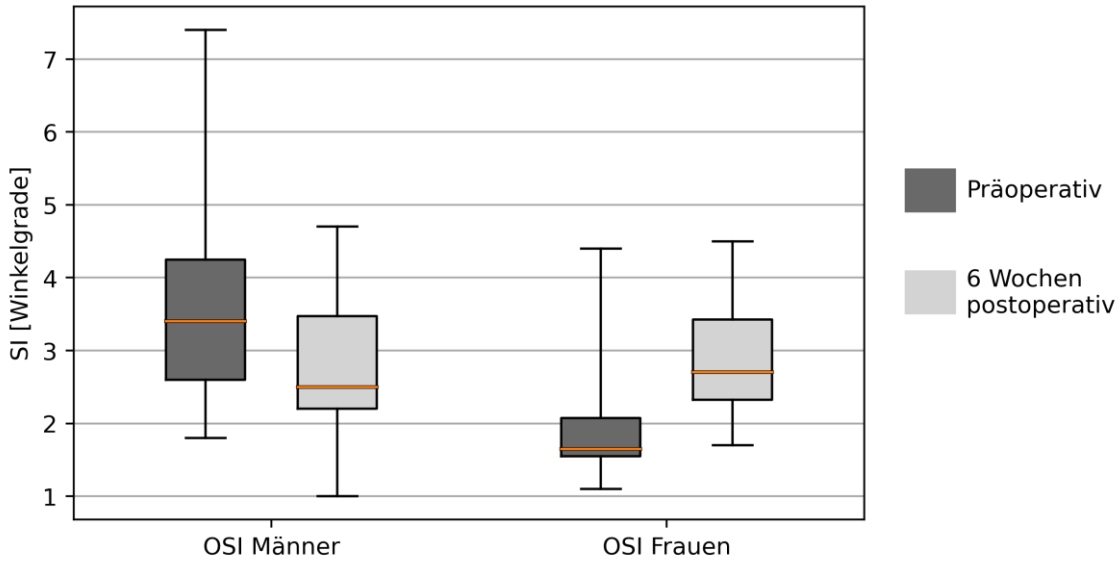

Abbildung 10: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in männliche und weibliche Probanden. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.2.2. Dynamische Messung

Wiederum wurden dynamische Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen durchgeführt. Bei den Männern ergab sich präoperativ mit geöffneten Augen ein Median von 3,7° (Range: 2,5°-8,5°) und postoperativ 2,6° (Range: 1,3°-6,4°). Der Unterschied betrug 29,7%, wobei der Wert postoperativ kleiner wurde. Die Frauen erreichten präoperativ mit geöffneten Augen 3,5° (Range: 1,2°-4,5°) und postoperativ 2,5° (Range: 1,2°-5,0°). Im Vergleich zu den bisher beschrieben Messungen der weiblichen Probandengruppe nahm der Wert in diesem Fall um 28,6% ab. Präoperativ betrug der Wert der Männer 0,2° mehr als der der Frauen, postoperativ waren es +0,1° Abweichung. Eine graphische Darstellung der Veränderungen findet sich in Abbildung 11.

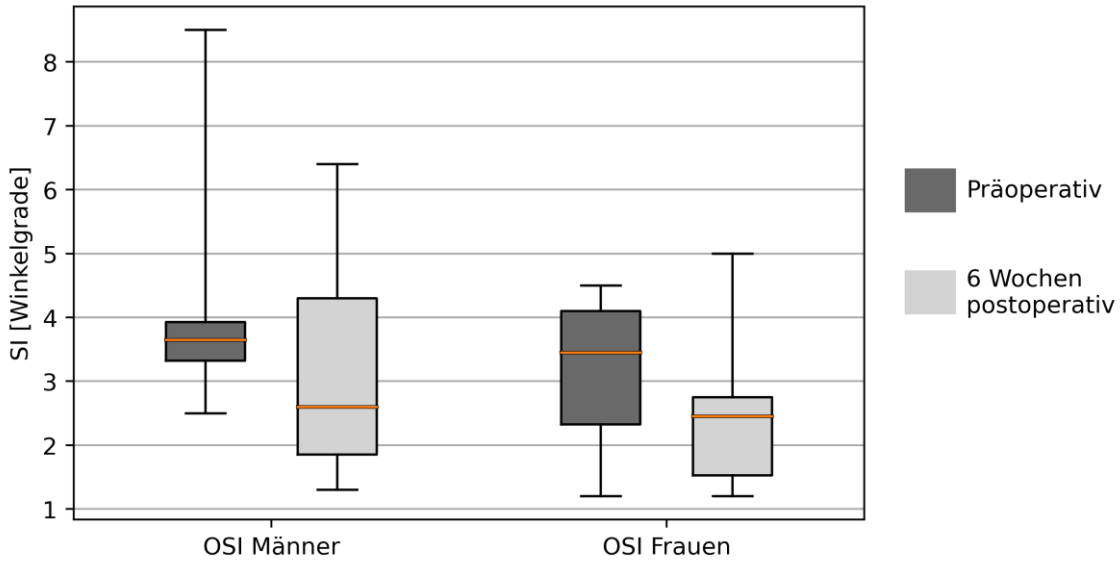

Abbildung 11: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in männliche und weibliche Probanden. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Bei der dynamischen Messung mit geschlossenen Augen zeigte sich bei den Männern präoperativ ein Wert von 5,4° (Range: 1,7°-16,4°) und postoperativ 3,5° (Range: 0,4°-6,1°). Die Abnahme betrug somit 35,2%. Die Frauen erreichten präoperativ einen Wert von 5,9° (Range: 5,1°-10,1°) und postoperativ 5,0° (Range: 2,3°-7,2°). Der Wert nahm somit um 15,3% ab. Die Männer wichen präoperativ um 0,5° weniger von der Neutralebene ab als die Frauen. Postoperativ zeigten in diesem Fall die Frauen eine um 1,5° größere Abweichung als die männliche Probandengruppe. Die Werte wurden graphisch in Abbildung 12 verdeutlicht.

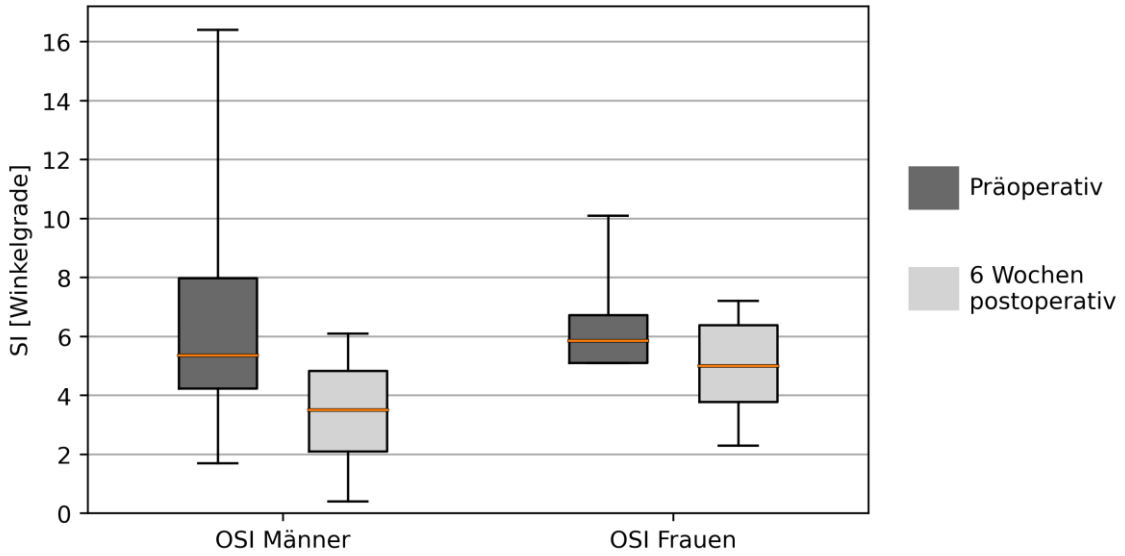

Abbildung 12: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in männliche und weibliche Probanden. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.3. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Alters

Der Median aller teilnehmenden Probanden lag bei 72,0 Jahren, weshalb wir dieses Alter als Grenze zum Vergleich zweier altersabhängiger Gruppen verwendeten. Die Gruppe der unter 72-Jährigen umfasste sieben Probanden. ≥ 72 Jahren wurden neun Probanden in die Studie eingeschlossen.

3.2.3.1. Statische Messung

Der statische Test mit geöffneten Augen ergab für die Gruppe der Patienten unter 72 Jahren präoperativ 1,5° (Range: 1,0°-3,1°) und postoperativ 2,0° (Range: 0,8°-3,0°). Hieraus ergab sich eine Erhöhung postoperativ um 33,3%. Für die Gruppe der Probanden über 72 Jahren ließ sich präoperativ ein Wert von 2,0° (Range: 0,5°-9,1°) ermitteln, postoperativ liegt der Wert bei 1,7° (Range: 0,7°-4,0°). Folglich verminderte sich der Median um 15%. Eine graphische Darstellung der Werte findet sich in Abbildung 13.

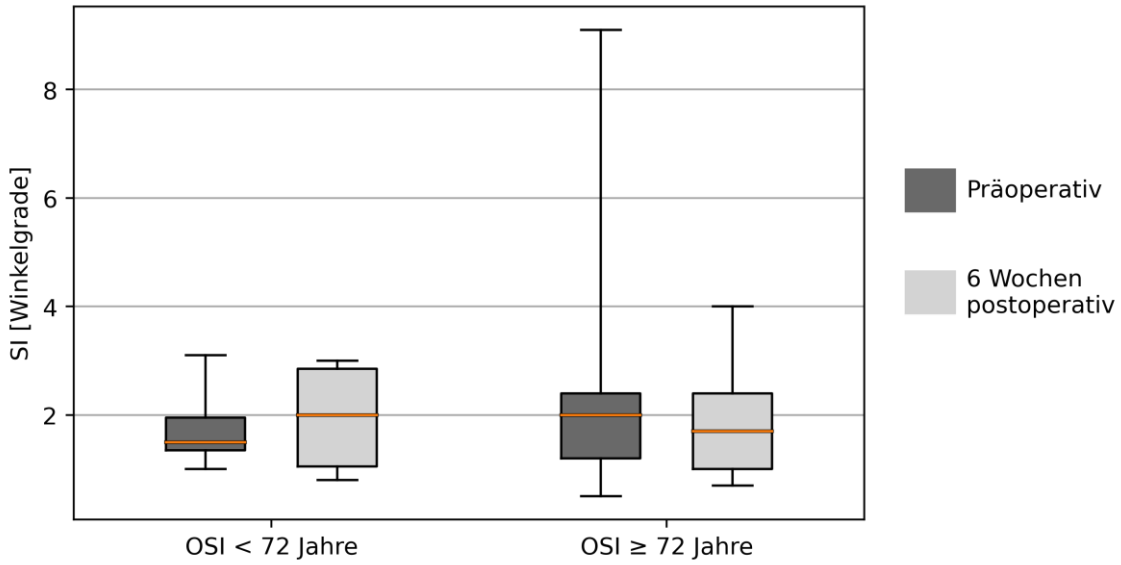

Abbildung 13: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Alter < 72 J. und ≥ 72 J. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Mit geschlossenen Augen zeigte die statische Messung folgende Ergebnisse: die Probanden unter 72 Jahren hatten eine Abweichung von der Neutralebene von 2,6° (Range: 1,4°-4,4°) vor der Operation. Postoperativ fiel der Wert um 3,85% auf 2,5°. Über 72 Jahre war ein Wert von 2,8° (Range: 1,1°-7,4°) zu messen, welcher postoperativ auf 2,5° (Range: 1,7°-4,7°) fiel. Dies entsprach einer Veränderung von 10,7%. Graphisch dargestellt in Abbildung 14.

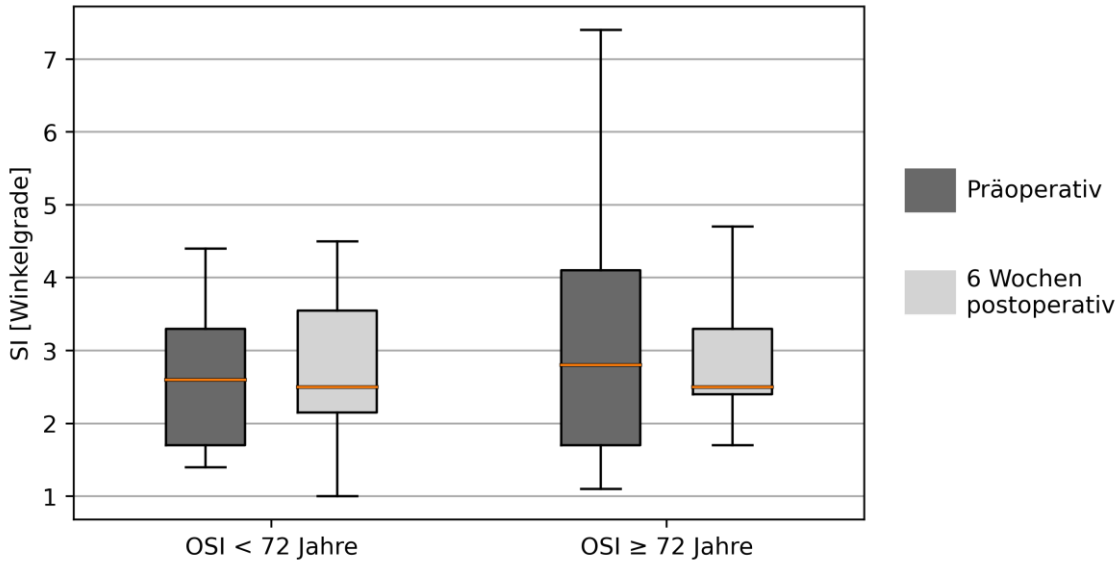

Abbildung 14: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Alter < 72 J. und ≥ 72 J. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.3.2. Dynamische Messung

Bei den Probanden unter 72 Jahren ließ sich bei der dynamischen Messung mit geöffneten Augen präoperativ ein Median von 3,4° (Range: 1,5°-4,1°) feststellen. Postoperativ lag der Wert bei 2,0° (Range: 1,3°-6,4°), was einer Abnahme um 41,2% entspricht. Der Wert der Gruppe über 72 Jahren betrug präoperativ 3,9° (Range: 1,2°-8,5°) und postoperativ 2,7° (Range: 1,2°-5,2°). Folglich nahm der Wert mit geöffneten Augen um 30,8% ab. Um die Werte besser nachvollziehen zu können, wurden sie in Abbildung 15 graphisch dargestellt.

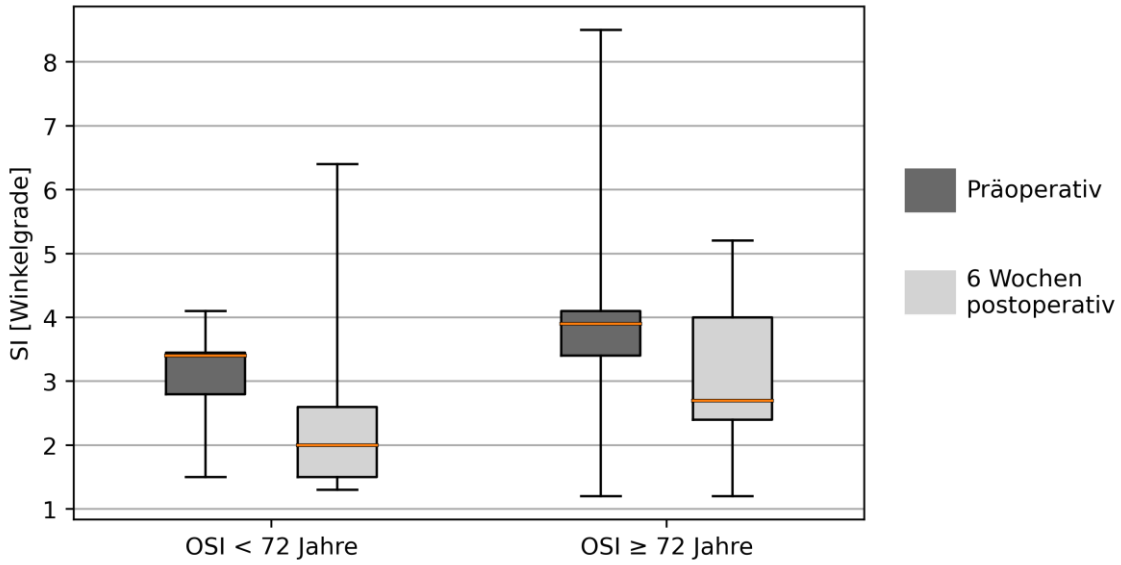

Abbildung 15: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Alter < 72 J. und ≥ 72 J. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

In der dynamischen Messung mit geschlossen Augen zeigte sich in der Gruppe unter 72 Jahren präoperativ der Median 5,1° (Range: 3,7°-16,4°) und postoperativ 5,3° (Range: 0,9°-6,9°). Hieraus ergab sich eine Zunahme des Medians um 3,9%. Bei der Gruppe über 72 Jahren zeigte sich präoperativ ein Wert von 6,1° (Range: 1,7°-10,1°). Dieser verminderte sich postoperativ auf 4,1° (Range: 0,4°-7,2°), was einer Abnahme um 32,8% entsprach. Abbildung 16 verdeutlicht diese Veränderungen graphisch.

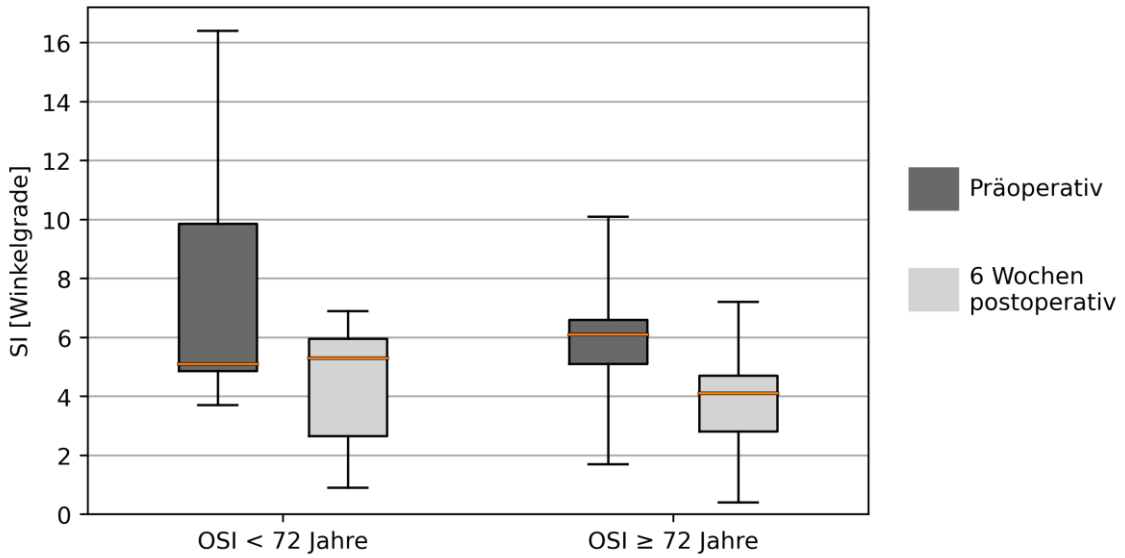

Abbildung 16: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Alter < 72 J. und ≥ 72 J. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.4. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Body-Mass-Index

Um herauszufinden, ob das Gewicht Einfluss auf die Entwicklung der Gleichgewichtswerte hat, verglichen wir im Folgenden die Werte der normalgewichtigen (BMI 18-25 kg/m², Gruppe A), leicht übergewichtigen (BMI 25-30 kg/m², Gruppe B) und adipösen Probanden (BMI > 30 kg/m², Gruppe C). Gruppe A umfasste fünf Probanden, in Gruppe B wurden acht Teilnehmer untersucht, Gruppe C beinhaltete sechs Probanden.

