

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Muskuloskelettales Universitätszentrum München (MUM)

Klinikum der Universität München

Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker

**Postoperative Mobilitätsanalysen in der Orthopädie und
Unfallchirurgie**

Als kumulative Habilitationsschrift
für das Fach Orthopädie und Unfallchirurgie

der medizinischen Fakultät



vorgelegt von
Dr. med. Daniel Pfeufer

München 2024

INHALTSVERZEICHNIS:

| | |
|---|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 3 |
| 2. TEILPROJEKTE DER HABILITATION UND BEDEUTUNG FÜR DAS FACHGEBIET | 8 |
| 2.1 WEIGHT-BEARING RESTRICTIONS REDUCE POSTOPERATIVE MOBILITY IN ELDERLY HIP FRACTURE PATIENTS | 8 |
| 2.2 CEMENT AUGMENTATION OF THE PROXIMAL FEMUR NAIL ANTIROTATION (PFNA) IS ASSOCIATED WITH ENHANCED WEIGHT-BEARING IN OLDER ADULTS | 11 |
| 2.3 INABILITY OF OLDER ADULT PATIENTS WITH HIP FRACTURE TO MAINTAIN POSTOPERATIVE WEIGHT-BEARING RESTRICTIONS. | 13 |
| 2.4 LOAD-BEARING DETECTION WITH INSOLE-FORCE SENSORS PROVIDES NEW TREATMENT INSIGHTS IN FRAGILITY FRACTURES OF THE PELVIS | 15 |
| 2.5 THE GRADE OF INSTABILITY IN FRAGILITY FRACTURES OF THE PELVIS CORRELATES WITH IMPAIRED EARLY MOBILIZATION | 18 |
| 2.6 IMMEDIATE POSTOPERATIVE IMPROVEMENT IN GAIT PARAMETERS FOLLOWING PRIMARY TOTAL KNEE ARTHROPLASTY CAN BE MEASURED WITH AN INSOLE SENSOR DEVICE | 20 |
| 2.7 MOBILITY IMPROVEMENT IN THE FIRST 6 POSTOPERATIVE WEEKS IN ORTHOGERIATRIC FRACTURE PATIENTS | 23 |
| 2.8 IDENTIFICATION OF HIP FRACTURE PATIENTS AT RISK FOR POSTOPERATIVE MOBILISATION COMPLICATIONS VIA HANDGRIP STRENGTH ASSESSMENT | 24 |
| 3. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK | 26 |
| 4. LISTE DER ZUR KUMULATIVEN HABILITATION BEITRAGENDEN VERÖFFENTLICHUNGEN | 29 |
| 5. LITERATURVERZEICHNIS | 31 |
| 6. ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 35 |
| 7. ANHANG | 36 |
| 7.1. <i>GESAMTVERZEICHNIS WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN EINSCHLIEßLICH VORTRAGSVERZEICHNIS</i> | 36 |
| 7.2. <i>ORIGINALARBEITEN ALS ERST- ODER LETZTAUTOR</i> | 36 |
| 7.3. <i>ORIGINALARBEITEN ALS KO-AUTOR</i> | 39 |
| 7.4. <i>ZITIERFÄHIGE ABSTRACTS VON VORTRÄGEN & KONGRESSBEITRÄGEN</i> | 41 |
| 7.5 <i>POSTER</i> | 43 |
| 7.6 <i>LEBENS LAUF</i> | 46 |
| 8 DANKSAGUNG | 49 |

1. Einleitung

Eingeschränkte Mobilität ist für geriatrische Patienten in der Unfallchirurgie eine ernsthafte Bedrohung. Für orthopädische Patienten hingegen ist das Wiedererlangen der vollen Mobilität eines der wichtigsten Rehabilitationsziele nach einer endoprothetischen Versorgung. In beiden Patientenkollektiven ist die frühe postoperative Mobilität somit ein wichtiger Faktor.

Die reduzierte Mobilität stellt eine erhebliche Bedrohung für das Überleben von Hüftfrakturpatienten dar [6]. Besonders ältere Patienten profitieren von frühzeitiger Mobilisation ohne Einschränkung der Belastung. Insbesondere prolongierte Bettruhe sowie Limitationen der Mobilisierung führen zu Komplikationen wie Harnwegsinfektionen, Lungenentzündungen, Druckulzerationen oder Thrombosen der unteren Extremität [5,26]. Zu beachten ist, dass geriatrische Patienten einen Verlust von Muskelmasse nur schwer wieder aufholen können und bereits eine kurzzeitige Immobilisation zu einem erheblichen Verlust von Muskelmasse führen kann [29]. Somit ist gerade in der frühen postoperativen Phase die Mobilisierung von erheblicher Bedeutung.

Alterstraumatologische Patienten, welche eine proximale Femurfraktur oder Beckenfraktur erleiden, haben ein doppelt so hohes Risiko eine weitere Fraktur zu erleiden und die Mortalität ist erheblich erhöht [25]. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Angst vor Stürzen welche Patienten immobilisiert und somit ihre Lebensqualität und körperliche Leistungsfähigkeit weiter reduziert [11].

Der optimale Zeitpunkt für eine operative Stabilisierung und wie lange die konservative Mobilisierung angestrebt werden sollte ist aktuell besonders bei Beckenfrakturen in der Literatur unklar. Es existiert eine Vielzahl von verschiedenen Operationsverfahren in der Literatur, welche teilweise die Versorgung von Beckenring- und Acetabulumfrakturen diskutieren. Jedoch ist der Operationszeitpunkt und die Implantat-Kombination meist eine Einzelfallentscheidung. Eine postoperative Teilbelastung wird in der Literatur von bis zu

25 % der Unfallchirurgen und Orthopäden nach wie vor verordnet [15]. Dass gerade die alterstraumatologischen Patienten hiervon nicht profitieren konnte mittlerweile in mehreren Studien belegt werden [7,20].

Die Anwendung und Durchführbarkeit von Mobilitätsmessungen und besonders Biofeedback Methoden ist im frühen postoperativen Zeitraum in der Orthopädie und Unfallchirurgie noch nicht etabliert [17].

Ganganalysen im perioperativen Zeitraum durchzuführen, stellt im klinischen Alltag eine erhebliche organisatorisch und logistische Aufgabe dar. Hier zeigt sich in der primären endoprothetischen Versorgung der Vorteil des präoperativen Erstkontaktes. Somit kann eine präoperative Baseline für die Ganganalyse definiert werden und eine Verlaufskontrolle über den postoperativen Zeitraum erstellt werden. In der alterstraumatologischen Versorgung hingegen beginnt der Versorgungszeitraum per Definition mit der Fraktur und somit ist keine Baseline zu erheben.

Die örtlichen Gegebenheiten auf den Stationen, körperliche Gebrechlichkeit der Patienten sowie das perioperative Schmerzmanagement erschweren die objektive Erfassung von postoperativer Mobilität erheblich. Absprachen mit den behandelnden Physiotherapeuten, Pflegekräften und den Ärzten müssen engmaschig durchgeführt werden, um überhaupt ein Zeitfenster für eine sinnvolle Analyse zu finden.

Sollten diese Rahmenbedingungen geklärt sein, ist immer noch die Motivation des Patienten ein Einflussfaktor für Gehstrecke und Gehgeschwindigkeit sowie das individuelle Durchhaltevermögen. Dies beeinträchtigt die Reproduzierbarkeit von komplizierten Ganganalysesystemen erheblich.

Daher haben mobile Ganganalysesysteme in den letzten Jahren einen Einzug in der orthopädischen und unfallchirurgischen Versorgung erlebt. Verschiedenste Systeme von Einlegesohlen über Sensoren, welche an Körperoberflächen angeklebt werden oder

Armbandsysteme wie Fitbit kommen zum Einsatz [8]. Jedes System bringt individuelle Stärken und Schwächen bezüglich Anwendbarkeit und Messgenauigkeit mit sich. Zumeist werden vermeintlich einfache Systeme wie die Fitbit Armband von Patienten besser toleriert und über einen längeren Zeitraum getragen. Diese Systeme liefern jedoch gerade in dem erheblich eingeschränkten Gangbild von frisch operierten Patienten keine so qualitativ belastbaren Daten wie zum Beispiel Einlegesohlen.

Ein über die Messung der reduzierten postoperativen Mobilität hinausgehender Ansatz ist die Verwendung von Ganganalysetools zur Optimierung der Rehabilitation. Zum einen kommen Ganganalysetools wie beispielsweise Einlegesohlen bei Hüft- oder Beckenfraktur Patienten zur Mobilitätsüberwachung zum Einsatz. Zum anderen kann ein visuelles oder akustisches Biofeedback über Ganganalysetools gegeben werden [17]. Vielversprechende Ansätze hierzu lassen sich in erster Linie im orthopädisch endoprothetischen Setting erstellen, da hier wesentlich einfachere Gangbilder vorliegen und eine präoperative Baseline erhoben werden kann.