3.2.4.1. Statische Messung

Präoperativ ergaben sich in der statischen Messung mit geöffneten Augen folgende Mediane: Gruppe A: 1,5° (Range: 1,1°-2,0°), Gruppe B: 1,4° (Range: 0,5°-3,6°) und Gruppe C: 1,6° (Range: 1,0°-9,1°). Postoperativ betrug der Median für Gruppe A: 2,4° (Range: 0,7°-3,0°), für Gruppe B: 1,5° (Range: 0,7°-4,0°) und für Gruppe C: 1,7° (Range: 0,7°-3,0°). Hieraus ergab sich, dass sich die Balancewerte in Gruppe A um 60%, in Gruppe B um 7,1% und in Gruppe C um 6,3% verschlechtern. Graphisch dargestellt wurde dies in Abbildung 17.

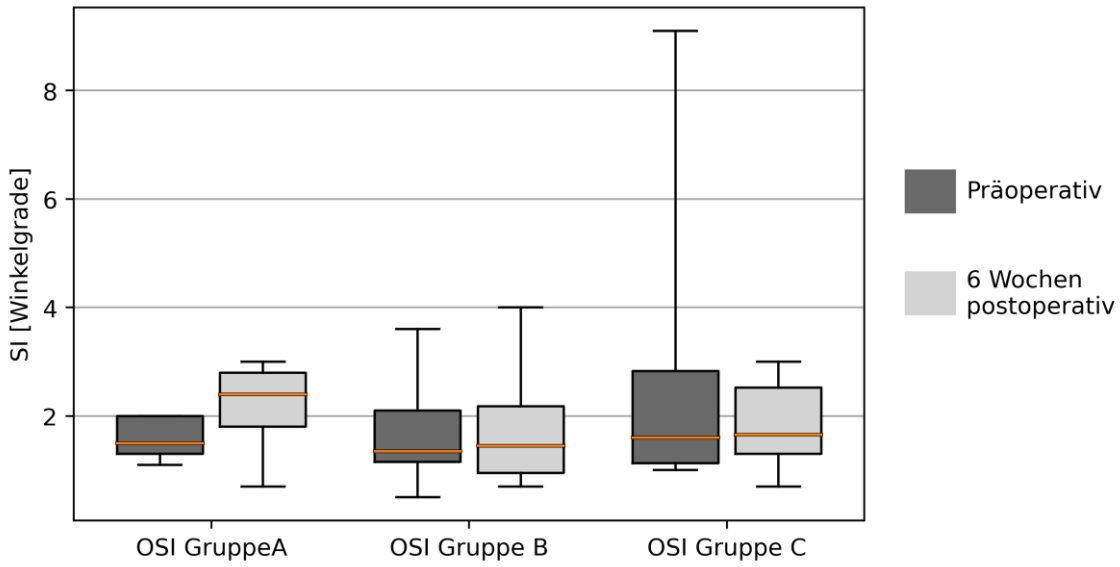

Abbildung 17: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Body-Mass-Index in Gruppe A (BMI 18-25 kg/m²), Gruppe B (BMI 25-30 kg/m²) und Gruppe C (BMI > 30 kg/m²). (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Die OSI-Werte bildeten bei der statischen Messung mit geschlossenen Augen präoperativ folgende Mediane: Gruppe A: 2,8° (Range: 1,6°-4,4°), Gruppe B: 2,2° (Range: 1,1°-4,7°) und Gruppe C: 2,3° (Range: 1,6°-7,4°). Postoperativ zeigte sich in Gruppe A der Wert 2,5° (Range: 2,4°-4,5°), in Gruppe B: 2,4° (Range: 1,7°-4,0°) und in Gruppe C: 3,3° (Range: 1,7°-4,7°). Dies bedeutete in Gruppe A eine leichte Verbesserung um 10,7%, in Gruppe B eine Verschlechterung um 9,1% und in Gruppe C eine Verschlechterung um 43,5%. Dies wurde in Abbildung 18 graphisch dargestellt.

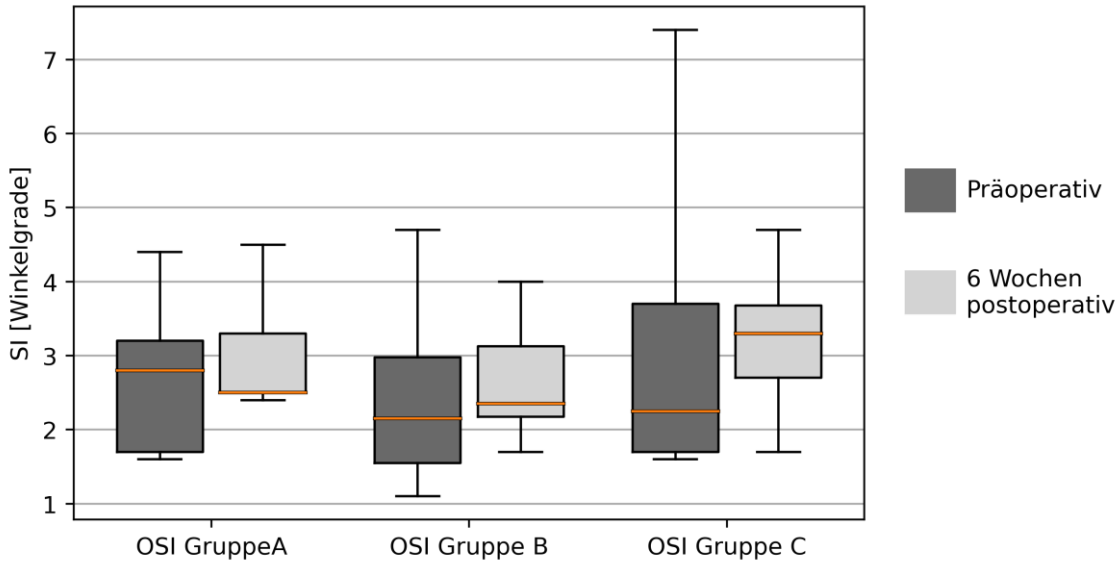

Abbildung 18: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Body-Mass-Index in Gruppe A (BMI 18-25 kg/m²), Gruppe B (BMI 25-30 kg/m²) und Gruppe C (BMI > 30 kg/m²). (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.4.2. Dynamische Messung

Für Gruppe A ließ sich in der dynamischen Messung mit geöffneten Augen präoperativ ein Median von 3,5° (Range: 1,2°-4,1°) berechnen. In Gruppe B lag der Wert bei 3,7° (Range: 1,5°-8,5°) und in Gruppe C bei 4,0° (Range: 3,4°-4,5°). Postoperativ ließ sich in Gruppe A ein Wert von 2,9° (Range: 1,2°-5,2°), in Gruppe B von 2,6° (Range: 1,3°-6,4°) und in Gruppe C von 2,6° (Range: 2,0°-5,2°) ermitteln. Hieraus ergab sich in allen drei Gruppen eine Verminderung des OSI, welche in Gruppe A 17,1%, in Gruppe B 29,7% und in Gruppe C 35,0% entsprach. Die Ergebnisse wurden in Abbildung 19 verdeutlicht.

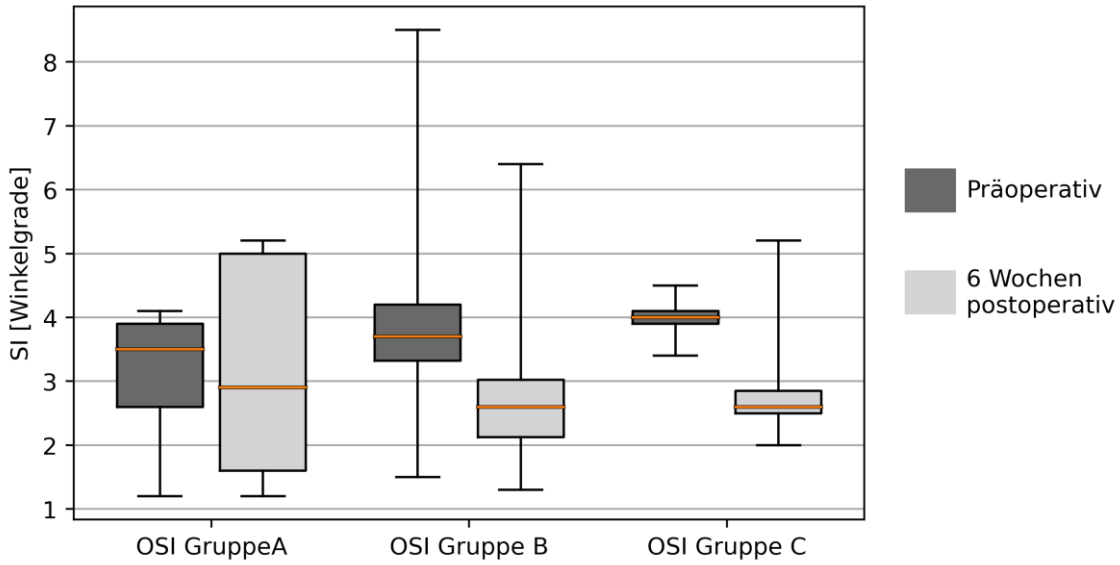

Abbildung 19: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Body-Mass-Index in Gruppe A (BMI 18-25 kg/m²), Gruppe B (BMI 25-30 kg/m²) und Gruppe C (BMI > 30 kg/m²). (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Die dynamische Messung mit geschlossenen Augen ergab für Gruppe A präoperativ den Median 6,1° (Range: 5,1°-6,6°), für Gruppe B 5,7° (Range: 1,7°-16,4°) und für Gruppe C 6,4° (Range: 4,4°-13,3°). Postoperativ veränderte sich der Wert in Gruppe A auf 4,7° (Range: 4,1°-7,2°), in Gruppe B auf 3,4° (Range: 0,4°-6,2°) und in Gruppe C auf 4,3° (Range: 2,5°-6,1°). Dies entsprach in allen drei Gruppen einer Abnahme des OSI. In Gruppe A um 23%, in Gruppe B um 40,4% und in Gruppe C 32,8%. Eine graphische Darstellung dieser Werte findet sich in Abbildung 20.

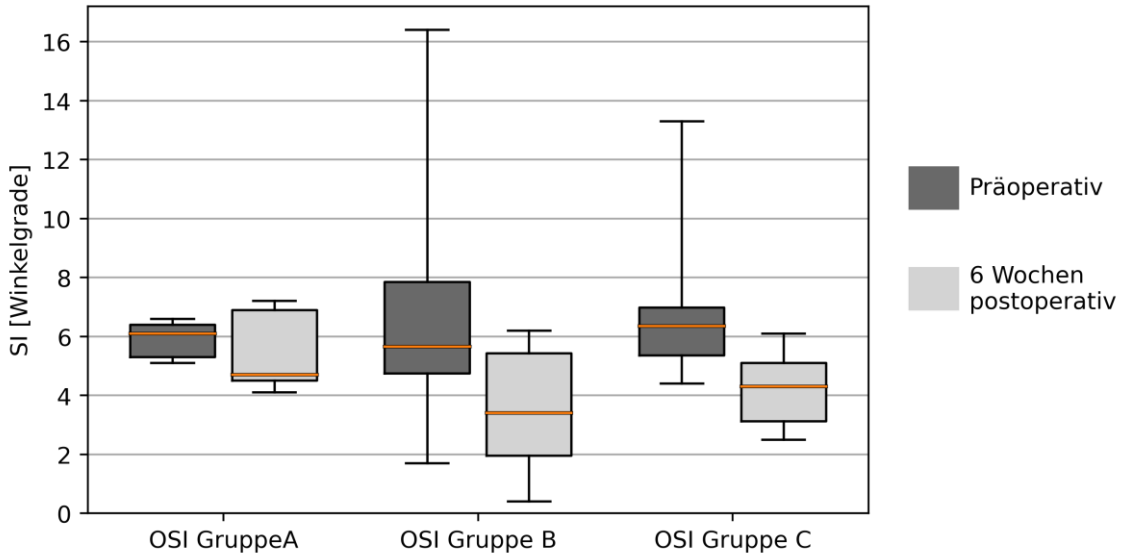

Abbildung 20: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach Body-Mass-Index in Gruppe A (BMI 18-25 kg/m²), Gruppe B (BMI 25-30 kg/m²) und Gruppe C (BMI > 30 kg/m²). (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.5. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Schmerzempfindens

Um den Einfluss der durch die Arthrose bedingten Schmerzen einschätzen zu können, wurden die Werte der Probanden anhand der Schmerzerhebung im Harris-Hip-Score in zwei Gruppen unterteilt. Im Harris-Hip-Score wurde der Schmerz in sechs Kategorien eingeteilt: kein Schmerz, leichter Schmerz, geringer Schmerz, mäßiger Schmerz, deutlicher Schmerz und schwerer Schmerz. Um für den Vergleich zwei Gruppen zu generieren, wurden jeweils die ersten und die letzten drei Kategorien zu einer Gruppe „kein bis geringer Schmerz“ und „mäßiger bis schwerer Schmerz“ zusammengefasst. Die Gruppe „kein bis geringer Schmerz“ umfasste sieben Probanden. Die Vergleichsgruppe „mäßiger bis schwerer Schmerz“ umfasste neun Patienten.

3.2.5.1. Statisch Augen geöffnet

Die statische Messung mit geöffneten Augen ergab für die Gruppe mit „keinem bis geringem Schmerz“ präoperativ einen OSI von 1,4° (Range: 1,0°-3,6°). Postoperativ lag der Wert bei 1,7° (Range: 0,8°-4,0°), dies entsprach einer Zunahme um 21,4%. Die Gruppe mit „mäßigem bis schwerem Schmerz“ erreichte präoperativ 1,9° (Range: 0,5°-9,1°) und postoperativ 1,8° (Range: 0,7°-3,0°), somit eine Abnahme um 5,3%. Die graphische Darstellung der Werte erfolgte in Abbildung 21.

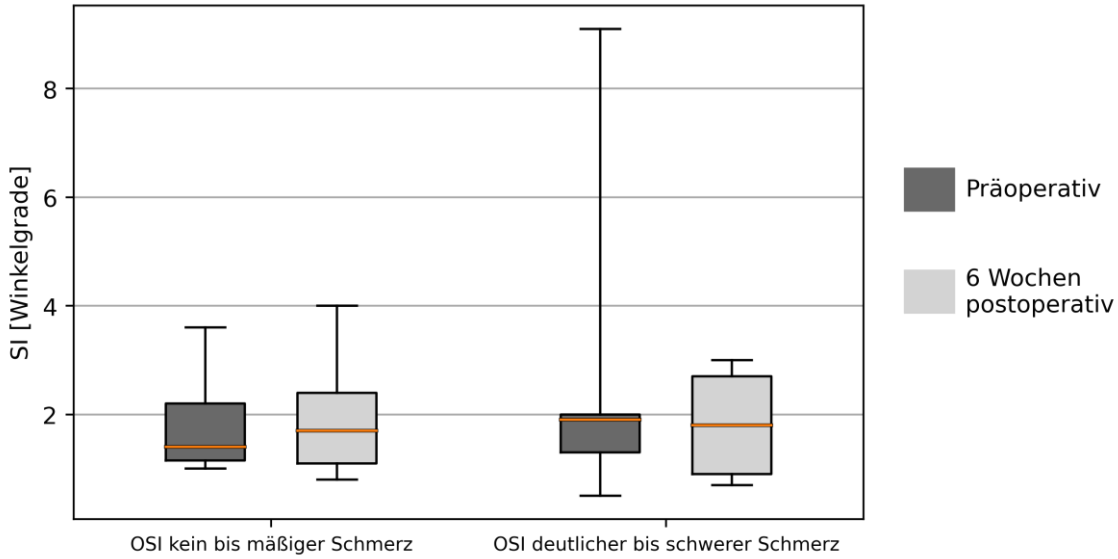

Abbildung 21: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach dem präoperativ im Harris Hip Score angegebenen Schmerz in die beiden Gruppen „kein bis mäßiger Schmerz“ und „deutlich bis schwerer Schmerz“. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.5.2. Statisch Augen geschlossen

Mit geschlossenen Augen ergab die statische Messung für die Gruppe mit „keinem bis geringem Schmerz“ präoperativ OSI-Werte von 2,6° (Range: 1,6°-4,7°) und postoperativ 2,5° (Range: 1,7°-4,0°), somit eine leichte Abnahme um 3,9%. Die Gruppe mit „deutlichem bis schwerem Schmerz“ erreichte präoperativ 2,8° (Range: 1,1°-7,4°) und postoperativ eine Abnahme um 10,7% auf 2,5° (Range: 1,0°-4,7°). Die Darstellung der Werte findet sich in Abbildung 22.

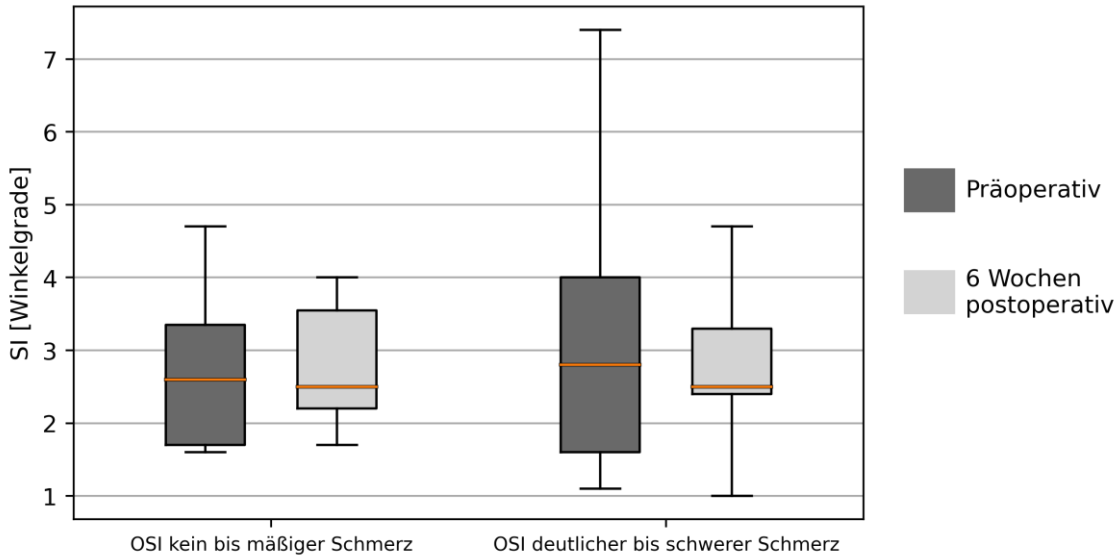

Abbildung 22: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach dem präoperativ im Harris Hip Score angegebenen Schmerz in die beiden Gruppen „kein bis mäßiger Schmerz“ und „deutlich bis schwerer Schmerz“. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.5.3. Dynamisch Augen geöffnet

Die dynamische Messung mit geöffneten Augen ergab für die Gruppe mit „keinem bis mäßigem Schmerz“ präoperativ OSI-Werte von 4,1° (Range: 3,1°-8,5°) und postoperativ 2,7° (Range: 1,3°-6,4°), hieraus berechnete sich eine Abnahme des OSI um 34,2%. Im Vergleich dazu erreichte die Gruppe mit „deutlichem bis schwerem Schmerz“ präoperativ Werte von 3,4° (Range: 1,2°-5,2°), welche postoperativ um 41,2%, auf 2,0° (Range: 1,2°-5,2°) abnahmen. Die Werte wurden in Abbildung 23 graphisch dargestellt.