Das Gangbild eines arthrotischen Schonhinkens im Knie- oder Hüftgelenk ist in einer Ganganalyse leichter zu erfassen, da die meisten Patienten ohne Hilfsmittel gehen. Ein äußerst schmerzgeplagter, postoperativer, meist älterer Patient, welcher mittels einer Frakturoendoprothese oder Osteosynthese versorgt wurde und am großen Gehwagen mobil ist, stellt für eine Ganganalyse eine viel größere Herausforderung dar.

Somit sind mehrere der in diesem Habilitationsprojekt verwendeten Versuchsaufbauten in der orthopädischen Primärendoprothetik angesiedelt. Dies bringt den Vorteil des jüngeren und gesünderen Patientenkollektivs und somit einer größeren Adhärenz zur physiotherapeutischen Intervention mit begleitender Ganganalyse.

Beckeninsuffizienzfrakturen (FFP, Fragility Fractures of the Pelvis) nehmen auf Grund des demographischen Wandels und der steigenden Lebenserwartung eine immer größer werdende klinische Relevanz ein. Laut World Health Organisation (WHO) ist die FFP eine

Fraktur, welche durch ein inadäquates Trauma entsteht [30]. Besonders bei geriatrischen Patienten führen diese Frakturen zu einer erheblichen Einschränkung von Lebensqualität und Mobilität [14]. Im klinischen Alltag stellen Patienten mit diesen Frakturen oftmals Herausforderungen dar. FFP entziehen sich weitgehend der Bildgebung und sind oft nur durch ein MRT darstellbar. Eine aufwendige Diagnostik [4] (Röntgen/CT/MRT) und sehr unterschiedliche Therapieoptionen von Analgesie bis hin zu aufwendigen operativen Eingriffen wie der lumbopelvinen Stabilisierung oder navigierten Schraubenosteosynthesen führen häufig zu einem prolongierten Leidensweg der Patienten.

Sowohl verminderte Knochendichte und Knochenmasse als auch Vitamin-D-Mangel führen zu vermehrten Fragilitätsfrakturen [10,13,24] beim vornehmlich weiblichen Patientenkollektiv (ca. 75%)[21].

Ein neues Klassifikationssystem wurde von Rommens und Hofmann entwickelt [22]. Der Grad der Instabilität findet besondere Berücksichtigung im Hinblick auf die Entscheidung ob konservative oder operative Therapieoptionen gewählt werden [24].

Es werden vier Frakturtypen in der FFP Klassifikation unterschieden:

FFP I: isoliert anteriore Beckenringfrakturen ohne Beteiligung der posterioren Strukturen
-> konservative Therapie

FFP II: nicht dislozierte posteriore Beckenringfrakturen-> initialer Versuch einer konservativen Therapie mit Mobilisation und Reevaluation nach 5-7 Tagen-> ggf. auf operative Therapie umschwenken

FFP III: dislozierte, unilaterale posteriore Beckenringfraktur mit Instabilität des anterioren Beckenrings-> tendenziell operative Therapie

FFP IV: dislozierte, bilaterale posteriore Beckenringfraktur-> operative Therapie

Die zeitnahe Mobilisation unter Schmerzbehandlung ist das vordergründige Therapieziel, da alterstraumatologische Patienten durch Immobilisation ein signifikant erhöhtes Mortalitätsrisiko haben [27]. Ein multidisziplinäres Team aus Physiotherapeuten, Geriatern, Pflegekräfte und Chirurgen sollte die Therapieentscheidung mit dem Patienten treffen. Die frühzeitige Entscheidung, ob ein konservatives oder operatives Vorgehen gewählt wird, kann durch frühere Vollmobilisation maßgeblich Folgekomplikationen reduzieren [1]. Hierzu sollte die physiotherapeutische Behandlung unter schmerzabhängiger Vollbelastung erfolgen [14].

Durch die eigenen Arbeiten im Rahmen dieses Habilitationsprojektes, werden diese Fragestellungen adressiert.

Nachfolgend werden die Teilprojekte der Habilitation als Zusammenfassung präsentiert. Die Volltexte der Publikationen können über die jeweiligen Journale bzw. Open-Access bezogen werden.

2. Teilprojekte der Habilitation und Bedeutung für das Fachgebiet

2.1 Weight-bearing restrictions reduce postoperative mobility in elderly hip fracture patients

Pfeufer D, A. Zeller, S. Mehaffey, W. Böcker, C. Kammerlander, C. Neuerburg

Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery DOI : 10.1007/s00402-019-03193-9; AOTS
D-19-00062.1 (IF 2,02)

Zusammenfassung [20]

Einschränkungen der Mobilität stellen nach wie vor eine große Gefahr für das klinische Outcome und die Überlebenschancen von Hüftfrakturpatienten dar. Diese Patienten können eine Teilbelastung nach Hüftfraktur kaum einhalten. Dennoch empfehlen circa 25 % der Orthopäden und Unfallchirurgen postoperativ eine Teilbelastung. Daher haben wir in unserer Arbeitsgruppe diese Studie durchgeführt, um die Auswirkungen von vorgeschriebener Teilbelastung auf die Gesamtmobilität zu beleuchten.

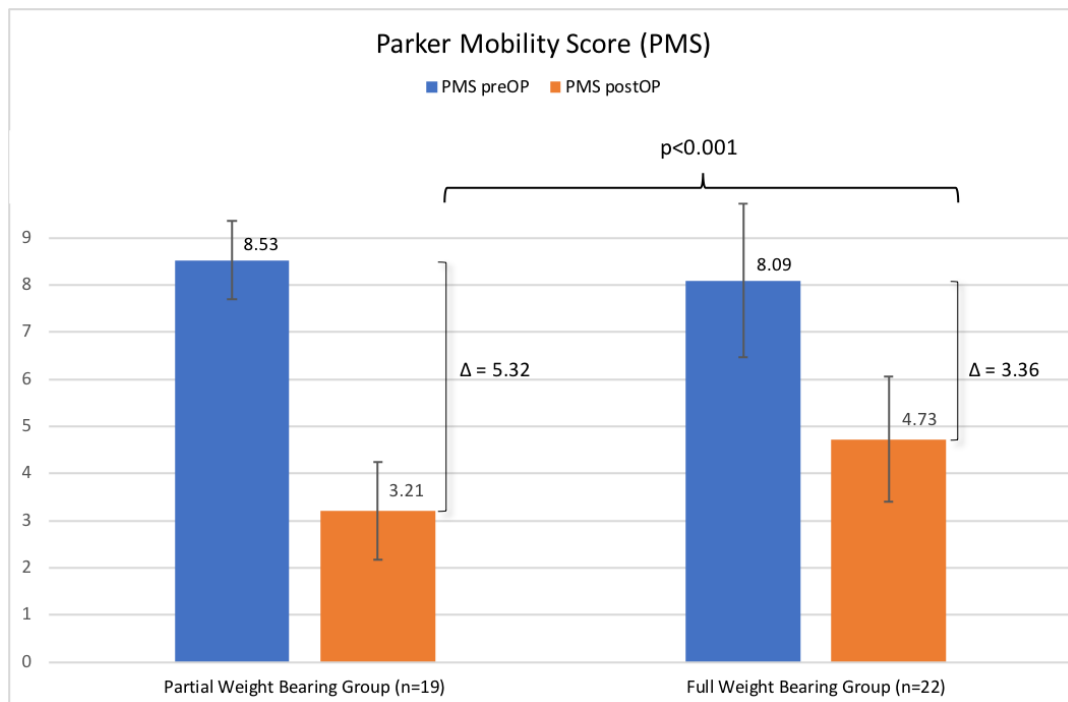


Abbildung 1 zeigt den Parker Mobility Score vor Fraktur und postoperativ für beide Gruppen. Die Teilbelastungsgruppe links fällt signifikant weiter im PMS als die Vollbelastungsgruppe, rechts abgebildet

Es zeigt sich in der Gruppe mit vorgeschriebener Teilbelastung ein signifikant reduzierter Parker Mobility Score, aber kein Unterschied bezüglich der Belastung der betroffenen Extremität.