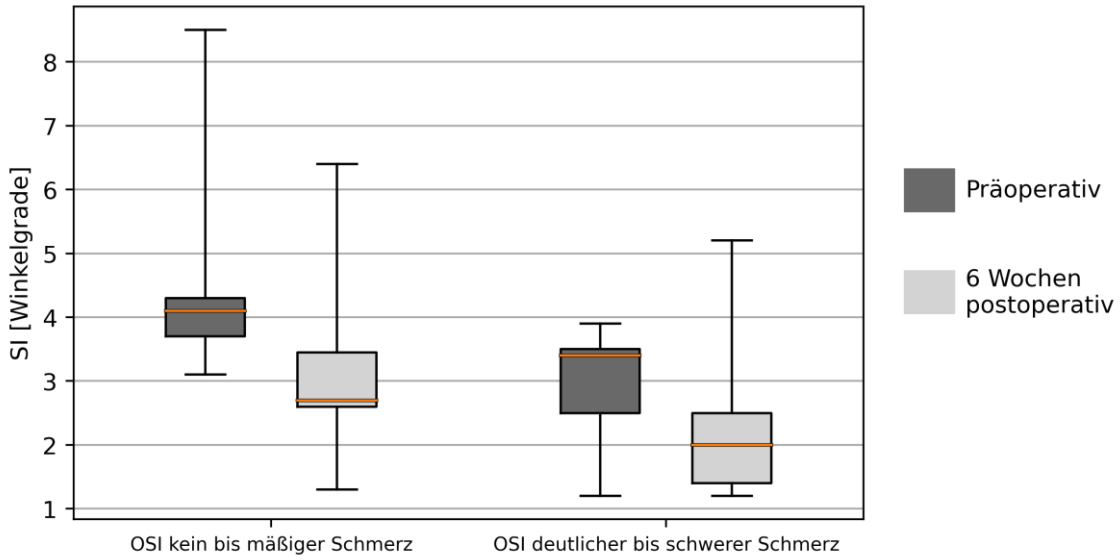

Abbildung 23: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach dem präoperativ im Harris Hip Score angegebenen Schmerz in die beiden Gruppen „kein bis mäßiger Schmerz“ und „deutlich bis schwerer Schmerz“. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.5.4. Dynamisch Augen geschlossen

Zuletzt wurden die Werte der dynamischen Messung mit geschlossenen Augen verglichen. Hierbei erreichte die Gruppe mit „keinen bis mäßigen Schmerzen“ präoperativ Werte von 6,2° (Range: 1,7°-16,4°) und postoperativ 4,0° (Range: 0,4°-5,8°), was einer Abnahme um 35,5% entsprach. Die Gruppe mit „deutlichen bis schweren Schmerzen“ erreichte präoperativ 5,3° (Range: 4,4°-13,3°) und postoperativ 4,7° (Range: 2,3°-7,2°). Hiermit nahm in dieser Gruppe der Wert um 11,3% ab. Die Bildliche Darstellung erfolgte in Abbildung 24.

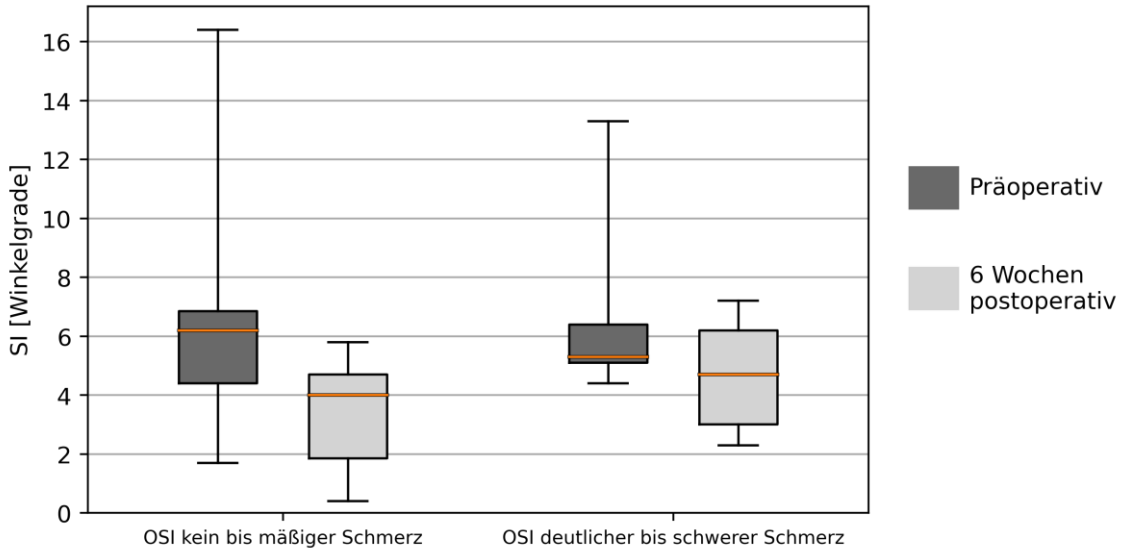

Abbildung 24: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt nach dem präoperativ im Harris Hip Score angegebenen Schmerz in die beiden Gruppen „kein bis mäßiger Schmerz“ und „deutlich bis schwerer Schmerz“. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.6. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Tragens und Nicht-Tragens einer funktionellen Hüftbandage

Die Gruppe der Probanden, die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage trug, umfasste neun Teilnehmer. Die Kontrollgruppe, die postoperativ mit regulärem Verbandmaterial versorgt wurde beinhaltete sieben Probanden. Die eigentlichen Untersuchungen erfolgten ohne angelegte Bandage, die Gruppe wird im Text dennoch als die mit funktioneller Bandage beschrieben.

3.2.6.1. Statische Messung

Die Probanden, welche postoperativ die funktionelle Hüftbandage trugen, erreichten präoperativ mit geöffneten Augen einen OSI von 2,0° (Range: 0,5°-9,1°) und postoperativ 1,7° (Range: 0,7°-4,0°) Hieraus ergab sich eine Abnahme um 15%. In der Gruppe ohne funktionelle Hüftbandage lag der Median präoperativ bei 1,5° (Range: 1,3°-2,4°) und postoperativ bei 1,8° (Range: 0,8°-3,0°), womit eine Zunahme

um 20% festzustellen war. Diese Veränderungen wurden in Abbildung 25 graphisch dargestellt.

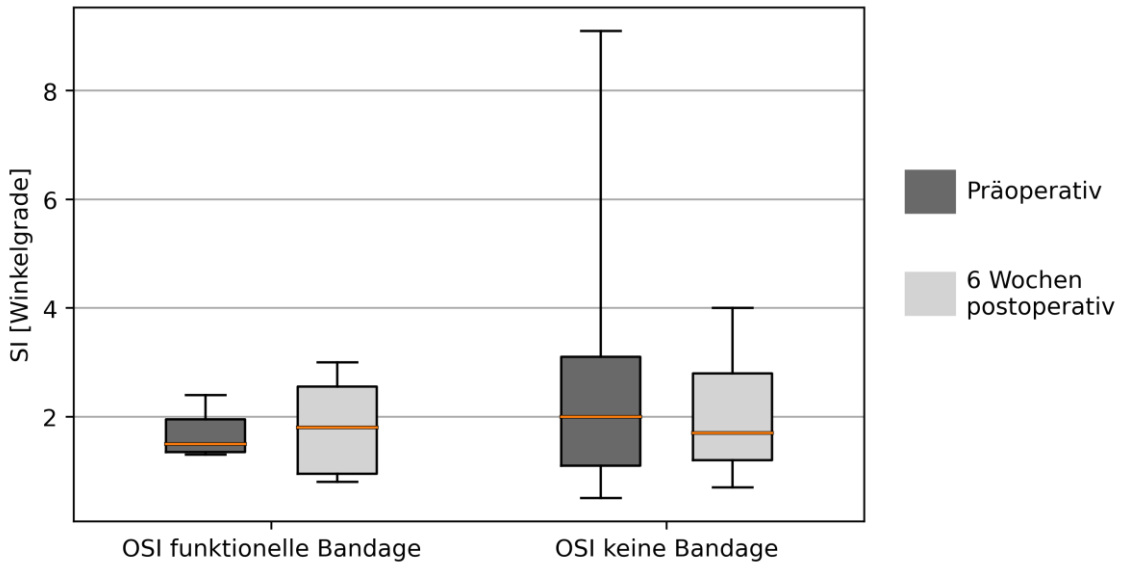

Abbildung 25: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in die Gruppe der Patienten die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage trugen und die der Patienten, die keine funktionelle Bandage trugen. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

In der statischen Messung mit geschlossenen Augen ergab sich präoperativ in der Gruppe mit funktioneller Hüftbandage einen Wert von 2,6° (Range: 1,1°-7,4°), dieser stieg postoperativ auf 3,3° (Range: 1,7°-4,7°), entsprechend einer Steigerung von 26,9%. Die Gruppe ohne Bandage hatte präoperativ einen OSI von 2,6° (Range: 1,4°-4,4°) und postoperativ 2,2° (Range: 1,0°-4,5°). Hieraus ergab sich eine Abnahme des OSI um 15,4%. Eine graphische Darstellung dieser Ergebnisse findet sich in Abbildung 26.

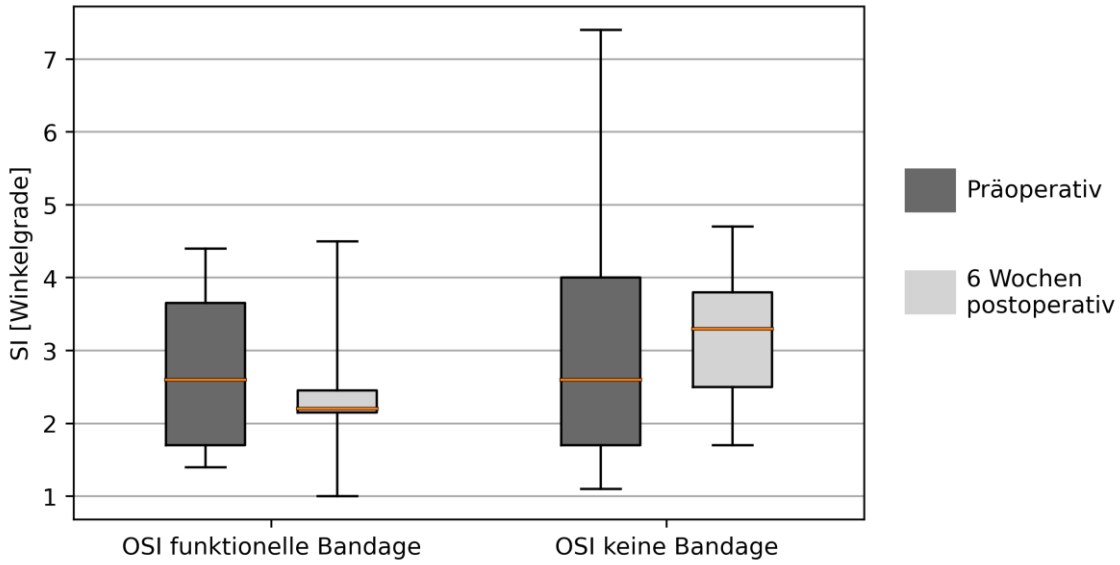

Abbildung 26: Statische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in die Gruppe der Patienten die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage trugen und die der Patienten, die keine funktionelle Bandage trugen. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.2.6.2. Dynamische Messung

Die dynamische Messung mit geöffneten Augen lieferte für die Patienten mit funktioneller Hüftbandage präoperativ den Wert 3,9° (Range: 3,4°-8,5°) und postoperativ 2,7° (Range: 2,0°-5,2°), was einer Abnahme des OSI um 30,8% entsprach. Die Gruppe ohne Bandage erreichte präoperativ den OSI-Wert 2,6° (Range: 1,2°-4,0°) und postoperativ 1,4° (Range: 1,2°-6,4°). Hieraus ergab sich eine Abnahme des OSI um 46,2%. Die graphische Darstellung erfolgte in Abbildung 27.

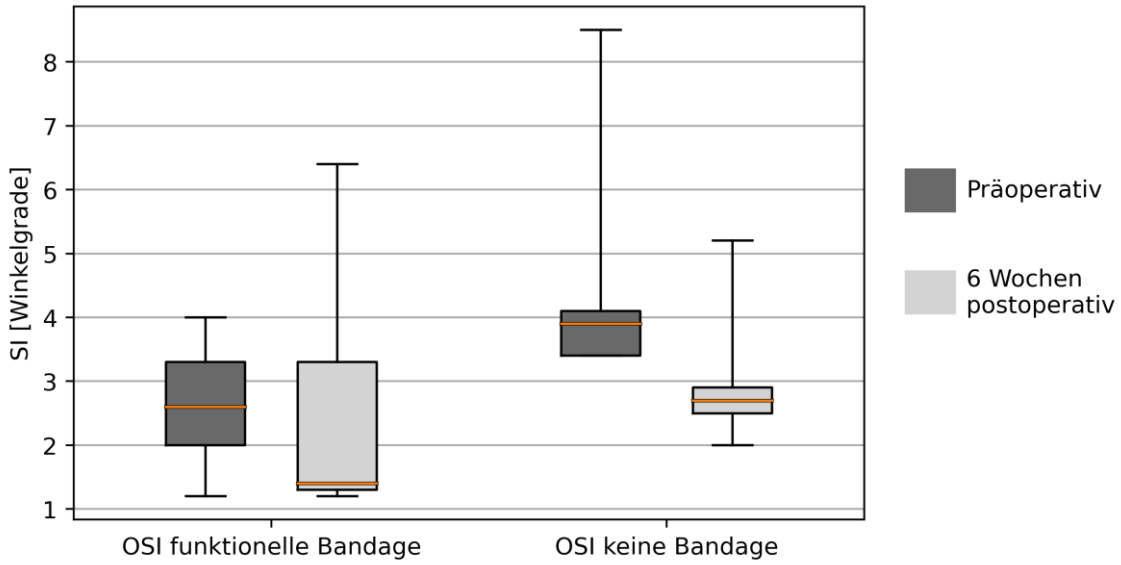

Abbildung 27: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geöffneten Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in die Gruppe der Patienten die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage trugen und die der Patienten, die keine funktionelle Bandage trugen. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Für die Gruppe mit funktioneller Hüftbandage ließ sich in der dynamischen Messung mit geschlossenen Augen präoperativ für den OSI ein Wert von 6,2° (Range: 3,7°-13,3°) ermitteln. Postoperativ lag der OSI bei 4,1° (Range: 0,9°-6,2°), was eine Veränderung um 33,9% ergab. Ohne Bandage wurde präoperativ ein Wert von 5,1° (Range: 1,7°-16,4°) gemessen und postoperativ 4,7° (Range: 0,4°-7,2°). Dies bedeutete eine Abnahme des OSI um 7,8%. Zur Verdeutlichung wurden diese Werte in Abbildung 28 graphisch dargestellt.

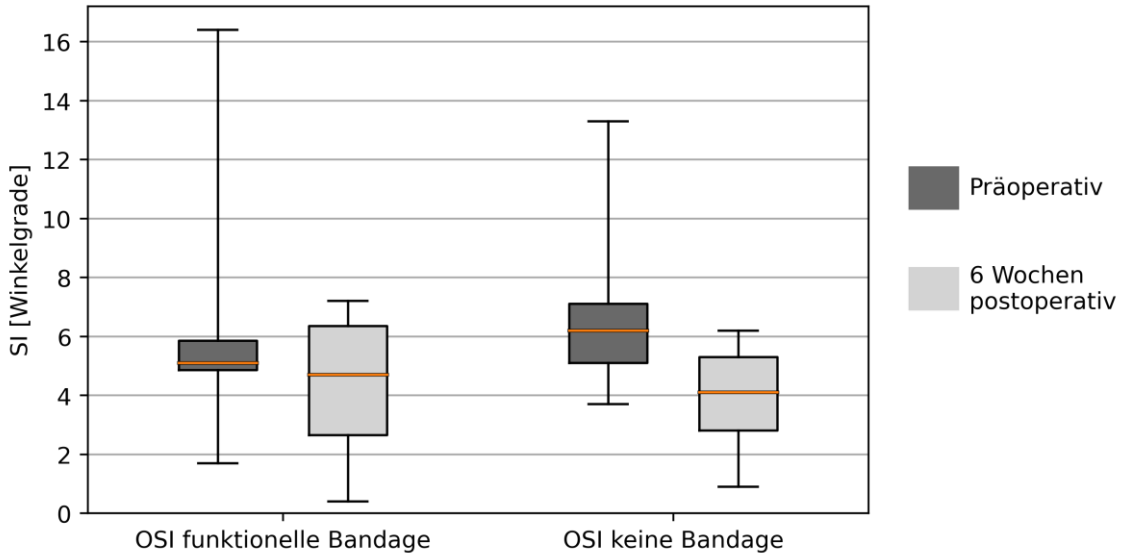

Abbildung 28: Dynamische Messung durch computerunterstütze dynamische Posturographie mit geschlossenen Augen. Vergleich der Mediane der prä- und postoperativen Overall Stability Indizes (OSI) mit erster und dritter Quartile, sowie Maximum und Minimum, unterteilt in die Gruppe der Patienten die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage trugen und die der Patienten, die keine funktionelle Bandage trugen. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.3. Harris-Hip-Score

Der Harris-Hip-Score wurde präoperativ und sechs Wochen postoperativ durchgeführt. Je mehr Punkte der Proband erreichte, desto weniger Schmerzen, weniger Funktions- und Bewegungseinschränkung hatte er. Die erreichte Punktezahl wurde wie folgt interpretiert: 90-100 Punkte: Hervorragendes Ergebnis, 80-90 Punkte: Gutes Ergebnis, 70-80 Punkte: Mäßiges Ergebnis, Unter 70 Punkte: Schlechtes Ergebnis.

3.3.1. Vergleich Harris Hip Score Präoperativ vs. Postoperativ

Präoperativ wurden 16 Probanden untersucht, von denen 75% ein schlechtes Ergebnis, 18,8% ein mäßiges Ergebnis, 6,3% ein gutes Ergebnis und 0,0% ein hervorragendes Ergebnis erreichten. Der Median der erreichten Punkte lag bei 61,0 Punkten (Range: 10,0-82,0 Punkte). Sechs Wochen nach der Implantation der Hüft-Totalendoprothese war bei allen Probanden eine deutliche Verbesserung zu

erkennen. Nur noch 18,8% erzielten ein schlechtes, 12,5% ein mäßiges, 18,8% ein gutes und die Mehrheit mit 50,0% ein hervorragendes Ergebnis. Der Median lag postoperativ bei 89,0 Punkten (Range: 58,0-97,0 Punkte). Die Werte wurden in Abbildung 29 graphisch dargestellt.