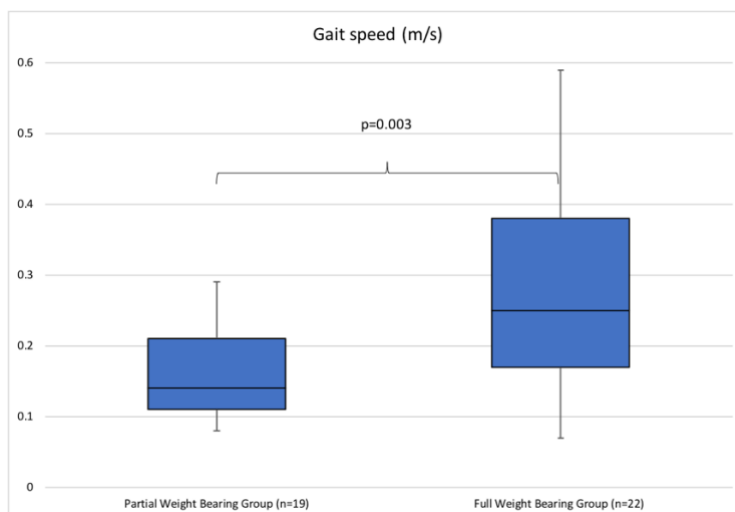


Abbildung 2 zeigt die Gehgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde während der Ganganalyse für die Teil Belastungsgruppe links und Vollbelastungsgruppe auf der rechten Seite abgebildet

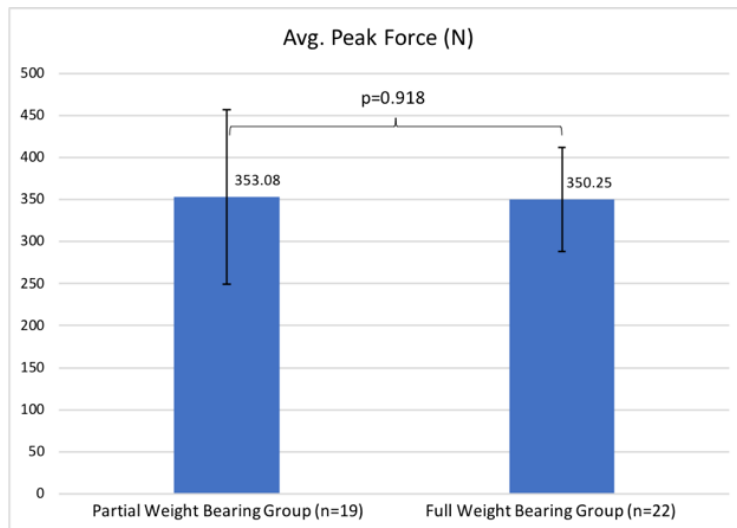


Abbildung 3 zeigt die Belastung auf der betroffenen Seite in Newton für die Teilbelastungsgruppe auf der linken Seite und die Vollbelastungsgruppe auf der rechten Seite abgebildet.

Wir schlussfolgern somit, dass eine Einschränkung der Belastung zu einem Verlust an Mobilität ohne reduzierte Belastung der betroffenen Extremität führt. Daher empfehlen wir postoperative Belastungsbeschränkungen bei alterstraumatologischen Patienten zu vermeiden, um eine frühestmögliche Mobilisation zu ermöglichen.

Diese Arbeit zeigt nicht nur die Wirkungslosigkeit der verordneten Teilbelastung im Hinblick auf den Schutz der Osteosynthese vor Überbelastung, sondern viel mehr auch die negativen Auswirkungen im Hinblick auf die Reduktion der Mobilität. Sowohl Patienten als auch nachbehandelnde Physiotherapeuten sind von einer verordneten Teilbelastung so eingeschränkt, dass der Patient lieber nicht mobilisiert wird als eine denkbare Komplikation durch Osteosyntheseversagen zu riskieren.

2.2 Cement augmentation of the Proximal Femur Nail Antirotation (PFNA) is associated with enhanced weight-bearing in older adults

Keppler A*, **Pfeufer D***, Kau F, Neuerburg C, Böcker W, Kammerlander C Injury, Volume 52, Issue 10, P3042-3046, October 01, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.01.037>, * geteilte Erstautorenschaft (IF 2,35)

Zusammenfassung [9]

Frühe postoperative Mobilisation zeigt einen positiven Einfluss auf Komplikationsrate und Mobilitätsscores bei älteren Patienten mit proximaler Femurfraktur. Die erlaubte Vollbelastung der operierten Extremität ist eine wichtige Grundvoraussetzung für eine gute Mobilisation. In dieser Studie stellten wir die Hypothese auf, dass der proximale Femurnagel antirotation (PFNA) mit Zement Augmentation höhere Belastungskapazitäten im Vergleich zum nicht augmentierten PFNA aufweist.

49 alterstraumatologische Patienten mit proximaler Femurfraktur wurden konsekutiv in die Studie, in einem traumatologischen Klinikum der Maximalversorgung, in einem Pre -Post Studiendesign (Level of evidence 2) eingeschlossen. Eine Studiengruppe von 25 Patienten erhielten den PFNA mit zusätzlicher Zement Augmentation während die Kontrollgruppe von 24 Patienten bei gleicher Fraktur die Osteosynthese mit dem PFNA ohne Zement Augmentation erhielten. Alle Patienten unterzogen sich freiwillig einer Ganganalyse mittels Einlegesensorsohle im unmittelbaren postoperativen Verlauf innerhalb der ersten 5 Tage mittels der loadsol (loadsol®, Novel, Munich, Germany).

Die nicht augmentierte Gruppe hatte ein mittleres Alter von 75,88 Jahren (SD ± 9,62), die zementierte Gruppe hatte ein mittleres Alter von 81,44 Jahren (SD ± 7,77). Die vorwiegende Frakturart war eine pertrochantäre Fraktur für beide Gruppen. Beide Gruppen zeigten kein Unterschied im Hinblick auf ASA-Score - sowie den postoperativen Park Mobility Score. Patienten welche die Zement Augmentation erhielten, zeigten eine signifikant höhere

Belastungsfähigkeit in der postoperativen Ganganalyse. Die Zement augmentierte Gruppe zeigte die Loadingrate von 58,12% im Vergleich zur nicht augmentierten Gruppe mit 43,9%.

In der Schlussfolgerung hatten ältere Patienten mit Proximaler Femurfraktur eine höhere Belastungsfähigkeit in der postoperativen Loadingrate. Besonders gebrechliche Patienten mit schlechter Knochenqualität scheinen von der Augmentation im Hinblick auf eine frühe Mobilisation unter Vollbelastung zu profitieren und somit gegebenenfalls Komplikationen zu reduzieren.

2.3 Inability of Older Adult Patients with Hip Fracture to Maintain Postoperative Weight-Bearing Restrictions.

Kammerlander, C., **Pfeufer, D.**, Lisitano, L.A., Mehaffey, S., Böcker, W., Neuerburg, C., 2018. J. Bone Joint Surg. Am. 100, 936–941. <https://doi.org/10.2106/JBJS.17.01222> (IF 4,8)

Zusammenfassung [7]

Frühe Mobilisation nach Hüftfraktur ist eine der obersten Therapieprinzipien der Alterstraumatologie. Dennoch wird noch immer häufig eine Teilbelastung der betroffenen Extremität verordnet.

Wir möchten mit dieser Studie aufzeigen, dass es älteren Patienten gar nicht möglich ist den Vorgaben des Operateurs bezüglich einer Teilbelastung zu folgen. Somit haben wir eine Vergleichsstudie zwischen jüngeren Patienten mit Sprunggelenksfraktur und älteren

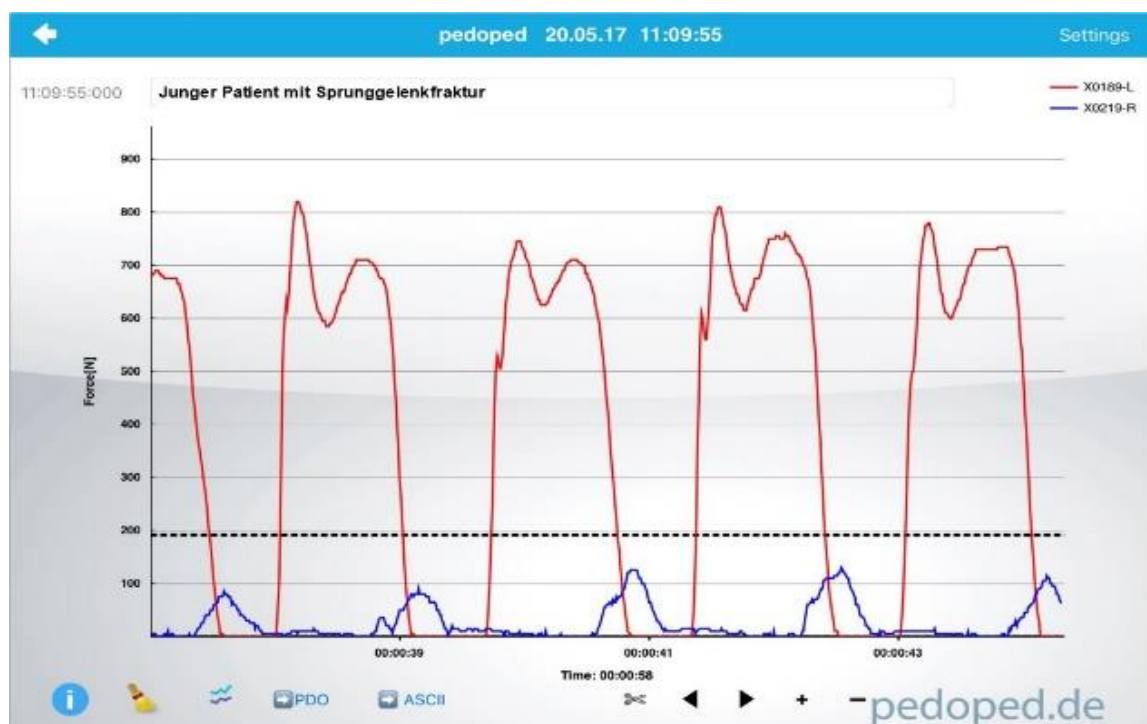


Abbildung 4 zeigt die Pedobarographie eines jüngeren Patienten mit einer Sprunggelenksfraktur. Die betroffene Seite (blauer Graph) bleibt dtl unter der vorgeschriebenen Teilbelastung von 20kg.

Patienten mit Hüftfraktur durchgeführt.

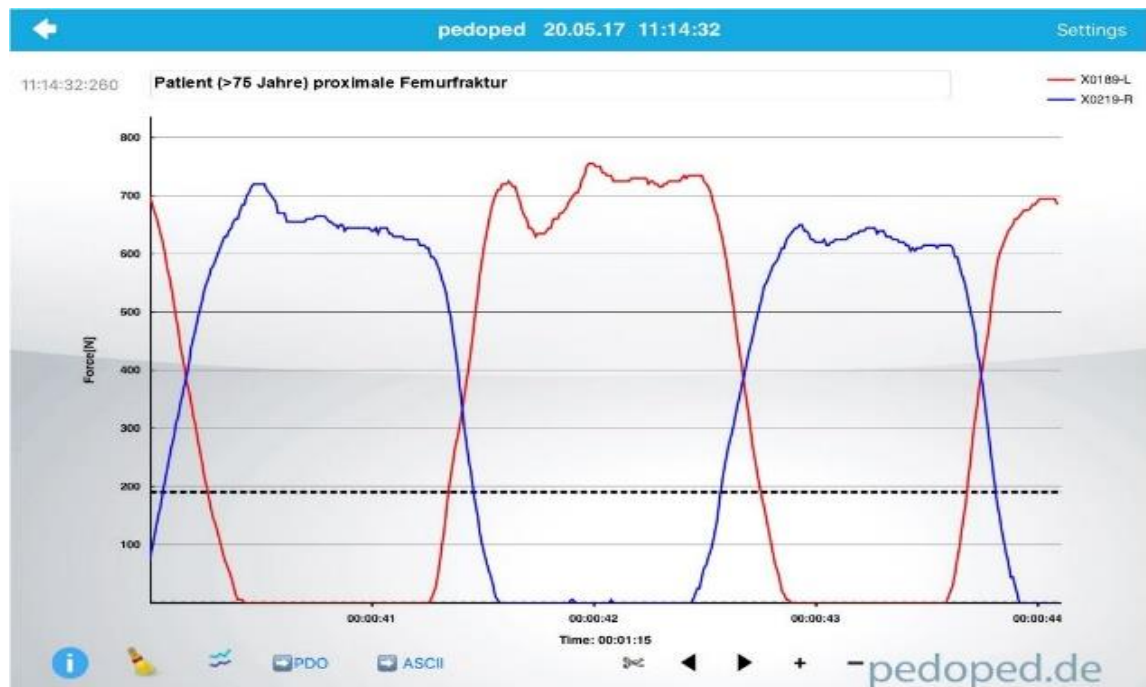


Abbildung 5 zeigt die Pedobarographie eines älteren Patienten mit proximaler Femurfraktur. Die betroffene Seite (blauer Graph) übersteigt die vorgeschriebene Teilbelastung (schwarz gestrichelte Linie) deutlich.

Keiner der älteren Patienten konnte die Teilbelastung postoperativ umsetzen. Hingegen konnten 69 % der jüngeren Patienten in der Kontrollgruppe die Teilbelastung einhalten. Im Hinblick auf frühzeitige Mobilisation glauben wir, dass eine postoperative Teilbelastung in der Alterstraumatologie nicht verordnet werden sollte.

Der Versuchsaufbau teilte das Kollektiv in 2 Gruppen. Gruppe 1 mit Patienten welche an Hüftfrakturen leiden und über 75 Jahre alt sind. Gruppe 2 mit 18-40-jährigen Patienten welche sich eine Sprunggelenksfraktur zugezogen haben. Beide Gruppen wurden durch unsere Physiotherapeuten gleichermaßen instruiert die betroffene Extremität mit einer Belastung von 20 Kilogramm zu belasten. Im Rahmen der standardisiert durchgeführten Nachbehandlung wurde die Pedobarographie mittels Einlegesohlen während der Physiotherapie gemessen und es zeigte sich, dass keiner der älteren Patienten in der Lage war die Vorgaben umzusetzen. Alle Patienten in der jüngeren Vergleichsgruppe konnten die vorgegebene Teilbelastung umsetzen. In der Schlussfolgerung sind ältere Patienten nicht in der Lage Teilbelastungsvorgaben einzuhalten. Da besonders die frühe

Mobilisation in der Alterstraumatologie erheblichen Einfluss auf eine erfolgreiche Mobilisation hat ist es wichtig dies im Nachbehandlungsschema zu berücksichtigen.

2.4 Load-Bearing Detection with Insole-Force Sensors Provides New Treatment Insights in Fragility Fractures of the Pelvis

Pfeufer D, Becker C, Faust L, Keppler A, Stagg M, Kammerlander C, Böcker W, Neuerburg C; Journal of Clinical Medicine, vol. 9, no. 8, Art. no. 8, Aug. 2020, doi: 10.3390/jcm9082551 (IF 4,24)

Zusammenfassung [16]:

Im Rahmen der älter werdenden Gesellschaft sind zunehmend mehr Chirurgen der Versorgung von Fragilitätsfrakturen des Beckens (FFP) gegenübergestellt. Das Ziel der Versorgung sollte die schnellstmögliche Mobilisation unter Vollbelastung sein. Bislang liegen jedoch keine klaren Daten zur Belastung und Fähigkeit der Patienten zu Belastungen von Fragilitätsfrakturen des Beckens vor. In dieser Studie stellten wir die Hypothese auf, dass es Unterschiede in der Belastung je nach Ausprägung des Schweregrades der Fraktur gibt.

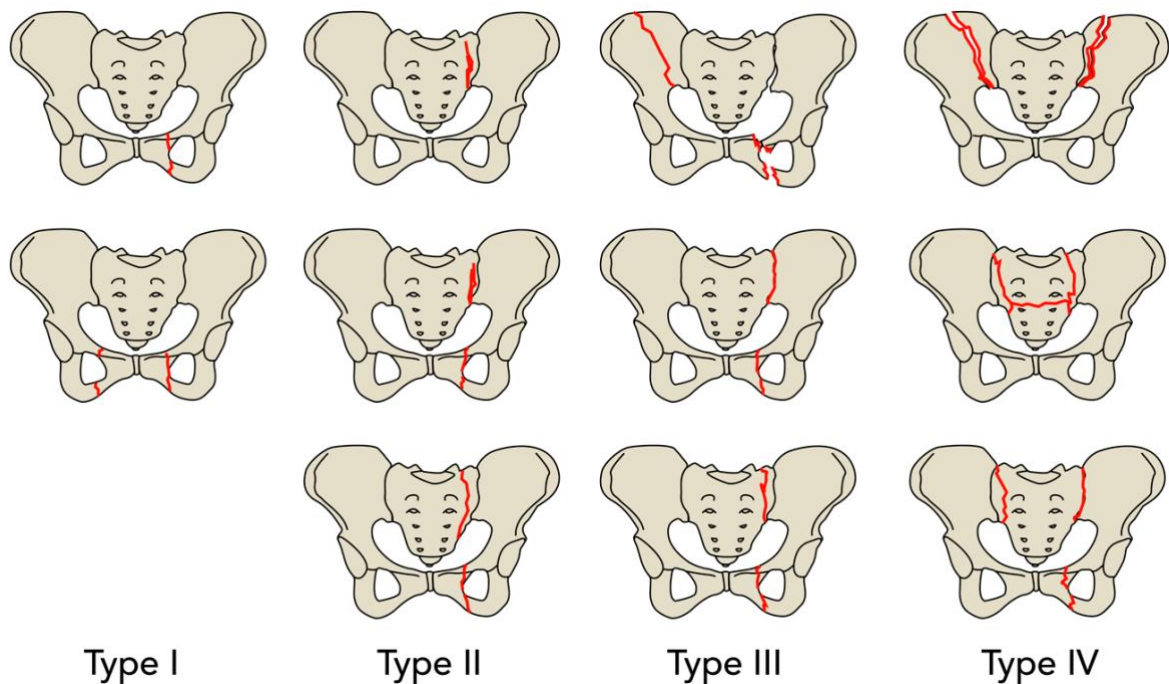


Abbildung 6 Übersicht über das Klassifikationssystem nach Rommens und Hofmann[22]. Die Abbildung ist nach Ueda, Y. et al angepasst [28] und mit freundlicher Genehmigung von Springer Nature 2020 überarbeitet.