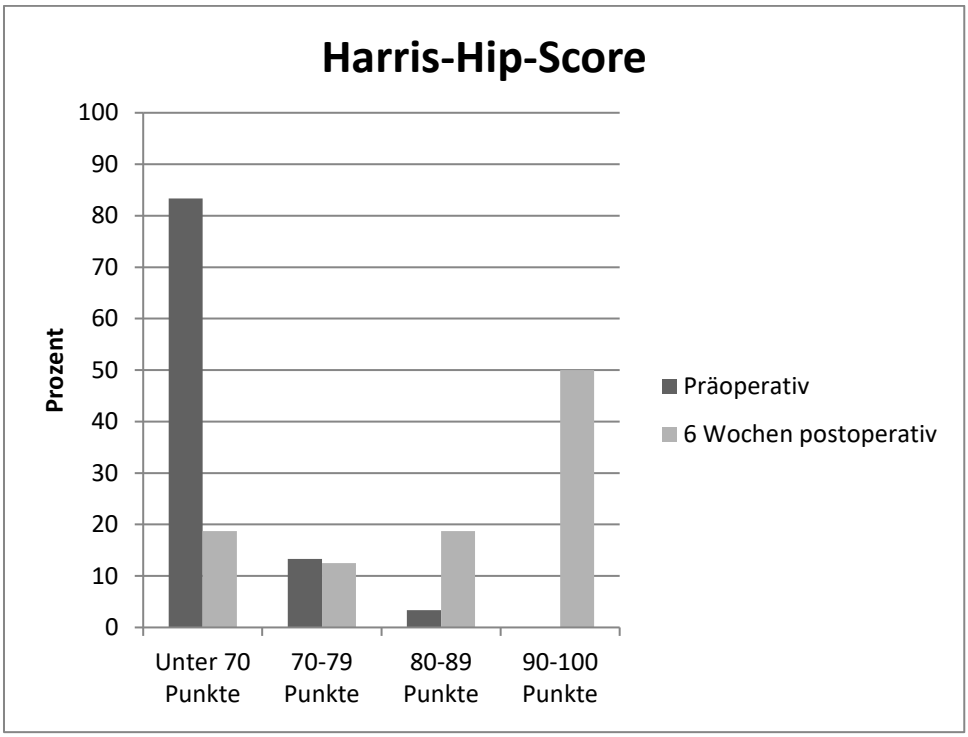

Abbildung 29: Ergebnisverteilung des Harris-Hip-Score präoperativ und sechs Wochen postoperativ in Prozent der zu erreichenden Punkte. Interpretation der Werte: 90-100 Punkte: Hervorragendes Ergebnis, 80-90 Punkte: Gutes Ergebnis, 70-80 Punkte: Mäßiges Ergebnis, Unter 70 Punkte: Schlechtes Ergebnis. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Wenn man die Ergebnisse des Harris-Hip-Scores genauer betrachtete, erkannte man, dass die Veränderung vor allem auf einer Abnahme der Schmerzen beruhte. Hier war zur Interpretation zu beachten, dass der Patient umso mehr Punkte erreichte, je weniger Schmerzen er hatte. Präoperativ erreichten die Patienten im Median 10,0 (Range: 0,0-40,0 Punkte) von 44,0 Punkten, was 22,7% der maximal erreichbaren Punktzahl entsprach. Postoperativ ergab sich ein Median von 40,0 Punkten (Range: 20,0-44,0 Punkte), entsprechend 90,9% der maximal zu erreichenden 44,0 Punkte. Die graphische Darstellung siehe Abbildung 30.

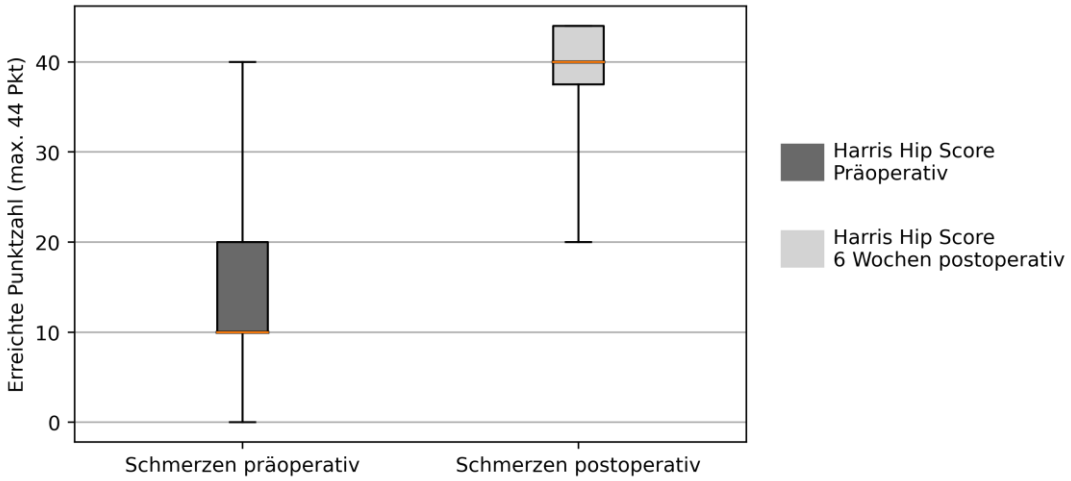

Abbildung 30: Auszug Harris-Hip-Score, prä- und postoperativer Median der erreichten Punkte im Bereich „Schmerzen“ mit erster und dritter Quartile, sowie Minimum und Maximum. Interpretation der Werte: 44 Punkte: Kein Schmerz, 40 Punkte: Leichter Schmerz, 30 Punkte: Geringer Schmerz, 20 Punkte: Mäßiger Schmerz, 10 Punkte: Deutlicher Schmerz, 0 Punkte: Schwerer Schmerz. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Um den Einfluss der schon in der Betrachtung des OSI untersuchten Aspekte wie Geschlecht, Alter, BMI und das Tragen der funktionellen Hüftgelenksbandage auf den HHS einzuschätzen, wurden im Folgenden die Ergebnisse genauer betrachtet.

3.3.2. Vergleich des prä- und postoperativen Harris Hip Score bezüglich des Geschlechts

Die acht untersuchten Männer erreichten präoperativ einen Median im HHS-Score von 41,0 Punkte (Range: 10,0-82,0 Punkte). Postoperativ verbesserten sich die Männer auf 89,0 Punkte (Range: 62,0-95,0 Punkte) von maximal 100,0 möglichen Punkten. Die acht weiblichen Probanden erzielten im Mittel präoperativ 69,8 Punkte (Range: 24,0-77,0 Punkte) und postoperativ 87,0 Punkte (Range: 58,0-97,0 Punkte). Diese Ergebnisse wurden in Abbildung 31 graphisch dargestellt.

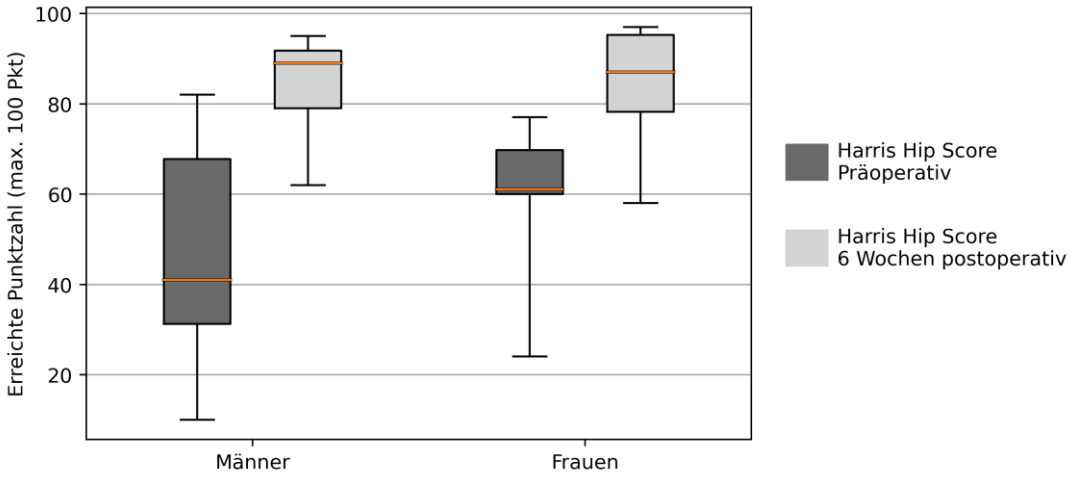

Abbildung 31: Harris Hip Score unterteilt nach Geschlecht. Vergleich der prä- und postoperativen Mediane der erreichten Punktzahlen mit erster und dritter Quartile, sowie Minimum und Maximum, unterteil in männliche und weibliche Probanden. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.3.3. Vergleich des prä- und postoperativen Harris Hip Score bezüglich des Alters

Wie auch beim Vergleich des OSI wurde hier der Median von 72 Jahren zur Unterteilung der Gruppen genutzt. Die Gruppe unter 72 Jahren enthielt sieben Probanden, welche im Median präoperativ einen Score von 59,0 Punkten (Range: 10,0-79,0 Punkte) erreichten. Postoperativ konnten sich die Probanden auf 77,5 Punkte (Range: 62,0-94,0 Punkte) verbessern. Die Gruppe über 72 Jahren beinhaltete neun Probanden, die sich von präoperativ 61,0 Punkten (Range: 24,0-82,0) auf postoperativ 90,0 Punkte (Range: 58,0-97,0) verbesserten. Es wurden in dieser Gruppe neun Probanden nachuntersucht. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Abbildung 32.

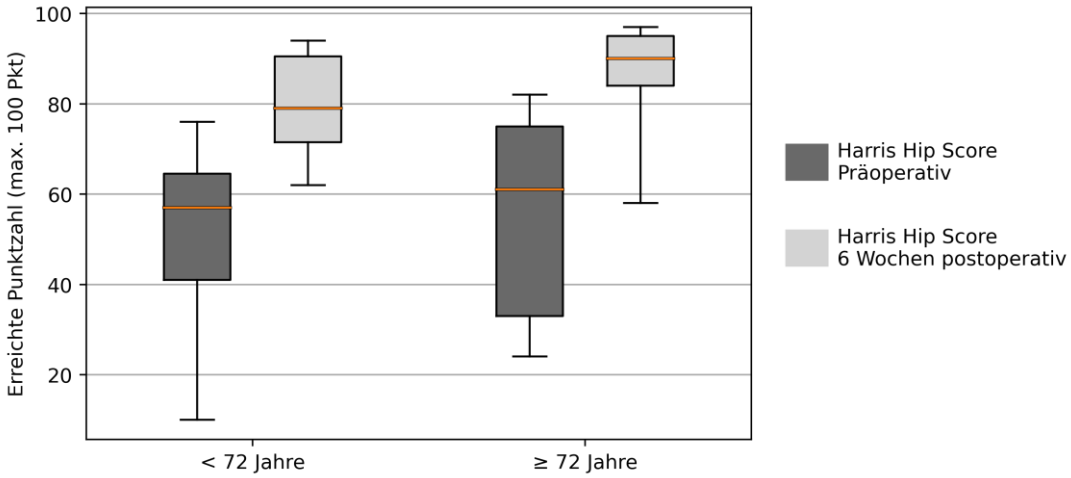

Abbildung 32: Harris Hip Score unterteilt nach Alter. Vergleich der prä- und postoperativen Mediane der erreichten Punktzahlen mit erster und dritter Quartile, sowie Minimum und Maximum dargestellt, unterteilt in Probanden < 72 Jahre und ≥ 72 Jahre. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.3.4. Vergleich des prä- und postoperativen Harris Hip Score bezüglich des Body-Mass-Index

Die Probanden wurden gemäß ihres BMI in drei Gruppen eingeteilt. Gruppe A beinhaltete sechs Teilnehmer mit einem BMI unter 25 kg/m². Gruppe B enthielt acht Probanden mit einem BMI von 25 bis 30 kg/m. Gruppe C umfasste sechs Probanden mit einem BMI von über 30 kg/m².

Gruppe A erreichte im Median präoperativ 61,0 Punkte (Range: 33,0-79,0 Punkte) und konnte sich postoperativ auf 92,5 Punkte (Range: 62,0-97,0 Punkte) steigern. Gruppe B erzielte präoperativ 66,5 Punkte (Range: 24,0-82,0) und postoperativ 86,0 Punkte (Range: 58,0-95,0 Punkte). Gruppe C erzielte im Mittel präoperativ 56,0 Punkte (Range: 26,0-77,0 Punkte), was dem schlechtesten Ausgangswert dieser Betrachtung entsprach. Dafür steigerte sich diese Gruppe am deutlichsten auf einen postoperativen Score von durchschnittlich 90,0 Punkten (Range: 83,0-97,0 Punkte). Eine graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Abbildung 33.

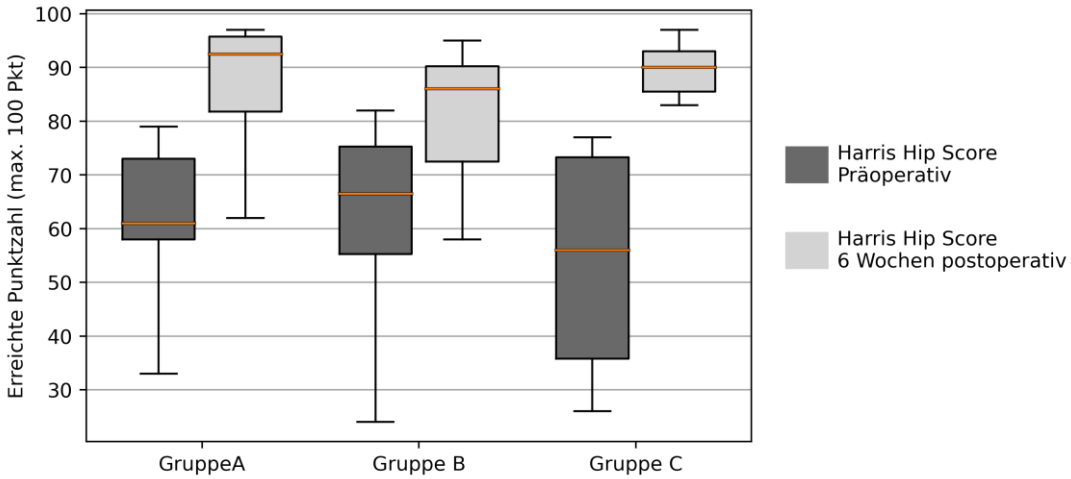

Abbildung 33: Harris Hip Score unterteilt nach Body-Mass-Index. Vergleich der prä- und postoperativen Mediane der erreichten Punktzahlen mit erster und dritter Quartile, sowie Minimum und Maximum dargestellt, unterteilt nach Body-Mass-Index in Gruppe A (BMI 18-25 kg/m²), Gruppe B (BMI 25-30 kg/m²) und Gruppe C (BMI > 30 kg/m²). (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.3.5. Vergleich des prä- und postoperativen Harris Hip Score bezüglich der funktionellen Hüftbandage

Im Folgenden wurden die Ergebnisse des Harris Hip Score der Probanden, die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage trugen mit denen der Teilnehmer, die mit regulärem Verbandsmaterial versorgt wurden, verglichen.

Präoperativ erreichte die Gruppe, die postoperativ die funktionelle Hüftbandage trug, im Median 56,0 Punkte (Range: 24,0-82,0 Punkte). Diese Gruppe beinhaltete acht Patienten. Hierbei zeigte sich postoperativ eine Verbesserung auf im Mittel 90,0 Punkte (Range: 58,0-97,0 Punkte). Die Kontrollgruppe ohne Bandage, welche ebenso acht Probanden umfasste, erreichte präoperativ Werte von 61,0 Punkten (Range: 10,0-76,0 Punkte). Postoperativ lag der Wert bei 83,5 Punkten (Range: 62,0-96,0 Punkte). Die graphische Darstellung findet sich in Abbildung 34.

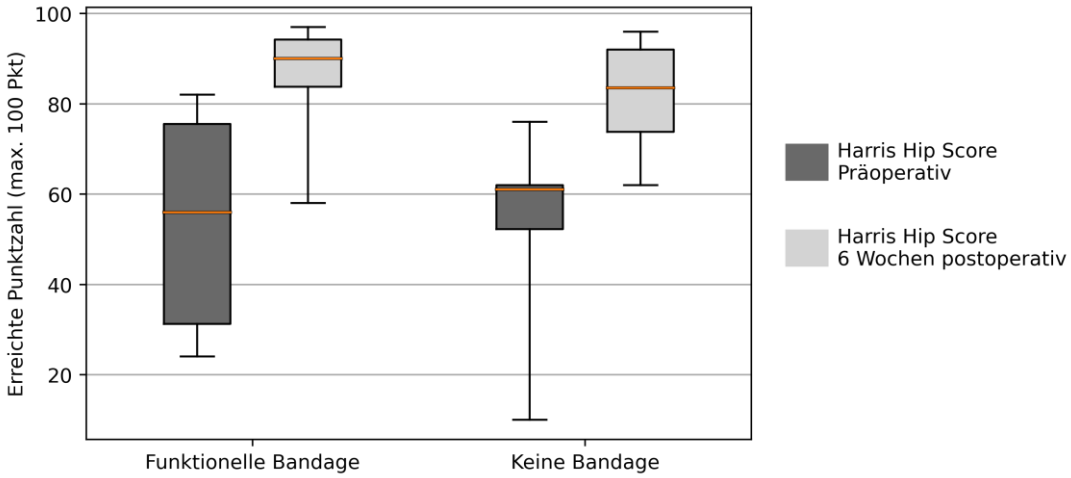

Abbildung 34: Harris Hip Score mit und ohne Tragen einer funktionellen Hüftbandage. Vergleich der prä- und postoperativen Mediane der erreichten Punktzahlen mit erster und dritter Quartile, sowie Minimum und Maximum dargestellt, unterteilt in Probanden mit funktioneller Hüftbandage und Probanden ohne Bandage. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.3.6. Vergleich des Harris Hip Score in Abhängigkeit vom Overall-Stability-Index

Im Folgenden wurden die prä- und postoperativ gemessenen Ergebnisse des Harris Hip Score und des Overall-Stability-Index in Relation gesetzt. Hierzu wurden die Daten aller untersuchten Probanden unabhängig von Alter, Geschlecht und BMI verwendet. Während beim Overall-Stability-Index keine große Veränderung prä- versus postoperativ zu erkennen war, konnte beim Harris Hip Score eine deutliche Verbesserung nach erfolgter Operation verzeichnet werden. Graphisch verdeutlicht wurde dies in Abbildung 35.