Insgesamt wurden 22 Patienten mit einem mittleren Alter von 84,1 Jahren eingeschlossen. Während der Gang-Analyse wurden Einlegesohlen mit einem kapazitiven Flächensensor in die Schuhe gelegt und die Belastung der unteren Extremitäten aufgezeichnet. Besonders die Average Peak Force zeigte Unterschiede in der Mobilisation. So war das betroffene Bein signifikant weniger belastet (59,78%, Standardabweichung 16,15% des Körpergewichts im Vergleich zu 73,22% Standardabweichung 14,84%; $P < 0,01$, Effektstärke $r = 0,58$). Unter anderem wurden Unterschiede innerhalb der verschiedenen Spezifikationen der FFP beobachtet. Als Schlussfolgerung ziehen wir aus dieser Studie, dass es mittels Sensoren möglich ist die Belastung der unteren Extremitäten bei FFP zu detektieren und diese valide und reliabel messen zu können.

Es gibt ein großes Potenzial die Versorgungsart und Zeitpunkt der Behandlung von FFP Frakturen zu verbessern. Hier könnten sensorgestützte Sohlensysteme sicherlich weiteren Aufschluss bringen.

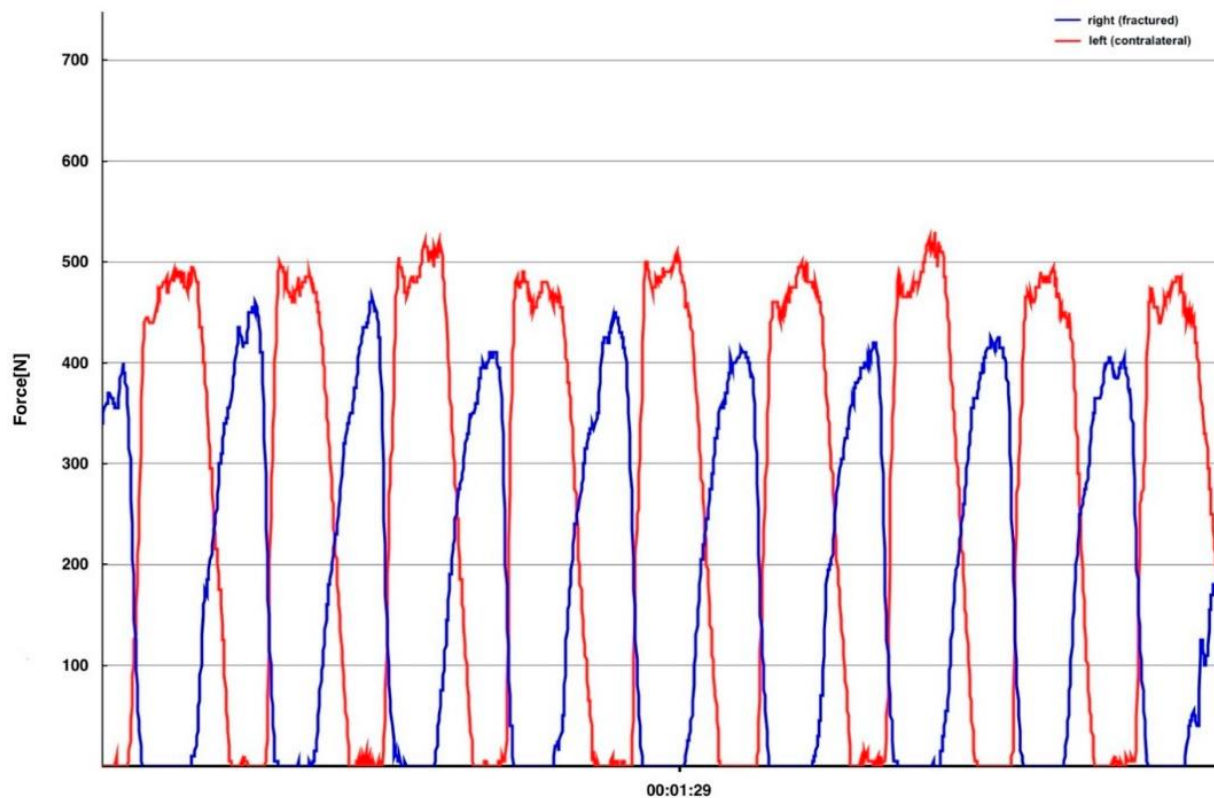


Abbildung 7 zeigt die Belastung in Newton auf der frakturierten Seite in Blau und auf der kontralateralen, gesunden Seite in Rot. Die Zeit in Minuten ist auf der x-Achse und die Belastung in Newton auf der y-Achse abgebildet. In diesem Ausschnitt sind 8 beispielhafte Gangzyklen abgebildet.

Schlussfolgerung:

Die vorliegende Studie zeigt in erster Linie die Möglichkeit zur Durchführung von Ganganalysen in der Alterstraumatologie mit sensorgestützten Einlegesohlen bei Fragilitätsfrakturen des Beckens. Die Ganganalyse zeigte korrekt die betroffene Seite bei 100% der Patienten, während die betroffene Seite der FFP signifikant weniger belastet wurde im Vergleich zur gesunden Gegenseite. Im Weiteren haben Patienten welche an einer FFP 1 leiden signifikant weniger Belastung auf die betroffene Extremität gebracht als Patienten welche an einer FFP 4 Fraktur leiden.

Im Weiteren konnten Unterschiede in der Belastung observiert werden, wenn Frakturen des vorderen Beckenrings mit kombinierten Frakturen des vorderen und hinteren Beckenrings verglichen wurden. Obwohl die Ganganalyse mit Einlegesohlen als mögliche Analyse-methode bestätigt werden konnte müssen zukünftige Studien darauf fokussieren Cut-Off Werte für die

Empfehlung zwischen konservativen und operativen Behandlungsoptionen zu unterscheiden. Eine Unterstützung in der Auswahl von Parametern zur operativen Therapie wäre besonders bei Fragilitätsfrakturen des Beckens wünschenswert.

2.5 The grade of instability in fragility fractures of the pelvis correlates with impaired early mobilization

Faust L, Keppler AM, Suero E, Gleich J, Lisitano L, Böcker W, Neuerburg C, **Pfeufer D**; European Journal of Trauma and Emergency Surgery
Eur J Trauma Emerg Surg. 2022 Oct;48(5):4053-4060. doi: 10.1007/s00068-022-01933 y. Epub 2022 Mar 13. PMID: 35279755; (IF 4,24)

Zusammenfassung [2]

Diese Studie untersucht den Zusammenhang zwischen dem Grad der morphologisch erwarteten Frakturinstabilität mit dem tatsächlichen Gangmuster. In einer prospektiven Studie wurden 39 Patienten welche an einer Fragilitätsfraktur des Beckens (FFP) leiden aufgenommen. Die mobile Ganganalyse erfolgte im stationären Rahmen mittels Einlegesohlen. Es zeigt sich ein deutlich weniger balanciertes Gangbild in den Frakturtypen FFP II-IV im Vergleich zum Frakturtyp FFP I. Die Ganganalyse zeigt sich besonders in der Frühdiagnostik als wirksames diagnostisches Tool und könnte gegebenenfalls in Grenzfällen eine Klärung hinsichtlich der operativen Therapie herbeiführen.

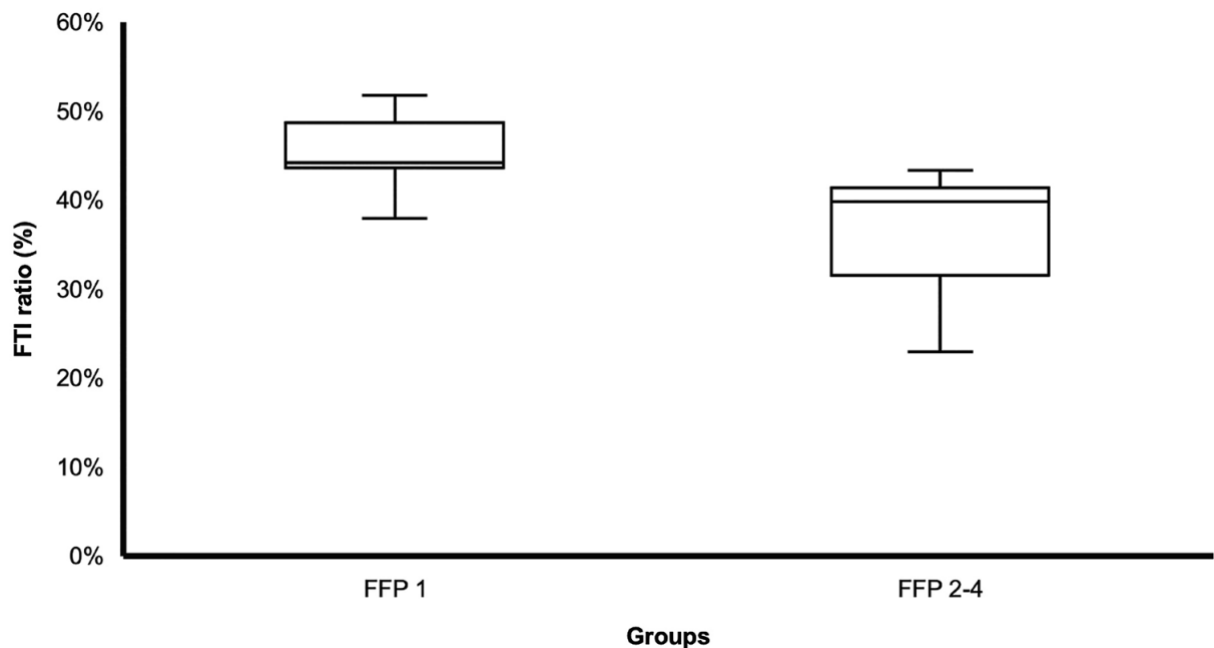


Abbildung 8 Box Plot von Gruppe A (FFP 1) und Gruppe B FFP 2-4), $p= 0,002$. Das Kraft-Zeit Integral- Verhältnis ist auf der Y-Achse abgebildet.

Schlussfolgerung:

Die vorliegende Studie zeigt einen möglichen Weg auf, die funktionelle Diagnostik mit Einlegesohlen basierten Sensoren zur Erfassung von eingeschränkter Mobilität älterer Patienten welche an Fragilitätsfrakturen des Beckens leiden, im klinischen Alltag umsetzen zu können. Die durchgeführte Ganganalyse zeigt in der FTI Ratio eine signifikante Korrelation mit der radiologischen Fraktur Klassifikation der FFP. In Zukunft werden tragbare Sensoren vielleicht helfen können die Dauer der Immobilisation zu verkürzen und in der Entscheidungsfindung zwischen operativer und konservativer Therapie der FFP helfen können. Diese Entscheidung ist besonders schwierig in der Auswahl der Behandlungsoptionen bei FFP 2 Patienten da hier oftmals wertvolle Zeit mit einem letztlich frustranen konservativen Therapieversuch verloren geht [23]. Die Ganganalyse als zusätzliches diagnostisches Tool könnte bezüglich der Therapieoptionen eine Erleichterung mit sich bringen.

Die Ergebnisse müssen vorsichtig interpretiert werden, besonders da noch eine sehr kleine Nummer von Patienten und ein nicht randomisiertes Studien Design erfolgten. Unsere Hypothese ist jedoch zu einem gewissen Grad unterstützt worden und wird in zukünftigen

Studien mit einer größeren Studienpopulation zur Differenzierung zwischen den FFP Untertypen helfen können.

2.6 Immediate Postoperative Improvement in Gait Parameters following Primary Total Knee Arthroplasty Can Be Measured with an Insole Sensor Device

Pfeufer D, Monteiro P, Gililland J, Anderson M, Böcker W, Stagg M, Kammerlander C, Neuerburg C, Pelt C; J Knee Surg, Nov. 2020, doi: 10.1055/s-0040-1716852 (IF 2,76)

Zusammenfassung [19]

Patienten, welchen eine totale Knieprothese implantiert wird, haben oftmals zuvor über viele Jahre an Schmerzen der Gonarthrose gelitten und eigneten sich somit ein Schonhinken an. Zahlreiche Studien haben mittels Laufbandanalysen und 3D Bewegungsanalysen versucht die körperliche Aktivität nach totalem Knieersatz messbar zu machen.

In dieser Studie haben wir eine Einlegesohle verwendet, um Veränderungen im frühen postoperativen Zeitraum bis zu sechs Wochen nach Operation zu ermitteln.

Hier zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Gangparameter, gemessen mittels Einlegesohle, sowie der Ganggeschwindigkeit, Kadenz und Schmerzangabe unter Belastung.

29 Patienten welche eine einseitige totale Knieprothese erhalten haben, ohne an gegenseitigem Knieschmerz zu leiden und bis zum Zeitpunkt der Operation ohne Hilfsmittel mobil waren wurden konsekutiv in die Studie eingeschlossen. Mittels Einlegesohle wurde postoperativ eine Ganganalyse mit einer Gehstrecke von 40 Metern auf ebenem Boden durchgeführt. Die Messung erfolgte 2 und 6 Wochen nach Implantation der Knieprothese. Die Loadingrate der operierten Seite betrug im Durchschnitt 68,7% der simultan gemessenen Gegenseite nach 2 Wochen postoperativ und steigerte sich insgesamt auf 82,1% nach 6 Wochen postoperativ ($p < 0,001$). Die mittlere

Gehgeschwindigkeit steigerte sich im Verlauf von 0,75 auf 1,02 Meter pro Sekunde, $p < 0,001$ und die Kadenz stieg von 82,9 auf 99,9 Schritte pro Minute an ($p < 0,01$). Die Schmerzangabe auf einer visuellen Analogskala fiel im Verlauf von 3,5/10 auf 2,2/10 ($p < 0,001$ und der Schmerz unter Belastung von 3,9/10 auf 2,4/10 ($p < 0,001$) im 2 auf 6 Wochen postoperativen Intervall.

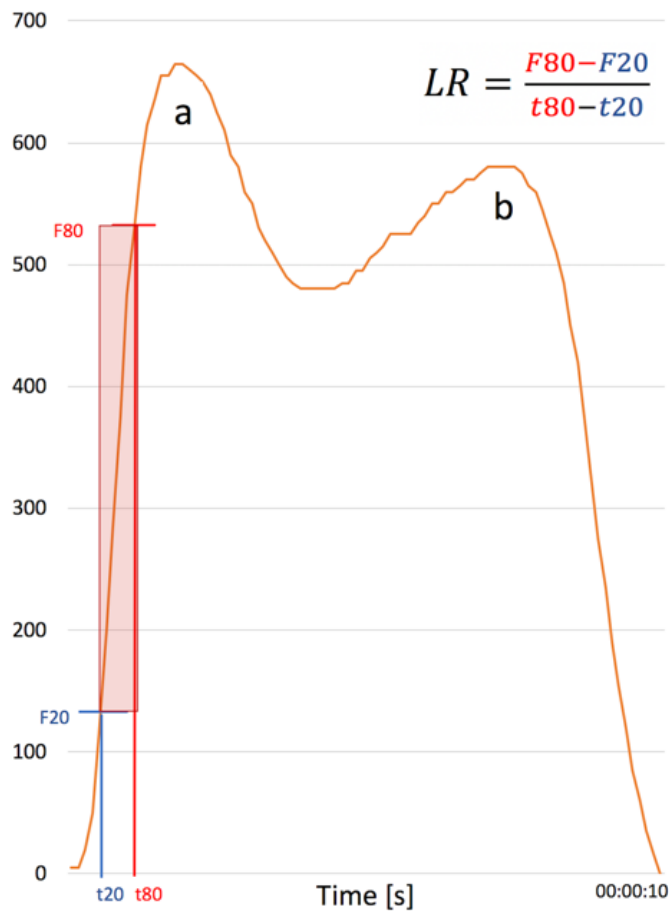


Abbildung 9 zeigt die Loadingrate während des Abrollvorgang beim Aufsetzen eines Fußes. Punkt a markiert den Heal impact, b das toe off. Die Loadingrate als Biofeedback Parameter definiert sich über die Steigung im Bereich von t_{20} bis t_{80} .