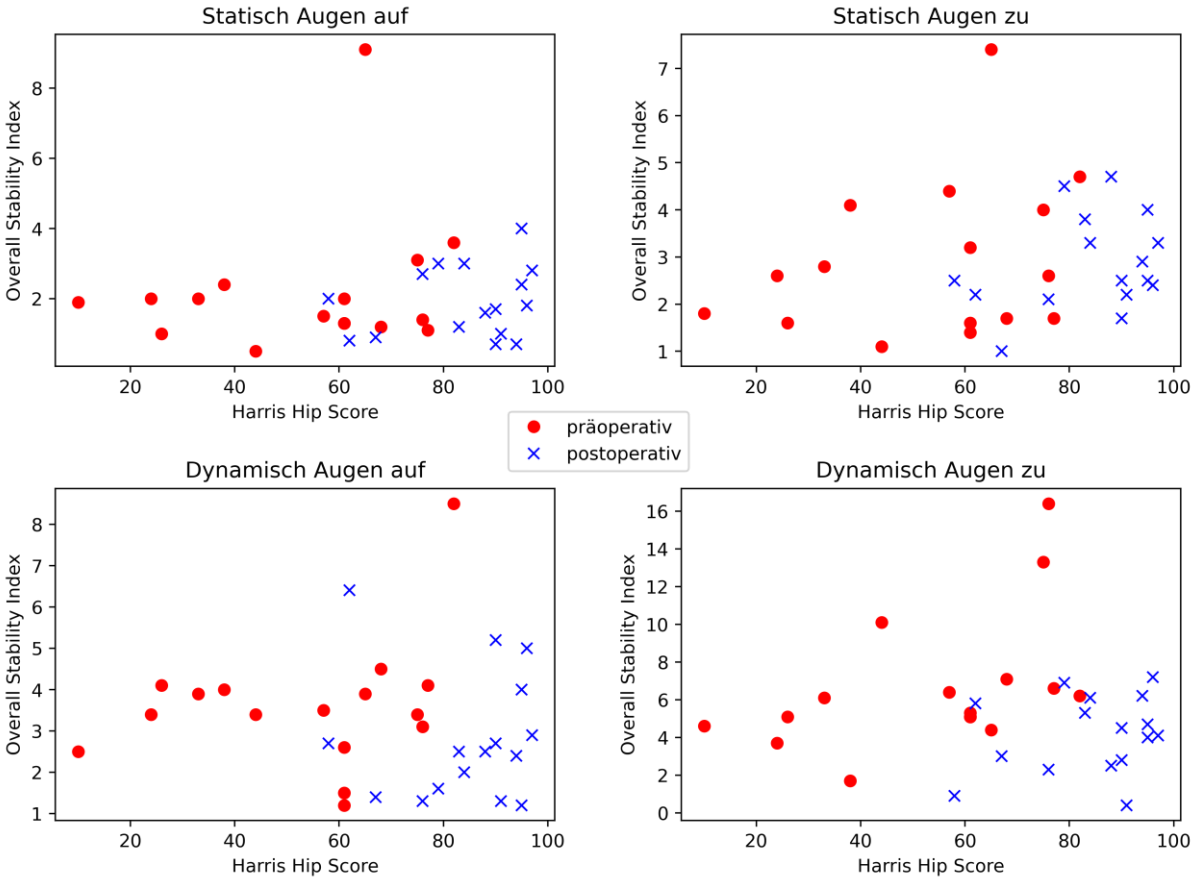

Abbildung 35: Darstellung der prä- und postoperativen Werte aus Harris Hip Score und Overall-Stability-Index aller Patienten in einer Punktewolke. Die Werte des Overall-Stability-Index werden über die y-Achse abgebildet, die Werte des Harris Hip Score über die x-Achse. Es wurden die statischen Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen, sowie die dynamischen Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen ausgewertet. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.4. Barthel-Index

Da sich die Ergebnisse des Barthel-Index alle in einem engen Bereich befinden, wurden diese hier über den Mittelwert dargestellt. Der Barthel-Index lieferte für die Gesamtheit der 16 Probanden präoperativ den Mittelwert 97,8 ± 6,3 Punkte von möglichen 100 Punkten. Sechs Wochen postoperativ zeigte sich der Wert leicht erhöht auf 98,9 ± 2,7 Punkte. Unterteilte man die Probanden in männliche und weibliche Teilnehmer, so zeigte sich für die Gruppe der acht Männer präoperativ ein Mittelwert von 96,3 ± 8,8 Punkten. Sechs Wochen postoperativ kamen Männer auf einen Mittelwert von 98,6 ± 3,5 Punkte. Bei den acht untersuchten Frauen wurde

präoperativ ebenso der Barthel-Index erfasst. Dieser betrug 99,3 ± 1,8 Punkte. Sechs Wochen postoperativ hatten die Frauen im Mittel einen identischen Barthel-Index von 99,3 ± 1,8 Punkten. Die graphische Darstellung der Ergebnisse ist in Abbildung 36 nachzuvollziehen.

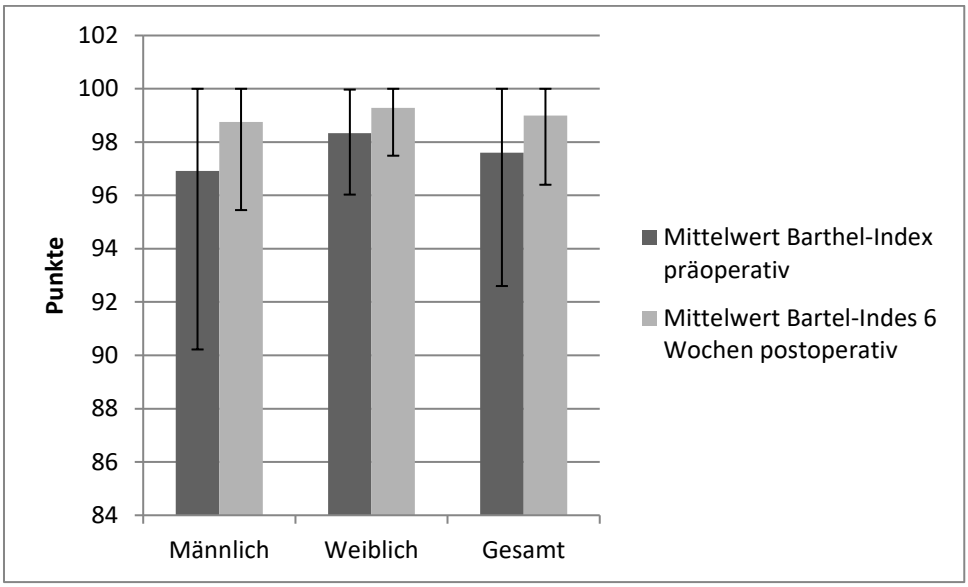

Abbildung 36: Vergleich der erreichten Punkte im Barthel-Index präoperativ und sechs Wochen postoperativ, Unterteilung in männliche und weibliche Probanden, sowie die Gesamtheit der Probanden. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.5. Performance Oriented Mobility Assessment (POMA-Score)

Mittels Performance Oriented Mobilitiy Assessment (POMA-Score) wurde präoperativ, sowie eine und sechs Wochen postoperativ Gleichgewicht und Gang der Probanden untersucht. Da die Untersuchung eine Woche nach der Operation bei zahlreichen Teilnehmern nur eingeschränkt möglich war, beschränkten wir uns in der Auswertung auf die Werte präoperativ und sechs Wochen postoperativ. Zudem eignete sich der POMA-Score mehr zum Screening eines Sturzrisikos und weniger zur Verlaufskontrolle nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese, weshalb wir auf eine genauere Unterteilung der Ergebnisse, wie sie bei der Betrachtung des OSI und des Harris-Hip-Scores erfolgt ist, verzichteten.
Der Test unterschied in zwei Kategorien, Gleichgewicht und Gang, die zuletzt noch in einer Gesamtkategorie zusammengefasst wurden. Es wurden präoperativ und postoperativ 16 Teilnehmer untersucht. Präoperativ betrug der Wert im Median beim Gleichgewicht 15,5 (Range 13 – 16 Punkte) von maximal 16 erreichbaren Punkten.

In der Kategorie Gang zeigte sich präoperativ ein Wert von 10,0 (Range 5 – 12 Punkte) von 12 maximal erreichbaren Punkten. Insgesamt erreichten die Probanden präoperativ 25,5 (Range 18 – 28 Punkte) von 28 Punkten. Postoperativ steigerten sich die Werte auf 16,0 (Range 14 – 16) Punkte im Bereich Gleichgewicht, 12,0 (Range 9 – 12) Punkte beim Gang und 27,5 (Range 24 - 28) Punkte insgesamt. Dies entsprach einer Verbesserung von 3,2 % beim Gleichgewicht, 20% beim Gang und 7,8% insgesamt. Die erreichten Mediane wurden in Abbildung 37 dargestellt. Da in den Kategorien Gleichgewicht, Gang und Gesamtkategorie verschiedene Maximalpunktzahlen erreichbar waren, wurden in Abbildung 38 die erreichten Punkte als Prozentwert der maximalen Punkte dargestellt.

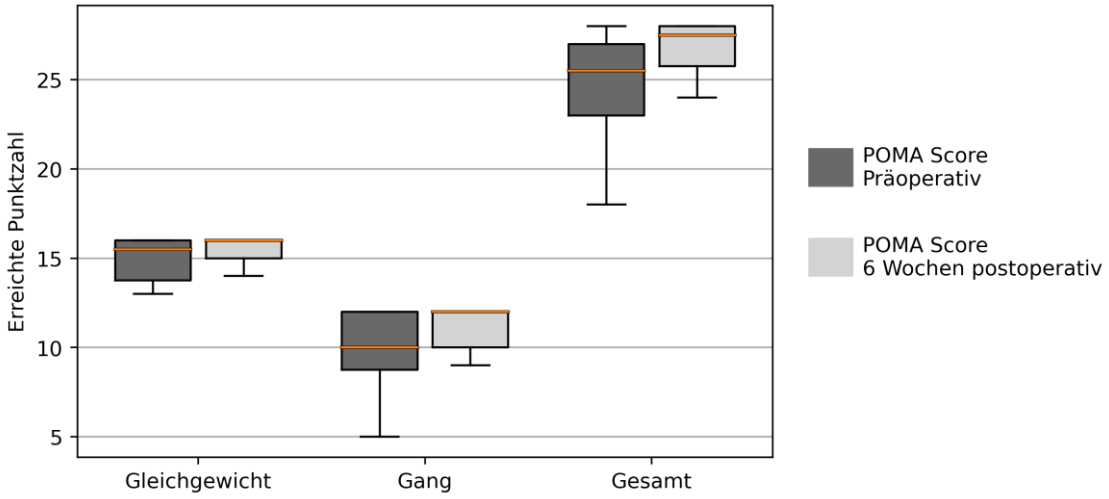

Abbildung 37: Absolute Punktzahl im Performance Oriented Mobilitiy Assessment (POMA Score) prä- und sechs Wochen postoperativ. Vergleich der prä- und postoperativen Mediane der erreichten Punktzahlen mit erster und dritter Quartile, sowie Minimum und Maximum. Die Ergebnisse wurden in die Unterbereiche Gleichgewicht (max. 16 Punkte) und Gang (max. 12 Punkte), sowie das Gesamtergebnis (max. 28 Punkte) unterteilt. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

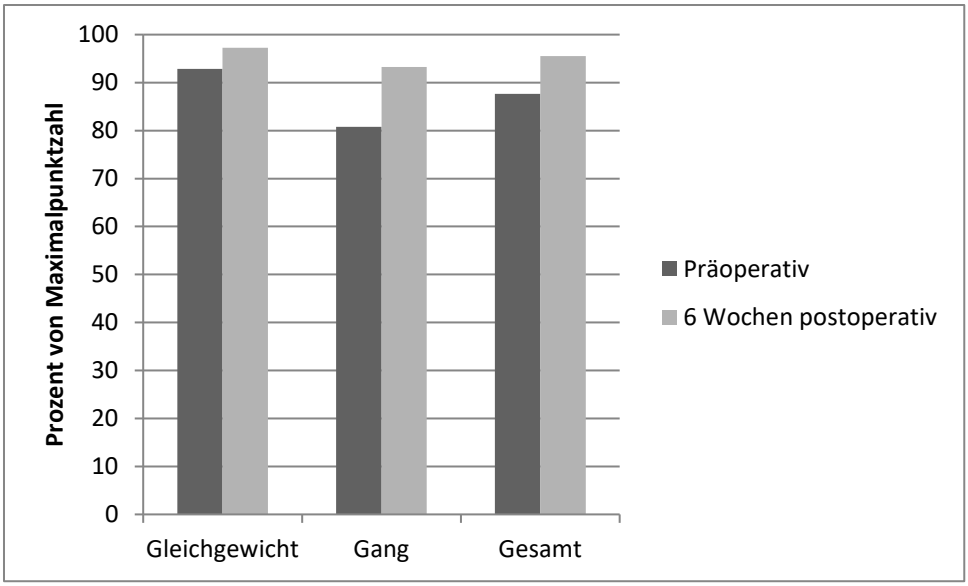

Abbildung 38: Prozentual erreichte Punktzahl im Performance Oriented Mobility Assessment (POMA-Score) prä- und sechs Wochen postoperativ. Darstellung der prä- und postoperativ erreichten Punkte im POMA-Score in Prozent vom Maximalwert, unterteilt in Gleichgewicht, Gang und Gesamtbewertung. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Ebenso wie beim Harris Hip Score wurde im Folgenden die Abhängigkeit des POMA-Scores vom Overall-Stability-Index betrachtet. Stellte man die Werte in einer Punktewolke dar, war – ähnlich wie beim Harris Hip Score – kein Zusammenhang zwischen Overall-Stability-Index und POMA-Score zu erkennen. Die Grafik ist in Abbildung 39 dargestellt.

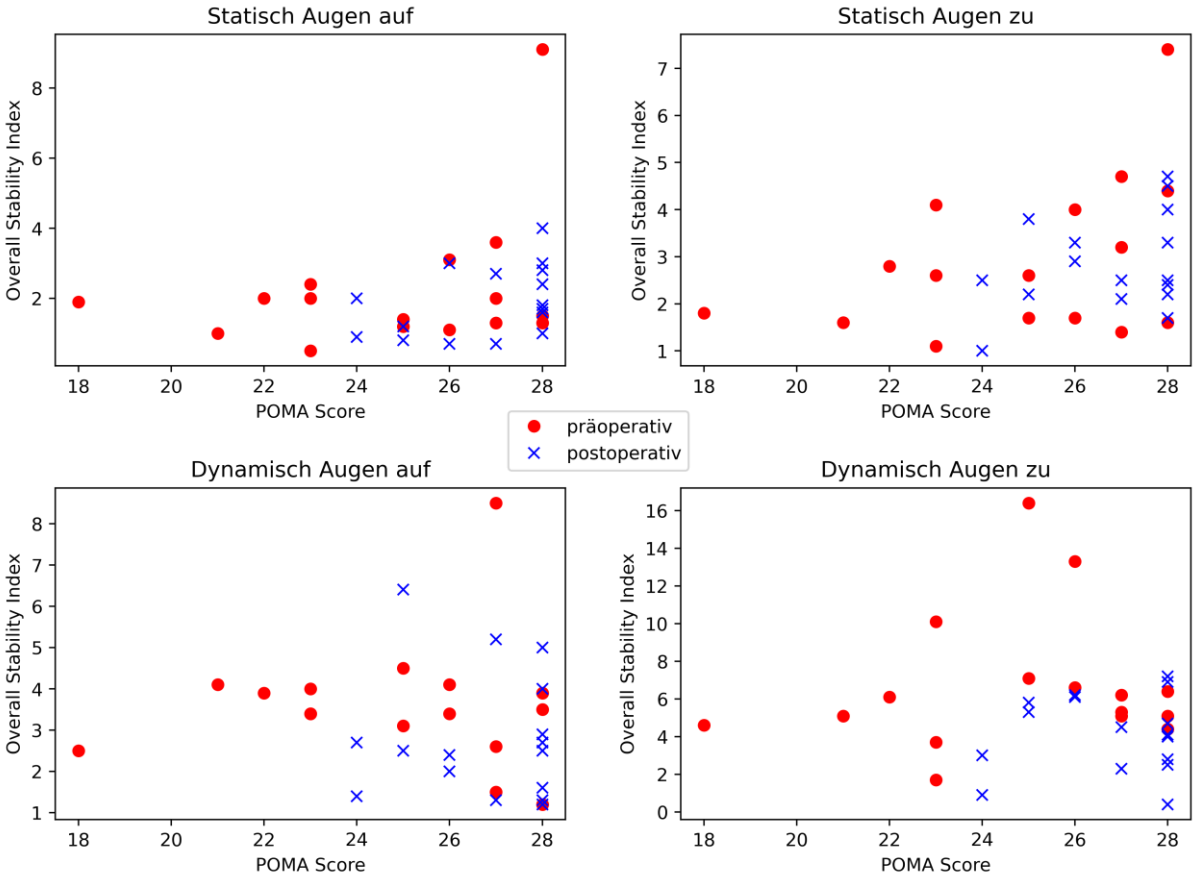

Abbildung 39: Darstellung der prä- und postoperativen Werte aus Performance Oriented Mobility Assessment (POMA-Score) und Overall-Stability-Index (OSI) aller Patienten in einer Punktewolke. Die Werte des Overall-Stability-Index werden über die y-Achse abgebildet, die Werte des POMA-Scores über die x-Achse. Es wurden die statischen Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen, sowie die dynamischen Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen ausgewertet. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

3.6. Probandenbeurteilung der funktionellen Hüftbandage

Die Probanden, welche eine funktionelle Hüftbandage erhielten, wurden eine Woche nach der Operation gebeten, diese mittels visueller Analogskalen zu bewerten. Die Probanden sollten verschiedene Aspekte, wie Schmerz und Instabilität mit und ohne Bandage bewerten. Des Weiteren wurden Tragekomfort, Aussehen und Umgang mit der Bandage erfragt. Hierbei zeigen sich folgende Ergebnisse:

Zur Bewertung des Schmerzes wurde eine visuelle Analogskala von 0 bis 10 verwendet, wobei 0 = kein Schmerz und 10 = Maximalschmerz war. In der Gruppe, die postoperativ eine funktionelle Hüftbandage trug, lag der Median des Schmerzes

beim Tragen der Bandage bei 2,2 (Range 0,0 – 8,7) und bei 0,9 (Range 0,0 – 8,3) wenn die Patienten die Bandage nicht trugen. Zum Vergleich lag der Schmerz der Gruppe, die mit regulärem Verbandmaterial versorgt wurde, bei 0,5 (Range 0 – 6,8). Die Gruppe, die die funktionelle Hüftbandage trug, hatte also mehr Schmerzen als die Gruppe, die mit konventionellem Verbandsmaterial versorgt wurde. Zudem hatte die Gruppe mit funktioneller Hüftbandage mehr Schmerzen, wenn sie die Bandage trug, als wenn sie diese ablegte.

Als nächstes wurde die Instabilität erfragt, die Skala erstreckte sich wiederum von 0 bis 10, wobei 0 keine Instabilität und 10 starke Instabilität bedeutete. In der Gruppe mit funktioneller Bandage lag die Instabilität bei 2,8 (Range 0,4 – 9,2) wenn die Bandage nicht getragen wurde. Mit Tragen der funktionellen Bandage lag der Wert deutlich darunter bei 0,5 (Range 0,2 – 8,5). Die gefühlte Instabilität war also mit Tragen der Bandage deutlich niedriger als ohne. In der Gruppe ohne funktionelle Bandage lag der Median der Instabilität bei 3,5 (Range 0,0 – 7,7) also deutlich höher. Die subjektive Instabilität war folglich in der Gruppe mit funktioneller Hüftbandage geringer als in der Gruppe mit konventionellem Verbandsmaterial. Dies wurde in Abbildung 40 verdeutlicht.

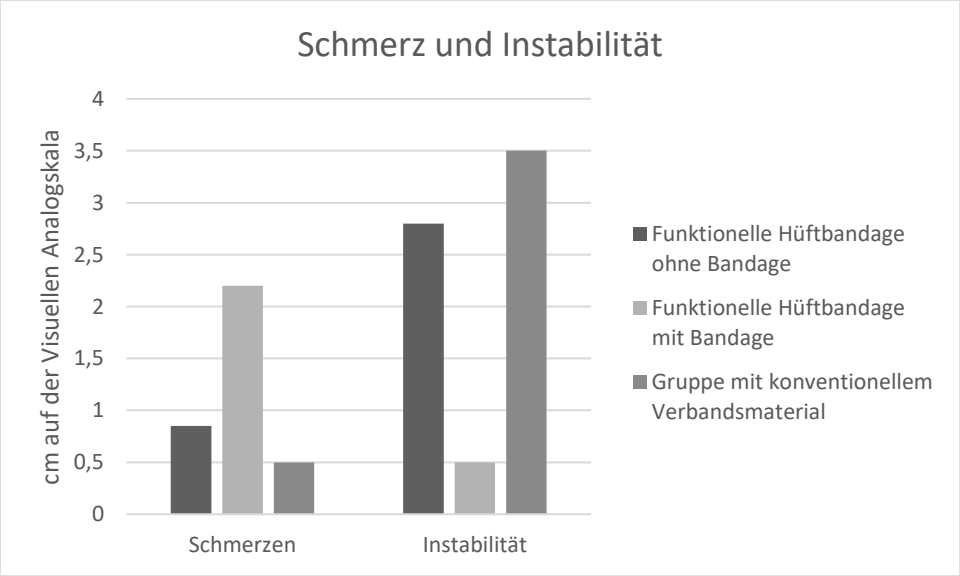

Abbildung 40: Visuelle Analogskala bezüglich Schmerz und Instabilität im operierten Hüftgelenk, Darstellung der Mediane der gemessenen Zentimeter auf der visuellen Analogskala (VAS). Es wurden die Gruppe mit funktioneller Hüftbandage, unterteilt in den Zustand mit und ohne getragene Bandage, sowie die Gruppe mit konventionellem Verbandsmaterial verglichen. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Die Probanden sollten angeben, ob die funktionelle Bandage das Gelenk subjektiv in einer bestimmten Position stabilisierte oder eine bestimmte Lage bedingte. Dies war nicht der Fall, die Bandage führte weder zur Extension oder Flexion, Abduktion oder Adduktion und auch nicht zu Außen- oder Innenrotation. Auch in der Gruppe, die mit konventionellem Verbandsmaterial versorgt wurde, gab es keine Zugtendenzen. Die Kompression der Bandage wurde von allen Probanden als nicht zu stark oder zu schwach empfunden. Bei den folgenden Aspekten reichte die Skala wiederum von 0 bis 10, wobei 0 gut und 10 schlecht war. Beim Tragekomfort lag der Median der Probanden bei 2,5 (Range 0,3 - 9,3). Das Aussehen wurde mit 1,8 (Range 0,3 – 9,1), also eher gut bewertet. Der Umgang mit der Bandage, also das An- und Ablegen wurde mit 8,9 (Range 1,7 – 9,9) überwiegend schlecht bewertet, wohingegen das Gewicht mit 2,1 (Range 0,3 – 9,3) wieder eher gut bewertet wurde. Eine graphische Darstellung der Ergebnisse findet sich in Abbildung 41.

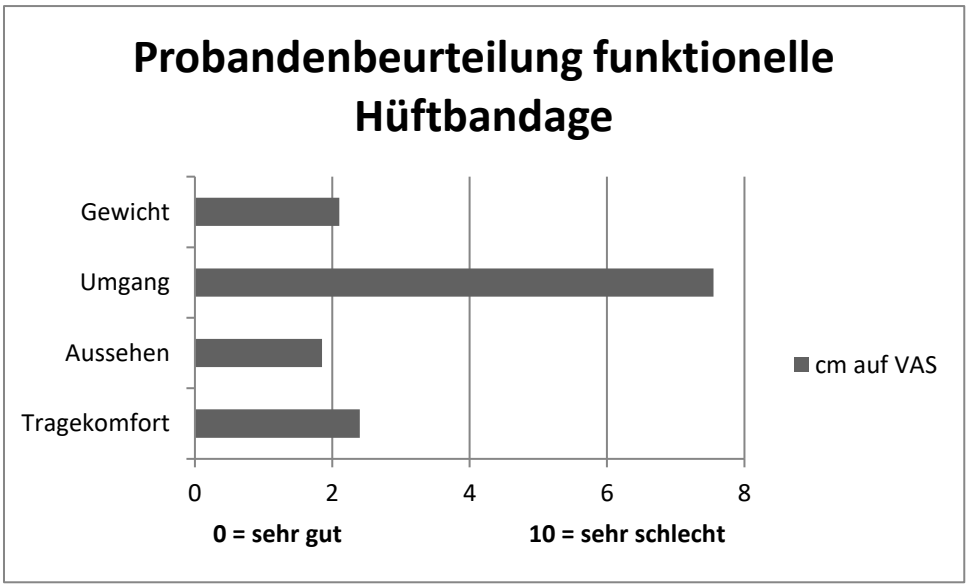

Abbildung 41: Probandenbeurteilung der funktionellen Hüftbandage, Auswertung von Gewicht, Umgang, Aussehen und Tragekomfort auf der visuellen Analogskala (VAS) auf der X-Achse von 0=sehr gut bis 10=sehr schlecht. (Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 2013-2017).

Zuletzt fragten wir die Probanden, wie viel sie selbst für eine solche Bandage bezahlen würden, hierbei lag der Median bei 60 € (Range: 0-150 €). Die Probanden, die keine funktionelle Hüftbandage bekamen, hätten eine solche Bandage in 54,6% für sinnvoll erachtet, vor allem im Hinblick auf die Stabilität. Diese Gruppe hätte im Median 20 € (Range: 0-200 €) für eine Bandage ausgegeben.

Im Median wurde die Bandage von den Probanden insgesamt 335 Stunden (Range 94-930 Stunden) über 28 Tage (Range 17 – 42 Tage) getragen, dies entsprach 12,4 Stunden (Range 3,4 – 22,1 Stunden) täglich. Hauptgründe für das Ablegen der Bandage waren Therapie und Anwendungen während der Rehabilitation, Bettruhe und kurze Unterbrechungen zur Körperhygiene.

4. Diskussion

4.1. Allgemein

Ziel dieser prospektiven Studie an 30 Probanden war es zu untersuchen, ob sich die Implantation einer Hüft-Totalendoprothese auf die posturale Stabilität auswirkt und ob dieser Einfluss mittels computergestützter dynamischer Posturographie messbar ist.
In einer explorativen Subgruppenanalyse sollte weiterhin untersucht werden, ob sich Unterschiede in Bezug auf Geschlecht, Alter, Body-Mass-Index, Schmerzen und das Tragen einer funktionellen Hüftgelenksbandage feststellen lassen.
Eine weitere Analyse sollte schließlich den Nutzen einer funktionellen Hüftgelenksbandage auch im Hinblick auf Gewicht, Umgang, Aussehen, Tragekomfort, Schmerzen und Stabilität des Gelenkes untersuchen.

Wir konnten zeigen, dass sich die posturale Stabilität – objektiviert mittels Overall-Stability-Index aus der computergestützten dynamischen Posturographie – durch die Implantation einer Hüft-Totalendoprothese tendenziell verbessert.
Das Geschlecht scheint insbesondere in den dynamischen Messungen keinen Einfluss auf das Ergebnis zu haben. So zeigten sowohl die untersuchten Männer als auch die untersuchten Frauen eine Verbesserung des Gleichgewichts in den dynamischen Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen.
Auch bezüglich des Alters konnten keine großen Unterschiede festgestellt werden. Die Gruppe der < 72-Jährigen und die der ≥ 72-Jährigen zeigten in den Messungen ähnliche Ergebnisse.
Unabhängig vom Body-Mass-Index konnten sich alle Patienten in den dynamischen Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen verbessern. Auffällig war hier, dass die Patienten mit dem höchsten BMI (BMI ≥ 30 kg/m²) die größte Verbesserung zeigte.
Auch das Ausmaß der präoperativ vorhandenen Schmerzen scheint keinen Einfluss auf das Gleichgewicht zu haben.
Das Tragen einer funktionellen Hüftbandage vermittelte den Trägern zwar subjektiv das Gefühl von Stabilität, jedoch war dies im Vergleich zur Gruppe, die mit konventionellem Verbandsmaterial versorgt wurde, nicht mittels dynamischer Posturographie zu objektivieren.

4.2. Das Patientenkollektiv

Die untersuchten Probanden waren im Median 72 Jahre (Range 55-81 Jahre) alt. Sie waren damit etwas älter als die Probanden in der Studie von Calò et al. [7], welche im Schnitt 64,27 Jahre alt waren, und sogar deutlich älter als die Patienten von Nallegowda et al. [32], die im Durchschnitt 40,9 Jahre alt waren. Nur wenig jünger waren die Probanden von Warenczak et al. [56], die im Durchschnitt 69,4 Jahre alt waren. Die Anzahl der von uns untersuchten Patienten lag unter der, der eben genannten Studien. Während wir lediglich 16 Patienten vollständig untersuchen konnten, davon acht Männer und acht Frauen, waren es bei Calò et al. 23 Patienten (13 Frauen, 10 Männer) [7], bei Nallegowda et al. 30 Patienten (5 Frauen, 25 Männer) [32] und bei Warenczak et al. ebenso 30 Probanden (25 Frauen, 5 Männer) [56].

Wir schlossen Patienten mit Erkrankungen des vestibulären Systems oder neurologischen Erkrankungen aus, in den eben genannten Studien wurde ebenso verfahren.

Es wurden zahlreiche Daten zum alltäglichen Leben, zur Versorgung und zur sportlichen Aktivität erhoben, um das untersuchte Patientenkollektiv näher zu klassifizieren.

Erwartungsgemäß hatten alle Probanden deutliche Bewegungseinschränkungen im Hüftgelenk. Insbesondere die Innenrotation bei 90° Flexion im Hüftgelenk war deutlich beeinträchtigt. Dies findet sich beispielsweise in den klinischen Kriterien der Koxarthrose des American College of Rheumathology [2] bestätigt. Postoperativ war hierbei vor allem im Bereich der Innen- und Außenrotation eine Verbesserung zu verzeichnen.

4.3. Overall-Stability-Index aus computergestützter dynamischer Posturographie

Calò et al. untersuchten 2009 bereits den Einfluss einer Hüft-Totalendoprothese auf das Gleichgewicht mittels dynamischer Posturographie. Sie nutzten hierzu das Equi-Test Dynamic Posturography System der amerikanischen Firma NeuroCom (Int. Inc., Clackamas, OR, USA). Hierbei wurden keine Veränderungen des Gleichgewichts durch den kompletten Hüftgelenksersatz gefunden [7]. Auch Nallegowda et al.

verwendeten für die dynamische Posturographie ein Gerät der Firma NeuroCom, genauer das Modell Smart Balance Master (Version 7, NeuroCom International, Clackamas, OR). Hierbei wurden ebenfalls keine Unterschiede in Bezug auf das Gleichgewicht vor und nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese festgestellt [32]. Warenczak et al. nutzten 2019 das Good Balance System der Firma Metitur (Good Balance System, Metitur Oy, Jyvaskyla, Finland). Sie fanden in ihrer Pilotstudie Hinweise darauf, dass Patienten auch noch Jahre nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese Einschränkungen in der Stabilität aufweisen [56]. Johannes Böer konnte in seiner Dissertation zum Thema „Charakterisierung des Balanceverhaltens von Gesunden, Hüft- und Kniepatienten auf dem Posturomed“ 2006 feststellen, dass Hüftpatienten auf einer instabilen Balanceplattform sogar ruhiger standen als die altersentsprechende Normalgruppe [5].

Bezüglich des Einflusses von Knie-Totalendoprothesen wird bei Tütüncüler et al. kein mittels computerunterstützter dynamischer Posturographie messbarer Einfluss Implantation des neuen Gelenks auf die Balance beschrieben [54].

In der Literatur fanden sich somit bislang verschiedene Aussagen. Hauptziel der vorliegenden Arbeit war es daher, zu untersuchen, ob sich der Einfluss der Implantation einer Hüft-Totalendoprothese auf das Gleichgewicht mittels CDP unter Nutzung des Biodex-Balance-Systems messen lässt, welches bislang noch nicht für eine solche Fragestellung eingesetzt wurde, oder ob kein Unterschied prä- und postoperativ zu finden ist.

4.3.1. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index

Zur Frage, welcher Wert des OSI bei gesunden Probanden als normal anzusehen ist, gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben. Welche OSI-Werte bei Patienten mit Koxarthrose vor und nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese zu erwarten sind, ist dabei in der Literatur bislang nicht beschrieben.

Arnold et al. fanden 1998 in einer Studie mit dem auch von uns genutzten System heraus, dass junge, gesunde Menschen einen OSI von 4,07° ± 1,63° haben. Hierbei wurden die Probanden jedoch im Einbeinstand untersucht [3]. Eine andere Studie aus unserer Klinik von Palm et al. zeigte bei jungen, gesunden Menschen im Zweibein-Stand einen OSI von 1,5° ± 0,8° in der statischen Messung, sowie 2,2° +/- 0,9° bei Nutzung des Stabilitätslevels 8. Auch hier wurde jedoch ein junges

Patientenkollektiv im Alter von 25,3 ± 1,9 Jahren untersucht [36]. Parraca et al. ermittelten 2011 in ihrer Studie zur „Test-Retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people“ OSI-Werte zwischen 0,50° ± 0,19° und 0,56° ± 0,22° [39]. Sie verwendeten ebenfalls den Stabilitätslevel 8 und untersuchten aktive Probanden, die älter als 60 Jahre und nicht vorerkrankt waren. In der Reliabilitätsstudie des Biodex Balance Systems von Strobel et al. wurde für gesunde Probanden > 60 Jahre ein OSI von 4,80° ± 1,8° im Stabilitätslevel 8 mit geöffneten Augen festgestellt [49]. In unseren Untersuchungen an älteren (71,5 ± 8,0 Jahre), vorerkrankten Patienten mit Koxarthrose wurde in der dynamischen Messung im Stabilitätslevel 8 präoperativ ein OSI von 3,8° ± 1,6° und sechs Wochen postoperativ ein OSI 2,5° ± 1,1° ermittelt. Die Messung mit geschlossenen Augen ergab vor der Operation einen Wert von 5,3° ± 2,8° und sechs Wochen später 4,1° ± 2,0°.

Im Vergleich zu den deutlich jüngeren Patientenkollektiven von Arnold et al. [3] und Palm et al. [36] und dem – im Vergleich zu unseren Probanden – zwar ähnlich alten, jedoch gesunden Kollektiv von Parraca et al. [39] fanden wir deutlich höhere OSI-Werte, die sich jedoch postoperativ zu verbessern schienen. Strobel et al. ermittelten trotz gleichem Versuchsaufbau für Patienten > 60 Jahren einen deutlich höheren OSI-Wert als in der vorliegenden Studie. Legt man den Mittelwert von Strobel et al. [49] zugrunde, ergab sich in unserer Studie lediglich in der dynamischen Messung mit geschlossenen Augen präoperativ ein höherer Wert. Eine sichere Einschätzung der klinischen Relevanz, insbesondere bei alten, hüfterkrankten Probanden, scheint aufgrund der unterschiedlichen Referenzwerte in der Literatur somit nicht möglich.

Allgemein lässt sich sagen, dass in unserer Studie die Messungen mit geschlossenen Augen generell höhere Werte für den OSI ergaben. Dies erscheint schlüssig, ist doch das visuelle Feedback ein wesentlicher Bestandteil der posturalen Kontrolle und wird durch die Ergebnisse der „Reliabilitätsstudie des Biodex Balance Systems“ von Strobel et al. gestützt [49].

Die Werte des OSI verbesserten sich postoperativ in den Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen. Somit konnten wir die Ergebnisse von Nallegowda et al. [32], sowie Caló et al. [7] nicht bestätigen, die keine Veränderungen fanden, sondern konnten feststellen, dass mittels computergestützter dynamischer Posturographie Hinweise auf einen positiven Einfluss der Implantation einer Hüft-Totalendoprothese auf das Gleichgewicht zu finden sind.

Viele unserer Patienten waren nicht in der Lage die Messungen, ohne ein Festhalten an den Armstützen, durchzuführen, obwohl sie stabil standen und körperlich nicht sturzgefährdet waren. Ursächlich hierfür war die subjektive Angst zu stürzen und damit postoperativ die frisch implantierte Prothese zu gefährden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass dieser Aspekt die Ergebnisse beeinträchtigt haben könnte. Zudem war nicht genau zu klären, ob die verbesserten Stabilitätswerte wirklich dem Einfluss der Hüft-Totalendoprothese zuzuordnen sind oder der Tatsache, dass die Patienten postoperativ weniger Schmerzen litten, was letztlich dann aber auch auf die Implantation zurückzuführen wäre. Die Ergebnisse des Harris-Hip-Score zeigten bezüglich der empfundenen Schmerzen prä- und postoperativ eine deutliche Verbesserung.

Nallegowda et al. [32]. führten die postoperative Messung im Mittel nach 271 Tagen durch, bei Calò et al. [7] waren es vier Monate. Beide konnten keine signifikanten Unterschiede beim Gleichgewicht feststellen. Warenczak et al. untersuchten ihre Patienten im Mittel fünf Jahre nach erfolgter Operation und verglichen die Daten mit hüftgesunden Probanden. Sie konnten auch Jahre nach der Operation Hinweise auf ein verschlechtertes Gleichgewicht finden [56]. Konträr hierzu stellten Wykman und Goldie 1989 [57] eine Verbesserung der posturalen Kontrolle ein Jahr nach Implantation der Hüft-Totalendoprothese fest.

Wir konnten nun mit dem von uns verwendeten Gerät in der CDP bereits sechs Wochen nach der Operation Hinweise auf eine Verbesserung des Gleichgewichts in den dynamischen Messungen finden. Es scheint also so, dass mit dem Biodex-Balance-System ein sensibleres Tool zur Verfügung steht, welches eine Verbesserung der Stabilitätswerte erkennen lässt.

4.3.2. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Geschlechts

Legt man den Normwert für statische Messungen von Palm et al. [36] zugrunde, ergab lediglich die statische Messung mit geöffneten Augen bei den Frauen einen normalen OSI. Sämtliche andere statische Messungen wiesen unabhängig vom Geschlecht einen erhöhten OSI auf. Die statische Messung mit geöffneten Augen ergab bei den Männern eine leichte Verbesserung der Stabilitätswerte. Bei den Frauen hingegen zeigte sich eine leichte Zunahme und somit Verschlechterung des

OSI. Warum die Frauen sich in der statischen Messung, sowohl mit geöffneten als auch mit geschlossenen Augen verschlechtert haben, lässt sich nicht abschließend klären. Mögliche Ursache könnte eine Verfälschung der präoperativen Werte durch Festhalten an der Haltestange während der Messung sein. Dies war subjektiv vermehrt bei weiblichen Teilnehmern zu beobachten. Zudem ist zu vermuten, dass die Aussagekraft der statischen Messungen aufgrund der stabilen Plattform weniger sensitiv ist, als die der dynamischen Messungen. Letztere erfordern aufgrund der Instabilität der Plattform ein aktives Regulieren mittels posturaler Stabilität und zeigen dementsprechend Einschränkungen der posturalen Stabilität deutlicher.
Die dynamischen Messungen zeigten für beide Geschlechter, sowohl mit geöffneten als auch mit geschlossenen Augen eine Verbesserung der Stabilitätswerte, jedoch im Vergleich zum Normwert aus der Studie von Palm et al. [36] durchgehend erhöhte OSI-Werte. Dies erscheint plausibel, da unser Patientenkollektiv ausschließlich aus Teilnehmern mit Koxarthrose bestand und keine gesunde Kontrollgruppe vorlag. Die Männer hatten in allen Messungen deutlich schlechtere präoperative Werte als die Frauen, konnten sich dafür postoperativ deutlicher verbessern. Strobel konnte in seiner Dissertation zur „Reliabilitätsprüfung des Biodex Balance Systems“ 2009 keinen Einfluss des Geschlechts auf das Gleichgewicht ermitteln [49], dies scheint sich in unserer Studie zu bestätigen. Im Vergleich zur Studie von Strobel et al. [49] konnten wir unabhängig vom Geschlecht erhöhte OSI-Werte in der dynamischen Messung mit geschlossenen Augen feststellen.

4.3.3. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Alters

Die Gruppe unter 72 Jahre zeigte wider unsere Erwartung eine Verschlechterung der Stabilitätsmessung in der statischen Messung mit geöffneten und geschlossenen Augen, obwohl sie präoperativ gemäß der Studie von Palm et al. [36] normale OSI-Werte aufwiesen. Dahingegen zeigte sich bei der Gruppe über 72 Jahre eine Verbesserung der Stabilitätswerte in allen Messungen. Die dynamischen Messungen ergaben wiederum eine ähnliche Verbesserung der Stabilitätswerte in beiden Gruppen und lassen keinen Unterschied in der Veränderung des OSI zwischen den beiden Altersgruppen erkennen. Strobel et al. [49] stellten dahingegen in ihrer Studie zur Reliabilitätsprüfung des Biodex Balance Systems fest, dass sich das Alter

signifikant auf das Gleichgewicht auswirkt und dieses sich mit zunehmendem Alter verschlechtert. Unsere Patienten waren zwischen 55 und 81 Jahre alt und somit deutlich älter als die Probanden in Strobels Studie. Es ist also davon auszugehen, dass sie schon präoperativ schlechtere Stabilitätswerte als gesunde Vergleichspersonen hatten. Zum anderen war der Altersunterschied unserer Teilnehmer, im Vergleich zu dem in Strobels Studie „Reliabilitätsprüfung des Biodex Balance Systems“ 2009 (< 30 Jährige vs. > 60 Jährige) [49] deutlich kleiner. Dies kann erklären, warum wir keinen Einfluss des Alters erkennen konnten. Auch in dieser Gruppe fanden sich in den dynamischen Messungen mit geschlossenen Augen unabhängig vom Alter deutlich erhöhte Werte im Vergleich zu dem von Strobel et al. [49] ermittelten OSI-Wert für Patienten > 60 Jahre.