Abbildung 10 zeigt die Loadsol® der Firma Novel, welche als Einlegesohle den Patienten mit nach Hause gegeben wurde. Ein entsprechender ipod touch wurde ebenfalls mitgegeben, um das audiovisuelle Feedback zu Hause im Selbsttraining zu ermöglichen.

Eine signifikante Verbesserung der Gangparameter ist mit dem Sohleneinlegesystem innerhalb der ersten 6 Wochen nach Operation messbar. Bei steigender Ganggeschwindigkeit und steigender Kadenz und fallendem Schmerzlevel zeigt sich die Loadingrate und Average Peak Force zunehmend angenähert an die Gegenseite und normalisiert. Die verwendete Einlegesohle zeigt sich somit als probates Mittel um Ganganalysen auch im klinischen Setting und gegebenenfalls sogar mittels Biofeedback nach totalem Knieersatz durchzuführen.

2.7 Mobility improvement in the first 6 postoperative weeks in orthogeriatric fracture patients

Keppler AM, Holzschuh J, Pfeufer D, Gleich J, Neuerburg C, Kammerlander C, Böcker W, Fürmetz J. Eur J Trauma Emerg Surg. 2022 Aug;48(4):2867-2872. doi: 10.1007/s00068-021-01856-0. Epub 2021 Dec 21. PMID: 34932124. (IF 2,3)

Zusammenfassung [8]:

Körperliche Aktivität ist ein relevanter Outcome Parameter in der orthopädischen Chirurgie welcher objektiv gemessen werden kann. Bislang gibt es wenig Informationen über objektive Gangparameter in der orthopädischen postoperativen Nachbehandlung. Diese Studie fokussiert auf die ersten 6 Wochen der postoperativen Rehabilitation und liefert objektive Daten wie Ganggeschwindigkeit, Schrittlänge der typischen orthogeriatrischen Frakturmuster. Insgesamt wurden 31 orthogeriatrische Frakturpatienten (perthrochantäre Femurfrakturen (PFF), Schenkelhalsfrakturen (PN) und proximale Humerusfrakturen (PHF)) konsekutiv in diese prospektive Studie eingeschlossen. Während des stationären Aufenthaltes wurde allen Patienten ein Accelerometer an der Brust (24h/Tag) befestigt und bis zum sechs Wochen Kontrolltermin mit der tatsächlichen Ganggeschwindigkeit und Schrittlänge gemessen. Zusätzlich wurden mittels Selbstangabe etablierte Mobilitätsscores (Parker-Mobility Score) und Aktivitäten des täglichen Lebens (Barthel Index) zur Baseline, während des stationären Aufenthaltes und nach 6 Wochen erhoben.

Während des postoperativen stationären Aufenthaltes zeigte sich eine signifikant höhere Ganggeschwindigkeit in Metern pro Sekunde in der proximalen Humerusfraktur Gruppe verglichen mit der Schenkelhalsfraktur und perthrochantären Femurfraktur Gruppe ($p < 0.05$). Sechs Wochen postoperativ stieg die Ganggeschwindigkeit signifikant in allen Gruppen (PHF 0.90 ± 0.41 ; FN 0.72 ± 0.13 ; PFF 0.60 ± 0.23). Die selbstständig bewerteten Mobilität Scores zeigten, dass die Mehrheit der Patienten kleinere Einschränkungen in der Mobilität bereits vor der Fraktur hatten. Diese Werte fielen nach der Fraktur unmittelbar ab und stiegen im Verlauf innerhalb der ersten 6 Wochen wieder an, erreichten jedoch nicht den prä-Fraktur Wert.

Geschwindigkeit, Schrittlänge und selbst bewertete Scores zeigen im Hinblick auf Mobilität und Aktivitäten des täglichen Lebens signifikante Verbesserungen in den ersten 6 Wochen nach Fraktur bei orthogeriatrischen Patienten. Da sich sehr niedrige postoperative Mobilitäts-Werte in der frühen postoperativen Phase zeigten sind hier auch erhebliche Verbesserungspotentiale vorhanden, unabhängig vom Frakturmuster.

2.8 Identification of hip fracture patients at risk for postoperative mobilisation complications via handgrip strength assessment

Gleich, J., Pfeufer, D., Keppler, A.M. et al. Identification of hip fracture patients at risk for postoperative mobilisation complications via handgrip strength assessment. Arch Orthop Trauma Surg 142, 997–1002 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00402-021-03756-9> (IF 3,07)

Zusammenfassung [3]:

Die Behandlung älterer Patienten mit Hüftfrakturen kann eine Herausforderung darstellen und erfordert eine frühzeitige postoperative Mobilisierung, um Komplikationen zu vermeiden. Einfache klinische Instrumente zur Vorhersage von Mobilisierungsschwierigkeiten nach einer Hüftfrakturoperation sind kaum verfügbar und die Analyse der Handkraft könnte ein praktikabler Ansatz sein. In der vorliegenden Studie stellten wir die Hypothese auf, dass Patienten mit reduzierter Handkraft nicht in der Lage sind, postoperative Anweisungen zur Gewichtsbelastung zu befolgen.

84 Patienten im Alter von ≥ 65 Jahren mit einer proximalen Femurfraktur (Trochanterregion, $n = 45$ oder Schenkelhalsfraktur, $n = 39$), die in einem zertifizierten orthogeriatrischen Zentrum eingeliefert wurden, sind konsekutiv in ein prospektives Studiendesign aufgenommen worden. Fünf Tage nach der Operation (intramedullärer Marknagel oder Endoprothese) wurde eine standardisierte Messung der Handkraft und eine Ganganalyse (Schuh-Einlegesensoren) durchgeführt.

Die Handkraft zeigte eine positive Korrelation mit der durchschnittlichen Spitzenkraft während des Gehens auf die betroffene Extremität (0,259), dem postoperativen Parker Mobility Score (0,287) und dem Barthel-Index (0,306). Es wurde nur eine geringe positive Korrelation mit der Ganggeschwindigkeit (0,157) beobachtet. Diese Ergebnisse stimmten mit der multivariaten Regressionsanalyse überein.

Die Beurteilung der Handkraft ist ein einfaches und zuverlässiges Instrument für die frühzeitige Vorhersage von postoperativen Mobilisierungskomplikationen bei älteren Patienten mit Hüftfraktur. Folgestudien sollten evaluieren, ob diese Ergebnisse auch mit anderen Frakturtypen übereinstimmen und zu einer personalisierten Anpassung der aktuellen Nachsorge führen. Darüber hinaus sollte angestrebt werden, objektiv erhobene Daten wie Handkraft oder Ganggeschwindigkeit in einem Vorhersagemodell für das Langzeit Outcome orthogeriatrischer Patienten zu kombinieren.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Mobilität zu erfassen ist dank moderner Technik heute in fast allen Lebenslagen und Situationen möglich. Apple Watch, Itracker, Fitbit aber auch individualisierte 3D Motion Capture Analysen mittels Laufband oder Drucksensoren sind nur ein Teil der möglichen Sensortypen.

Allen gemein ist, dass sie durch den Anwender aktiv gesteuert werden. Gerade das ist eine große Herausforderung, wenn eben diese Sensoren und Messtechnik in der Alterstraumatologie eingesetzt werden sollen, da das ältere Patientenkollektiv häufig nicht mit Smartphones, Tablets, oder anderen modernen elektronischen Geräten umgehen kann.

Des Weiteren sind die Algorithmen zur Erkennung von Schritten und Bewegungen auf junge und gesunde Kollektive ausgelegt und somit ist für viele am Markt erhältliche Systeme das unruhige Gangbild von geriatrischen Frakturpatienten oftmals nicht auszuwerten und die Daten ergeben keine validen Messungen. Die Start- und Endzeit der Messung wird meist über eine App oder direkte Interaktion gesteuert und dies ist häufig für ältere Menschen schwierig. Somit sind offenbar viele der aus unserem Alltag zugänglichen Systeme gar nicht für das klinische Setting mit alten und kranken Menschen geeignet, weil Sie die normalen Bewegungsabläufe nicht durchlaufen oder andere Hürden auf Grund von Gebrechlichkeit und Alter sich auf tun.

Die in dieser kumulativen Habilitationsarbeit zusammengefassten Arbeiten haben in erster Linie der proximalen Femurfraktur und den Fragilitätsfrakturen des Beckens eine Messmethode angepasst und erste Ergebnisse einer Ganganalysemöglichkeit geliefert.