4.3.4. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Body-Mass-Index

Gleich mehrere Studien fanden heraus, dass eine Erhöhung des BMI eine Verschlechterung des Gleichgewichts bewirkt, so zum Beispiel Kladny et al. 2001 in der Studie „Stationäre Rehabilitation nach Hüftendoprothetik - eine Verlaufsbeobachtung mit dem Harris-Hip-Score“ [21], Strobel et al. in der „Reliabilitätsprüfung des Biodex Balance Systems“ [49] oder C. van Uden in seiner medizinischen Dissertation zum „Einfluss geringer körperlicher Belastung auf die Posturale Stabilität bei älteren Personen“ 2014 [55]. Al-Shenquiti et al. untersuchten den Einfluss des Body-Mass-Index auf die Rumpfmuskulatur und fanden heraus, dass ein zunehmender BMI mit abnehmender Muskelkraft einhergeht [1]. Wir hätten also bei den Gruppen der normal bis leicht übergewichtigen Probanden bessere Werte als bei den übergewichtigen Teilnehmern erwartet. Interessanterweise war es jedoch so, dass die Probanden mit kleinerem BMI in der statischen Messung präoperativ schlechtere Ausgangwerte zeigten. Alle drei Gruppen verschlechterten sich in der statischen Messung mit geöffneten Augen. Mit geschlossenen Augen zeigte allein die Gruppe mit dem niedrigsten BMI eine Verbesserung der Werte. Legt man zum Vergleich den von Palm et al. [36] ermittelten OSI-Wert für statische Messungen zugrunde, fanden sich in allen Gruppen unabhängig vom BMI normale OSI-Werte, bis auf Gruppe A (BMI 18-25 kg/m²) in der statischen Messung mit geschlossenen Augen.

Die dynamischen Messungen mit geöffneten und geschlossenen Augen ergaben in allen drei BMI-Gruppen postoperativ verbesserte Werte. Die Gruppe mit dem höchsten BMI wies jedoch präoperativ in der dynamischen Messung mit geschlossenen Augen den höchsten OSI und damit die schlechtesten Stabilitätswerte auf. Die besten Werte prä- und postoperativ hatten mit geschlossenen Augen die Patienten mit einem BMI zwischen 25-30 kg/m². In Zusammenschau der Ergebnisse konnten wir keinen eindeutigen Einfluss des BMI auf das Gleichgewicht von Patienten mit Koxarthrose und nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese feststellen. Die Gruppe mit einem BMI zwischen 25-30 kg/m² wies jedoch in der dynamischen Messung mit geschlossenen Augen prä- und postoperativ die im Vergleich mit den anderen Gruppen besten OSI-Werte auf.

4.3.5. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Schmerzes

Da sich die Werte des Harris-Hip-Score hauptsächlich aufgrund der Schmerzabnahme veränderten, war der schmerzabhängige Vergleich der Werte der computergestützten dynamischen Posturographie naheliegend, um den Einfluss der Schmerzen auf das Gleichgewicht näher zu untersuchen. Soliman et al. [47] fanden 2017 in einer Studie an Patienten mit chronischen Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule heraus, dass zunehmende Schmerzen das Gleichgewicht verschlechtern. In der genannten Studie wurde ebenfalls eine computergestützte dynamische Posturographie verwendet.

Auch Palm et al. konnten umgekehrt 2016 in Ihrer Studie zum Thema „Einfluss der periduralen Infiltrationstherapie auf die posturale Kontrolle bei chronischem Schmerz der unteren Lendenwirbelsäule“ Hinweise darauf finden, dass sich das Gleichgewicht bei abnehmenden Schmerzen verbessert [37]. Auch in dieser Studie wurde eine computergestützte dynamische Posturographie durchgeführt.

Die in unserer Studie ermittelten Werte zeigten, dass beide nach Schmerzintensität unterteilte Gruppen („kein bis mäßiger Schmerz“, sowie „deutlicher bis schwerer Schmerz“) eine leichte Verschlechterung der Werte in der statischen Messung mit geöffneten Augen vorweisen. Mit geschlossenen Augen konnte bei der Gruppe mit weniger Schmerzen eine minimale Verbesserung gemessen werden, die Gruppe mit viel Schmerzen verschlechterte sich minimal. Im Vergleich zum Normwert für

statische Messungen aus der Studie von Palm et al. [36] wies allein die Gruppe mit „kein bis mäßiger Schmerz“ präoperativ in der statischen Messung mit geöffneten Augen einen normalen OSI auf. Sämtliche anderen statischen Messungen ergaben unabhängig vom Schmerz erhöhte OSI-Werte.
In der dynamischen Messung zeigten beide Gruppen vergleichbare, verbesserte Werte nach der Operation, wobei die Patienten mit weniger Schmerz schlechtere Ausgangswerte aufzeigten.
Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir in unserer Studie kein Anhalt dafür finden konnten, dass sich stärkere Schmerzen negativ auf das Gleichgewicht auswirken. Die Aussage von Soliman et al. [47], sowie Palm et al. [37] konnten wir somit nicht bestätigen. Ursächlich könnte sein, dass die in den Vergleichsstudien untersuchten Probanden unter Rückenschmerzen und nicht unter Koxarthrose litten und somit über andere Kompensationsmechanismen in Bezug auf Schmerz und posturale Kontrolle verfügten. Dies bestätigte Johannes Böer 2006 in seiner Dissertation zum Thema „Charakterisierung des Balanceverhaltens von Gesunden, Hüft- und Kniepatienten auf dem Posturomed“, in der er zeigen konnte, dass Hüftpatienten vermehrt Knie- und Sprunggelenk zur Gleichgewichtskontrolle einsetzen [5].

4.3.6. Vergleich des prä- und postoperativen Overall Stability Index bezüglich des Tragens einer funktionellen Hüftgelenksbandage

In der Literatur wurde bislang beispielsweise in der Studie zu „Intermittent pneumatic compression for the prevention of venous thromboembolism after total hip arthroplasty“ von Kwak et al. [24] der positive Einfluss von Kompression durch Hüft-Bandagen auf die Entstehung von postoperativen Hämatomen und tiefen Beinvenenthrombosen beschrieben. Ebenso ist in der Studie „Cryocompression therapy after elective arthroplasty of the hip“ von Leegwater et al. [26] ein positiver Einfluss auf postoperativen Schmerzen, Schmerzmittelbedarf, Blutverlust, Infektionen und Dauer des Krankenhausaufenthaltes beschrieben. Palm et al. konnten 2010 in einer Studie zur Frage „Verbessern Kniebandagen die posturale Standfähigkeit bei Meniskusverletzungen?“ feststellen, dass das Tragen einer funktionellen Kniebandage zu einer signifikanten Steigerung der posturalen Stabilität bei Patienten mit Meniskusläsion führt [35]. Mohammadi et al. fanden in einer Studie heraus, dass

das therapeutische Taping mit elastischem Tape im Bereich des Sprunggelenkes vermutlich die statische und dynamische Stabilität bei Schlaganfallpatienten verbessert. [31]

Jedoch ist bislang nicht bekannt, ob dies auch Patienten mit Koxarthrose der Fall ist und ob die Nutzung einer funktionellen Hüftgelenksbandage einen – mittels computergestützter dynamischer Posturographie messbaren – Einfluss auf das Gleichgewicht von Hüftendoprothesen-Patienten nimmt.

Die von uns erhobenen Werte ergaben in der statischen Messung im Vergleich zur Studie von Palm et al. zum Thema „Computerized dynamic posturography: The influence of platform stability on postural control“ [36] durchgehend erhöhte Resultate, sowohl bei den Patienten, die eine funktionelle Hüftbandage trugen, als auch bei denen, die keine trugen. Ebenso fand sich in der dynamischen Messung, insbesondere in der Messung mit geschlossenen Augen, unabhängig vom Tragen der Bandage erhöhte Werte. Wir fanden folglich keine Hinweise darauf, dass die funktionelle Hüftgelenksbandage einen mittels CDP messbaren Einfluss auf das Gleichgewicht hat. Sie hat die Werte allerdings auch nicht verschlechtert und scheint den Patienten zumindest subjektiv durch eine empfundene Stabilisierung zu helfen (s. Kapitel 4.6).

4.4. Harris-Hip-Score

Da der Harris Hip Score laut der Studie „Is the harris hip score system useful to study the outcome of total hip replacement?“ von P. Söderman und H. Malchau von 2001 [46], ein aussagekräftiges Tool zur Beurteilung des Outcomes von Patienten mit Hüft-Totalendoprothese mit hoher Reliabilität und Validität ist, haben wir diesen präoperativ und sechs Wochen nach der Implantation mit unseren Probanden durchgeführt. Es zeigt sich, dass alle Teilnehmer postoperativ deutlich verbesserte Scores im Vergleich zum präoperativen Zustand aufweisen. Bei der genaueren Betrachtung kommt man zu dem Ergebnis, dass diese Verbesserung hauptsächlich auf der Abnahme der Schmerzen beruht. Hierbei ist zu erwähnen, dass fast alle Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung sechs Wochen postoperativ keine Schmerzmittel mehr einnahmen. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Medikamenteneinnahme lässt sich also weitgehend ausschließen und die

Veränderung ist auf eine tatsächlich stattgefundene Abnahme der Schmerzen zurückzuführen.

Im Hinblick auf das Geschlecht erreichten die Frauen präoperativ durchschnittlich einen höheren Score als die Männer, postoperativ fand sich kein solch großer Unterschied mehr. Bezüglich des Alters hatte die Gruppe der älteren Patienten > 72 Jahre prä- und postoperativ deutlich bessere Werte als die jüngeren Patienten < 72 Jahren. Unsere Werte deuten also darauf hin, dass die Patienten mit höherem Alter einen besseren Harris Hip Score erreichen, dass das Geschlecht jedoch keinen Einfluss hat. Im Vergleich dazu fanden Kladny et al. in der Studie „Stationäre Rehabilitation nach Hüftendoprothetik – eine Verlaufsbeobachtung mit dem Harris-Hip-Score“ unabhängig von Alter und Geschlecht eine deutliche Verbesserung des Harris-Hip-Scores durch die Implantation der Hüft-Totalendoprothese [21]. Beim Vergleich der verschiedenen BMI-Gruppen konnte die Gruppe B mit einem BMI von 25-30 kg/m² präoperativ den besten Score aufweisen, wohingegen die Gruppe C mit einem BMI > 30 kg/m² prä- und postoperativ im Vergleich die schlechtesten Werte bot. Man kann also vermuten, dass ein erhöhter BMI prä- und postoperativ zu schlechteren Werten im Harris Hip Score führt. In der Literatur sind bislang hierzu keine Informationen zu finden.

Bezüglich des Tragens einer funktionellen Hüftgelenksbandage zeigte sich, dass die Patienten, die postoperativ eine solche Bandage trugen, im Harris-Hip-Score postoperativ im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Bandage deutlich bessere Werte erreichten. Hieraus lassen sich Hinweise darauf erkennen, dass die funktionelle Hüftgelenksbandage den Harris-Hip-Score von Hüftpatienten im Vergleich zum herkömmlichen Verbandsmaterial günstig zu beeinflussen scheint.

4.5. Barthel-Index

Der Barthel-Index dient der systematischen Erfassung von Selbstständigkeit beziehungsweise Pflegebedürftigkeit und ist ein häufig genutztes Tool im Pflegeassessment [14]. Eine Studie von Koch et al. zum Thema „Alltagsaktivität nach Hüftendoprothesen in Abhängigkeit von der Ausgangssituation oder dem Reha-Konzept“ von 2006 zeigte, dass die Patienten mit Koxarthrose zum einen präoperativ

eine erheblich eingeschränkte Lebensqualität haben, welche sich zum anderen nach Implantation einer Hüftendoprothese deutlich besserte [22].
Unser Patientenkollektiv wies sowohl prä- als auch postoperativ einen normalen Barthel-Index auf. Eine Abhängigkeit vom Geschlecht konnte nicht gefunden werden. Dies erscheint schlüssig, da sich unser Patientenkollektiv ausschließlich aus Probanden zusammensetzt, welche sich zur elektiven Implantation einer Hüft-Totalendoprothese vorstellte und sich bis zur Operation durchweg selbst versorgte. Auch bei der Untersuchung sechs Wochen postoperativ wiesen die Probanden keinerlei Einschränkungen im Barthel-Index auf. Da der Barthel-Index vor allem im geriatrischen Assessment und im Bereich der geriatrischen Rehabilitation [6] eingesetzt wird, ist die niedrige Aussagekraft in unserer Studie möglicherweise auf das in Bezug auf die Geriatrie niedrige Durchschnittsalter der Patienten zurückzuführen. Zudem ist fraglich, ob der Barthel-Index sensitiv genug für unsere Fragestellung war, da der Zeitraum zwischen den beiden Erhebungen lediglich sechs Wochen betrug. Auch wurden beispielsweise in der Studie von Koch et al. andere Scores zur Bewertung der Einschränkungen von Aktivitäten des täglichen Lebens genutzt, welche möglicherweise sensitiver gewesen wären [22].

4.6. Performance Oriented Mobility Assessment (POMA-Score)

Der POMA-Score eignet sich besonders zur Detektion von sturzgefährdeten Patienten. Er verfügt über eine hohe Reliabilität und Validität. Verbesserte sich der POMA-Score eines Patienten, so verbesserte sich auch dessen Alltagsmobilität [28]. Mittels dieses Scores waren stark sturzgefährdete Patienten schon vor der Untersuchung auf der Balance-Plattform erkennbar und es konnten somit unnötige Risiken vermieden werden. Dies war bei keinem unserer Patienten der Fall. Da der POMA-Score sich laut der Studie „Sturzrisiko erkennen“ von D. Marks von 2006 [28] im Gegensatz zum Harris Hip Score nicht zur Verlaufskontrolle und Beurteilung des Outcomes nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese eignet, haben wir auf eine genauere Unterteilung und Beurteilung der Ergebnisse, wie sie bei OSI und Harris-Hip-Score erfolgt ist, verzichtet. Wir konnten eine leichte Verbesserung des POMA-Scores nach der Implantation der Hüft-Totalendoprothese erkennen. Van Uden fand dazu passend in seiner Dissertation zum „Einfluss geringer körperlicher Belastung

auf die posturale Stabilität bei älteren Personen“ heraus, dass gute POMA-Scores mit besseren CDP-Werten einherzugehen scheinen [55].

4.7. Probandenbeurteilung der funktionellen Hüftgelenksbandage

Die Bewertung der funktionellen Hüftgelenksbandage erfolgte im Rahmen einer Subgruppenanalyse und sollte untersuchen, ob das Tragen der Bandage einen positiven Einfluss auf das Outcome nach Hüft-Totalendoprothese hat. Der Einfluss der Bandage auf die Stabilitätswerte und den Harris-Hip-Score wird in den entsprechenden Kapiteln separat behandelt.

Ein wesentlicher Punkt bei der Beurteilung der Bandage war die Bewertung von Schmerzen und Instabilität. Diese wurden mittels einer visuellen Analogskala eine Woche postoperativ erhoben. In Bezug auf den Schmerz wurde deutlich, dass die Probanden, die postoperativ eine funktionelle Hüftgelenksbandage erhalten haben, beim Tragen der Bandage mehr Schmerzen hatten als die Gruppe, die mit herkömmlichem Verbandmaterial versorgt wurde. Wenn die funktionelle Hüftgelenksbandage nicht getragen wurde, hatte die Gruppe allerdings weniger Schmerzen als die Kontrollgruppe. Die vermehrten Schmerzen beim Tragen der Bandage sind vermutlich auf den Druck zurückzuführen, den die Bandage auf die frische Operationswunde ausübt. Zumal diese, wenn sie richtig angelegt wurde, straff zum Liegen kam und durch Kompression die postoperative Schwellung einschränken sollte. Betrachtet man die Stabilität, so konnten beispielsweise Palm et al. für das Tragen von funktionellen Bandagen am Knie nach Meniskusverletzungen eine erhöhte Stabilität nachweisen [35]. Auch Friemert et al. konnten 2015 eine verbesserte Stabilität durch funktionelle Kniegelenksbandagen bei Patienten mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes nachweisen [12]. Ähnliches konnten Jerosch et al. bereits 1994 für das Obere Sprunggelenk nachweisen [20]. Deborah Hegele konnte 2018 in ihrer Dissertation zum Thema „Der Einfluss von Sprunggelenksbandagen auf die posturale Stabilität und die Propriozeption bei längerer Anwendung“ zeigen, dass das Tragen einer Sprunggelenksbandage zu einer signifikanten Zunahme der posturalen Stabilität beider Beine führt [15].

Auch in unserer Studie wurde deutlich, dass die funktionelle Hüftgelenksbandage einen großen Einfluss darauf hat. So fühlte sich das operierte Gelenk für die

Probanden beim Tragen der Bandage deutlich weniger instabil an, als wenn sie die Bandage nicht trugen. Auch gegenüber der Kontrollgruppe ist eine deutlich höhere subjektive Stabilität erkennbar. Die funktionelle Hüftgelenksbandage scheint also dem Patienten ein Gefühl der Stabilität zu geben, dieses war im Vergleich der Visuellen Analogskalen objektivierbar. Auch die Mehrheit der Probanden der Kontrollgruppe konnte sich vorstellen, dass eine Bandage die Stabilität verbessert.

Trotz der erhöhten Stabilisierung des Gelenkes schien die Bandage das Gelenk nicht in eine bestimmte Position zu mobilisieren. Die Probanden verspürten keinen Zug am Gelenk in eine bestimmte Richtung. Eine Positionierung des Gelenkes durch die funktionelle Hüftgelenksbandage in falscher Flexion-, Extension-, Adduktion-, Abduktion-, Innen- oder Außenrotationsstellung erfolgt demnach nicht. Auch die Kontrollgruppe konnte durch herkömmliches Verbandsmaterial keine Zugtendenz am Gelenk feststellen.

Wichtig für den täglichen Umgang und somit die Praktikabilität der Bandage war die Erfassung von Faktoren wie Gewicht, Umgang, Aussehen und Tragekomfort der Bandage. Hierbei zeigte sich, dass Gewicht, Aussehen und Tragekomfort den Probanden durchaus angenehm waren. Allerdings war der Umgang mit der Bandage für viele schwierig und wurde dementsprechend schlecht bewertet. Die Ursache hierfür ist im komplexen Aufbau der Bandage zu finden. Die Bandage muss hinter dem Rücken herumgeführt und richtig positioniert werden. Es müssen verschiedene Klettverschlüsse in einer bestimmten Reihenfolge geschlossen werden und dabei darauf geachtet werden, dass die Bandage straff genug anliegt. Für frisch operierte Patienten, die in ihrer Beweglichkeit eingeschränkt sind, ist dies eine nicht leicht zu lösende Aufgabe und erfordert oft die Hilfe von Pflegepersonal oder Angehörigen. Um ständiges An- und Ausziehen der Bandage beim Gang auf die Toilette zu verhindern, trugen viele Probanden die Bandage unter der Unterwäsche. Hierbei wurde bemängelt, dass die Kanten der Bandage unangenehm in die Haut einschnitten.

Wir fanden folglich Hinweise, die die Ergebnisse von Palm et al. [37] und Friemert et al. [12] untermauern. Wir konnten auch für die funktionelle Hüftbandage zeigen, dass diese einen positiven Einfluss auf die subjektiv empfundene Stabilität des operierten Gelenkes zu haben scheint. Dieser war jedoch nicht durch die Messung mittels computergestützter dynamischer Posturographie als Einfluss auf das Gleichgewicht objektivierbar.

4.8. Limitationen

Die Anzahl der von uns untersuchten Patienten blieb mit 16 Patienten hinter unseren Erwartungen zurück. Im Vergleich dazu wurden in anderen Studien deutlich mehr Probanden untersucht. So waren es bei Calò et al. [7] 23 Patienten, bei Nallegowda et al. [32] und bei Warenczak et al. [56] waren es jeweils 30 Probanden. In Rücksprache mit dem Institut für Biometrie der Universität Ulm wurde daher beschlossen, aufgrund fehlender Aussagekraft auf die Berechnung von Signifikanzen zu verzichten. Stattdessen wurde ein rein deskriptives Vorgehen empfohlen und umgesetzt.

Zudem ergab sich bei der Interpretation der OSI-Werte die Schwierigkeit, dass in der Literatur kein Normwert für Patienten mit Koxarthrose vorhanden ist. Es wurde daher auf die von Strobel et al. [49], sowie Palm et al. [36] erhobenen Werte zurückgegriffen, die aber jeweils an gesunden Probanden erhoben wurden.

Einschränkend muss zum Einfluss der funktionellen Hüftbandage zudem angemerkt werden, dass die postoperative Messung schon sechs Wochen nach Implantation erfolgt ist, obwohl laut Literatur die Bandage mindestens drei Monate getragen werden sollte [16]. Diese Dauer soll laut Literatur gewährleisten, dass durch die narbige Schrumpfung der hüftumspannenden Weichteile eine ausreichende Gelenkstabilität gegeben ist. Labanca et al. fanden zudem heraus, dass Patienten auch noch bis zu fünf Jahre nach Implantation einer Hüft-Totalendoprothese Einschränkungen in Balance und Propriozeption aufweisen können [25].

5. Zusammenfassung

Ziel dieser prospektiven, klinischen Studie war es, zu untersuchen, ob die Implantation einer Hüft-Totalendoprothese einen Einfluss auf das Gleichgewicht hat, der sich mittels computergestützter dynamischer Posturographie (CDP) messen lässt. Hierzu wurden 30 Patienten der Unfallchirurgie und Orthopädie des Bundeswehrkrankenhauses Ulm untersucht, von denen 16 postoperativ nachuntersucht werden konnten. Aufgrund der Fallzahl erfolgte eine deskriptive Auswertung ohne Angabe von Signifikanzen.

Die statischen und dynamischen Messungen mittels CDP erfolgten mit geöffneten und geschlossenen Augen am Tag vor der Implantation einer Hüft-Totalendoprothese, eine Woche danach und sechs Wochen postoperativ. Wir konnten dabei Hinweise darauf finden, dass sich das Gleichgewicht – gemessen am Overall-Stability-Index (OSI) der CDP – durch die Implantation der Hüft-Totalendoprothese verbessert.
Entgegen vorherigen Studien ließ sich dabei jedoch kein Einfluss von Geschlecht, dem Alter (> oder < 72 Jahre) oder dem Body-Mass-Index (BMI 18-25 kg/², BMI 25-30 kg/m² und BMI > 30 kg/m²) erkennen.
Die Verbesserung trat insbesondere bei den dynamischen Messungen mit geschlossenen Augen zu Tage. Hierbei zeigten alle untersuchten Gruppen unabhängig von Geschlecht, Alter, BMI, Schmerz und dem Tragen einer funktionellen Hüftbandage präoperativ pathologisch erhöhte OSI-Werte, wenn man die in der Literatur vorliegenden Normwerte zum Vergleich zugrunde legt.
Weniger eindeutig waren die Ergebnisse der statischen Messungen. Insgesamt zeigten sich fast alle gemessenen Werte der statischen Messungen mit geschlossenen und geöffneten Augen unabhängig von Geschlecht, Alter, BMI, Schmerz und dem Tragen einer funktionellen Hüftbandage sowohl prä- als auch postoperativ im pathologischen Bereich. Ausnahmen hiervon bildeten einzelne präoperative Messungen wie die statische Messung mit geöffneten Augen der Frauen, die statische Messung mit geöffneten Augen der Gruppe B (BMI 25-30 kg/m²) und Gruppe C (BMI > 30 kg/m²), sowie die statische Messung mit geöffneten Augen der Gruppe mit wenig Schmerzen. Die Gruppe der Frauen zeigte postoperativ gar verschlechterte Werte in der statischen Messung mit geschlossenen Augen, genau wie die Gruppe der Patienten < 72 Jahren. Ebenso fanden sich unabhängig

vom BMI in der statischen Messung postoperativ in allen drei BMI-Vergleichsgruppen postoperativ verschlechterte OSI-Werte, was sich im Vergleich des OSI nach Schmerz und dem Tragen einer funktionellen Hüftbandage fortsetzte. Im Vergleich des OSI aller Probanden fand sich keine Veränderung in der Messung mit geöffneten Augen, die OSI-Werte in der statischen Messung mit geschlossenen Augen zeigten jedoch eine Verbesserung.

Ergänzend zur CDP wurde der Harris-Hip-Score prä- und postoperativ erhoben, sowie auf den Einfluss von Geschlecht, Alter, BMI und das Tragen einer elastischen Hüftbandage untersucht. Der Harris Hip Score verbesserte sich bei allen Probanden nach der Operation deutlich, auch hier war kein Einfluss von Geschlecht, Alter oder BMI erkennbar. Die deutlichste Verbesserung fand sich in der Bewertung der Schmerzen. Diese nahmen postoperativ auch nach Absetzen jeglicher Schmerzmedikation deutlich ab.

Des Weiteren wurden das Tinetti Performance Oriented Mobility Assessment (POMA-Score) durchgeführt und der Barthel-Index prä- und postoperativ erhoben. Die Bestimmung des POMA-Scores diente hauptsächlich der Einschätzung der Sturzgefahr vor und nach der Implantation der Hüft-Totalendoprothese. Auch hier zeigte sich eine leichte Verbesserung der Werte postoperativ, was auf eine Verbesserung des Gleichgewichts und des Ganges, schließen lässt.

Eine Einschätzung der Patienten mittels Barthel-Index ergab prä- und postoperativ unveränderte Werte. Die Patienten wiesen im Barthel-Index prä- und postoperativ keine Einschränkungen auf.

Die Subgruppenanalyse zum Tragen einer funktionellen Hüftgelenksbandage ergab, dass diese eine subjektive Verbesserung der Stabilität bietet, die allerdings nicht mittels computergestützter dynamischer Posturographie objektiviert werden konnte. Außerdem scheint die Stabilisierung durch die starke Kompression mit höheren Schmerzen einherzugehen. Aussehen, Gewicht und Tragekomfort der funktionellen Hüftgelenksbandage wurden von den Probanden als positiv und angenehm empfunden. Dahingegen gestaltete sich der Umgang mit der Bandage für viele Probanden aufgrund der Komplexität der Bandage als schwierig und wurde dementsprechend schlecht bewertet.

6. Literaturverzeichnis

[**1**] Al-Shenqiti AM, Emara HA, Algarni FS, Khaled OA. Isokinetic trunk muscle performance in adolescents with different body mass indices. *Journal of Taibah University Medical Sciences*. 2021;16:550-557.

[**2**] Altman R. The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip. *Arthritis and Rheumathology*. 1991;34:505-514.

[**3**] Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the Biodex Stability System. *Journal of athletic training*. 1998;33:323.

[**4**] Behrends JC, Bischofsberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, Hoth M, Kurtz A, Leipziger J, Müller F, Pedain C, Rettig J, Wagner C, Wischmeyer E. *Physiologie: 93 Tabellen. Duale Reihe*. Stuttgart: Thieme; 2010.

[**5**] Böer J. *Charakterisierung des Balanceverhaltens von Gesunden, Hüft- und Kniepatienten auf dem Posturomed*. [Medizinische Dissertation]. Tübingen: Medizinische Fakultät; 2006.

[**6**] Bouwstra H, Smit E, Wattel E. Measurement Properties of the Barthel Index in Geriatric Rehabilitation. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2019;20:420-425.

[**7**] Calò L, Rabini A, Picciotti PM, Laurino S, Passali GC, Ferrara PE, Maggi L. Postural Control in Patients with Total Hip Replacement. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2009;45:327-334.

[**8**] Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M. AE-Manual der Endoprothetik. In: Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012:6-14.

[**9**] Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie. *S2k-Leitlinie Koxarthrose (AWMF-Registernummer 033-001)*; 2019. https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/033-001.html. Accessed June 13, 2022.

[**10**] Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V. *Evidenz- und konsensbasierte Indikationskriterien zur Hüfttotalendoprothese bei Coxarthrose*

(EKIT-Hüfte): S3-Leitlinie; 2021. https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-001.html. Accessed June 13, 2022.

[**11**] Engelhardt LV von, Jerosch J. Bildgebende Diagnostik der Arthrose im klinischen Alltag. *Deutscher Ärzte-Verlag*. 2015;5:252-257.

[**12**] Friemert B, Brattinger F, Stegmüller B, Achatz G, Riesner H-J, Palm H-G. Kann die stabile Standfähigkeit nach Verletzungen des vorderen Kreuzbandes durch das Tragen funktioneller Bandagen erhöht -werden? *Wehrmedizinische Monatsschrift*. 2015;6-7:182-189.

[**13**] Fuchs J, Rabenberg M, Scheidt-Nave C. Prävalenz ausgewählter muskuloskelettaler Erkrankungen: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2013;56:678-686.

[**14**] Haan R de, Limburg M, Schuling J, Broeshart J, Jonkers L, van Zuylen P. Clinimetric evaluation of the Barthel Index, a measure of limitations in dailly activities. *Nederlands Tijdschrift Voor Geneeskunde*. 1993;137:917-921.

[**15**] Hegele D. *Der Einfluss von Sprunggelenksbandagen auf die posturale Stabilität und die Propriozeption bei längerer Anwendung*. [Medizinische Dissertation]. Ulm: Bundeswehrkrankenhaus Ulm; 2019.

[**16**] Heisel J. Rehabilitation bei orthopädischen Hüftproblemen. *OUP (Oxford University Press*. 2013;7:12. Juli 2016-371-78.

[**17**] Hucke M, Leiss H, Machold K. Arthrose - Klinik - Diagnostik - Management. *Wien. Klin.Wochenschr. Educ*. 2016:11-22.

[**18**] Hüter-Becker A, Aly M. *Physiotherapie in der Pädiatrie: 41 Tabellen.* 2., Überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2010.

[**19**] Hüter-Becker A, Dölken M. *Untersuchen in der Physiotherapie: 44 Tabellen.* 2., Überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011.

[**20**] Jerosch J, Bischof M. Der Einfluß der Propriozeptivität auf die funktionelle Stabilität des oberen Sprunggelenkes unter besonderer Berücksichtigung von Stabilisierungshilfen. *Sportverletzung Sportschaden*. 1994;8:111-121.

[**21**] Kladny B, Albrecht C, Haase I, Swoboda B. Stationäre Rehabilitation nach Hüftendoprothetik-eine Verlaufsbeobachtung mit dem Harris-Hip-Score. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*. 2001;319:536-540.

[**22**] Koch K, Finkbeiner G-F, Wirbel R, Pohlemann T. Alltagsaktivität nach Hüftendoprothesen in Abhängigkeit von der Ausgangssituation oder dem Reha-Konzept - eine Behaviour-Studie. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*. 2008;18:122-126.

[**23**] König B, Reinhardt D, Schuster H-P, eds. *Kompendium der praktischen Medizin*. Berlin: Springer; 2001.

[**24**] Kwak H, Cho J, Kim J, Yoo J, Kim H. Intermittent Pneumatic Compression for the Prevention of Venous Thromboembolism after Total Hip Arthroplasty. *Clinics in Orthopedic Surgery*. 2017;9:37-42.

[**25**] Labanca L, Ciardulli F, Bonsanto F, Sommella N, Di Martino A, Benedetti MG. Balance and proprioception impairment, assessment tools, and rehabilitation training in patients with total hip arthroplasty: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2021;22:1055.

[**26**] Leegwater N, Willems J, Brohet R, Nolte P. Cryokompression therapy after elektive arthroplasty of the hip. *Hip International*. 2012;22:527-533.

[**27**] Majewski M, Bischoff-Ferrari HA, Grüneberg C, Dick W, Allum, J. H. J. Improvements in Balance after Total Hip Replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2005;British Volume 87:1337-1343.

[**28**] Marks D. Sturzrisiko erkennen. *physiopraxis*. 2006;4. Jg:32-33.

[**29**] Mat S, Ng CT, Tan MP. Influence of hip and knee osteoarthritis on dynamic postural control parameters among older fallers. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2017:258-263.

[**30**] Mechlenburg I, Knak J, Mosegaard SB, Axelsen M, Krarup Jensen N, Hansen TB, Stilling M. Effectiveness of a bandage to prevent re-dislocation after total hip arthroplasty in patients with a previous hip dislocation. A randomized controlled trial with 12-week follow-up. *Clinical rehabilitation*. 2022;36:767-775.

[**31**] Mohammadi R, Hafez Yosephi M, Khanmohammadi R, Grampurohit N. Short-term Effects of Elastic Therapeutic Taping on Static and Dynamic Balance in Chronic Stroke. *Basic and clinical neuroscience*. 2021;12:541-550.

[**32**] Nallegowda M, Singh U, Bhan S, Wadhwa S, Handa G, Dwivedi SN. Balance and Gait in Total Hip Replacement: A Pilot Study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2003;82:669-677.

[**33**] Palm HG, Brattinger F, Stegmueller B, Achatz G, Riesner HJ, Friemert B. Effects of knee bracing on postural control after anterior cruciate ligament rupture. *The Knee*. 2012;19:664-671.

[**34**] Palm HG, Schlumpberger S, Riesner HJ, Friemert B, Lang P. Der Einfluss einer VKB-Plastik auf die stabile Standfähigkeit: Ein prä- und postoperativer Vergleich. *Unfallchirurg*. 2015;118:527-534.

[**35**] Palm H-G, Laufer C, Achatz G, Lübken F von, Friemert B. Verbessern Kniebandagen die posturale Standfähigkeit bei Meniskusverletzungen? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2010;61:40-44.

[**36**] Palm H-G, Lang P, Strobel J, Riesner H-J, Friemert B. Computerized Dynamic Posturography: The Influence of Platform Stability on Postural Control. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2014;93:49-55.

[**37**] Palm H-G, Uhl S, Zollo M, Lang P, Friemert B, Riesner H-J. Einfluss der periduralen Infiltrationstherapie auf die posturale Kontrolle bei chronischem Schmerz der unteren Lendenwirbelsäule – eine prospektive klinische Untersuchung. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2016;154:583-590.

[**38**] Pape HC, Kurtz A, Silbernagl S, eds. *Physiologie.* 7. Auflage: Georg Thieme Verlag; 2014.

[**39**] Parraca JA, Olivares PR, Carbonell-Baeza A, Aparicio VA, Adsuar JC, Gusi N. Test-Retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2011;6:444-451.

[**40**] Rabenberg M. *Arthrose Gesundheitsberichterstattung des Bundes*. Berlin: Robert-Koch-Institut. 2013.

[**41**] Rehart S, Henniger M. Konzeptionelle Therapieansätze bei Arthrose. *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*. 2007;132:1897-1900.

[**42**] Reijman M, Hazes, J. M. W., Pols, H. a. P., Bernsen, R. M. D., Koes BW, Bierma-Zeinstra, S. M. A. Validity and Reliability of Three Definitions of Hip Osteoarthritis: Cross Sectional and Longitudinal Approach. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2004;63:1427-1433.

[**43**] Rothfusz CA, Emara AK, McLaughlin JP, Molloy RM, Krebs VE, Piuzzi NS. Wound Dressings for Hip and Knee Total Joint Arthroplasty: A Narrative Review. *JBJS reviews*. 2021;9.

[**44**] Schülein S, Pflugrad L, Petersen H, Lutz M, Volland-Schüssel K, Gaßmann K-G. German translation of the performance-oriented mobility assessment according to Tinetti. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. 2016:1-8.

[**45**] Smith TO, Pearson M, Latham SK. Are people following hip and knee arthroplasty at greater risk of experiencing a fall and fracture? Data from the Osteoarthritis Initiative. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2016;136:865-872.

[**46**] Söderman P, Malchau H. Is the Harris Hip Score System Useful to Study the Outcome of Total Hip Replacement? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2001:189-197.

[**47**] Soliman E, Shousha T, Alayat M. The effect of pain severity on postural stability and dynamic limits of stability in chronic low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2017;30:1023-1029.

[**48**] Statistisches Bundesamt. *Gesundheit - Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der*

vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern. Wiesbaden; 2015. https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00018414/2120640147004_akt11012016.pdf. Accessed August 8, 2016.

[**49**] Strobel J. *Reliabilitätsprüfung des Biodex Balance Systems*. [Medizinische Dissertation]. Ulm: Medizinische Fakultät der Universität Ulm; 2009.

[**50**] Tan B, Xiao C, Cheng M, Zhu Z, Liao F, Lu B, Yuan J, Wei D, Lv B, Zhu J, Huang C, Tang X, Hu J. A systematic review and meta-analysis of elastic stockings for prevention of thrombosis after orthopedic surgery. *Annals of palliative medicine*. 2021;10:10467-10474.

[**51**] Tan M, Wu T, Guo J, Zhang C, Fan Z, Guo X. Hemostasis effect of compression dressing therapy after total hip replacement. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2016;30:416-420.

[**52**] Trepel M. *Neuroanatomie: Struktur und Funktion.* 4., Neu bearb. Aufl., [Nachdr.]. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2009.

[**53**] Truszczyńska A, Drzał-Grabiec J, Rąpała K, Gmitrzykowska E. Postural stability in patients with osteoarthritis of the hip. Pilot study. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja*. 2013;15:567-573.

[**54**] Tütüncüler E, Ök N, Güngör HR, Bayrak G, Şavkın R, Büker N. A comparison of balance and fall risk in patients with unilateral and bilateral total knee arthroplasty. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2021.

[**55**] van Uden C. *Einfluss geringer körperlicher Belastung auf die posturale Stabilität bei älteren Personen*. [Medizinische Dissertation]. Ulm: Medizinische Fakultät der Universität Ulm; 2014.

[**56**] Wareńczak A, Lisiński P. Does total hip replacement impact on postural stability? *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2019;20:229.

[**57**] Wykman A, Goldie I. Postural Stability after Total Hip Replacement. *International Orthopaedics*. 1989;13:235-238.

[**58**] Yılmaz N, Bağcıer F. The Evaluation of Postural Stability and Fall Risk in Patients with Primary Hip Osteoarthritis. *Indian journal of orthopaedics*. 2022;56:263-270.

[**59**] Zeeh J. Das Sturzrisiko sicher beurteilen Bewahren Sie Ihre Bewohner vor Stürzen. *Heilberufe, Springer Medizin*. 2016;68:30-32.

[**60**] Zeeh J, Reinhardt Y, Heppner HJ. Risiko Gebrechlichkeit Stürze im Alter. *MMW - Fortschritte der Medizin*. 2017;159:52-58.

7. Anhang

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Erfassungsbogen wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Dokument wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Dokument wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

Dokument wurde aus Gründen des Urheberrechts entfernt.

8. Danksagung

Die Danksagung wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.

9. Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.