Präzise, aber komplizierte Aufbauten wie 3D Motion Capture System mit Laufbandanalysen sind in alterstraumatologischen Fragestellungen nicht geeignet um valide Ergebnisse der postoperativen Mobilität abzubilden, weil die oftmals gebrechlichen Patienten wenn überhaupt nur auf Station und nur direkt am Krankenbett untersucht werden können. Eine aufwendigere

Ganganalyse in einem Ganglabor ist in der klinischen Realität kaum umsetzbar. Jedoch sind gerade die ersten Tage der Mobilität wahrscheinlich höchst essentiell für das klinische Outcome und daher wichtig auch gut erfasst und dokumentiert zu werden.

Die einzelnen Arbeiten bauen zeitlich und inhaltlich aufeinander auf. So konnten wir in unserer Arbeitsgruppe erstmals zeigen, dass ältere Patienten eine vorgegebene Teilbelastung gar nicht einhalten können [7]. Im Weiteren konnten wir untersuchen wie sich Einschränkungen der postoperativen Anordnungen auf die Mobilität und auf die tatsächliche Belastung auswirken [20] und schließlich gelang es auch Unterschiede zwischen verschiedenen operativen Versorgungsformen bei proximalen Femurfrakturen zu messen [18].

Nur durch die enge Zusammenarbeit mit Novel® konnte die Loadingrate (beschreibt wie hart der Fuß auf den Boden gesetzt wird) als wesentlich sensitiverer Gangparameter etabliert werden und somit auch in Insuffizienzfrakturen des Beckens Messungen ermöglichen. Hier zeigt sich eine negative Korrelation zwischen Schweregrad der FFP Klassifikation nach Rommens und der Loadingrate [2].

Die Versuchsaufbauten bei den FFP Patienten stellen wesentlich höhere Ansprüche an die Genauigkeit der Messung und sind letztlich nur über die Bestimmung der Kraft-Zeit-Flächenintegrale zu bestimmen. Dieser Zwischenschritt in der Messmethode erbringt jedoch stabile und zuverlässig zu erhebende Werte in einer äußerst eingeschränkten Mobilitätsmessung [16].

Im zeitlich späteren Verlauf der hier aufgelisteten Arbeiten konnte somit nach der Verfeinerung des Ganganalysesystem auch die postoperative Entwicklung des Gangbildes nach totalen Kniendoprothesen untersucht werden [17]. Da es sich hier um ein wesentlich jüngeres Patientenkollektiv handelt ist hier eine direkte Interaktion mit den Patienten und dem Analysesystem via Ipod und icloud möglich gewesen. Alle Patienten welchen an der Studie "Immediate Postoperative Improvement in Gait Parameters following Primary Total Knee Arthroplasty Can Be Measured with an Insole Sensor Device", veröffentlicht im Journal of Knee Surgery, teilnahmen haben die Sensorsohlen zum täglichen Biofeedback für 6 Wochen mit

nach Hause bekommen. Das selbstständig absolvierte Training, welches über einen Cloudservice durch den Studienleiter begleitet und in Realtime ausgewertet werden kann stellt somit die modernste und am weitesten fortgeschrittene Anwendung der hier aufgezeigten Ganganalysen dar.

Spätestens mit der Veröffentlichung des MyMobility Programms durch Biomet Zimmer und Apple sind die präoperative Vorbereitung durch geführte Heimübungen mittels Smartphones oder Apple Watch als reale Therapiekonzepte verfügbar [12]. Zukünftige Patienten werden hierdurch präoperativ auf die geplante Operation durch gezielte Physiotherapie vorbereitet. Perioperativ werden physiotherapeutische Interventionen angepasst und das aktuelle Gangbild und Skeletal Tracking aufgezeichnet. Die Analyse dieser Daten ermöglicht die gezielte Auswertung im individuellen Fall und somit die Grundlage für eine smartphone basierte Nachbehandlung.

4. Liste der zur kumulativen Habilitation beitragenden Veröffentlichungen

Weight-bearing restrictions reduce postoperative mobility in elderly hip fracture patients

Pfeufer D, A. Zeller, S. Mehaffey, W. Böcker, C. Kammerlander, C. Neuerburg

Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery DOI : 10.1007/s00402-019-03193-9; AOTS D-19-00062.1 (IF 2,02)

Cement augmentation of the Proximal Femur Nail Antirodation (PFNA) is associated with enhanced weight-bearing in older adults

Keppler A*, Pfeufer D*, Kau F, Neuerburg C, Böcker W, Kammerlander C Injury, Volume 52, Issue 10, P3042-3046, October 01, 2021, [3], * geteilte Erstautorenschaft (IF 2,35)

Inability of Older Adult Patients with Hip Fracture to Maintain Postoperative Weight-Bearing Restrictions.

Kammerlander, C., Pfeufer, D., Lisitano, L.A., Mehaffey, S., Böcker, W., Neuerburg, C., 2018. J. Bone Joint Surg. Am. 100, 936–941. <https://doi.org/10.2106/JBJS.17.01222> (IF 4,8)

Load-Bearing Detection with Insole-Force Sensors Provides New Treatment Insights in Fragility Fractures of the Pelvis

Pfeufer D, Becker C, Faust L, Keppler A, Stagg M, Kammerlander C, Böcker W, Neuerburg C; Journal of Clinical Medicine, vol. 9, no. 8, Art. no. 8, Aug. 2020, doi: 10.3390/jcm9082551 (IF 4,24)

The grade of instability in fragility fractures of the pelvis correlates with impaired early mobilization

Faust L, Keppler AM, Suero E, Gleich J, Lisitano L, Böcker W, Neuerburg C, Pfeufer D; European Journal of Trauma and Emergency Surgery 2022 Oct;48(5):4053-4060. doi: 10.1007/s00068-022-01933 y. Epub 2022 Mar 13. PMID: 35279755; (IF 4,24)

Immediate Postoperative Improvement in Gait Parameters following Primary Total Knee Arthroplasty Can Be Measured with an Insole Sensor Device

Pfeufer D, Monteiro P, Gililand J, Anderson M, Böcker W, Stagg M, Kammerlander C, Neuerburg C, Pelt C; J Knee Surg, Nov. 2020, doi: 10.1055/s-0040-1716852 (IF 2,76)

Mobility improvement in the first 6 postoperative weeks in orthogeriatric fracture patients.

Keppler AM, Holzschuh J, Pfeufer D, Gleich J, Neuerburg C, Kammerlander C, Böcker W, Fürmetz J. Eur J Trauma Emerg Surg. Eur J Trauma Emerg Surg. 2022 Aug;48(4):2867-2872. doi: 10.1007/s00068-021-01856-0. Epub 2021 Dec 21. PMID: 34932124. (IF 2,3)

Identification of hip fracture patients at risk for postoperative mobilisation complications via handgrip strength assessment

Gleich, J., Pfeufer, D., Keppler, A.M. et al. Identification of hip fracture patients at risk for postoperative mobilisation complications via handgrip strength assessment. Arch Orthop Trauma Surg 142, 997–1002 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00402-021-03756-9> (IF 3,07)

5. Literaturverzeichnis

- [1] W.A. van Dijk, M. Poeze, S.H. van Helden, P.R.G. Brink, J.P.A.M. Verbruggen, Ten-year mortality among hospitalised patients with fractures of the pubic rami, *Injury*. 41 (2010) 411–414.
- [2] L.M. Faust, A.M. Keppler, E. Suero, J. Gleich, L. Lisitano, W. Böcker, C. Neuerburg, D. Pfeufer, The grade of instability in fragility fractures of the pelvis correlates with impaired early mobilization, *Eur J Trauma Emerg Surg*. (2022).
- [3] J. Gleich, D. Pfeufer, A.M. Keppler, S. Mehaffey, J. Fürmetz, W. Böcker, C. Kammerlander, C. Neuerburg, Identification of hip fracture patients at risk for postoperative mobilisation complications via handgrip strength assessment, *Arch Orthop Trauma Surg*. 142 (2022) 997–1002.
- [4] C. Hackenbroch, H.-J. Riesner, P. Lang, F. Stuby, M. Beer, B. Friemert, H.-G. Palm, AG Becken III, Dual Energy Computed Tomography in Musculoskeletal Imaging, with Focus on Fragility Fractures of the Pelvis, *Z Orthop Unfall*. 155 (2017) 708–715.
- [5] H.K. Kamel, M.A. Iqbal, R. Mogallapu, D. Maas, R.G. Hoffmann, Time to ambulation after hip fracture surgery: relation to hospitalization outcomes, *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci*. 58 (2003) 1042–1045.
- [6] C. Kammerlander, M. Gosch, U. Kammerlander-Knauer, T.J. Luger, M. Blauth, T. Roth, Long-term functional outcome in geriatric hip fracture patients, *Arch Orthop Trauma Surg*. 131 (2011) 1435–1444.
- [7] C. Kammerlander, D. Pfeufer, L.A. Lisitano, S. Mehaffey, W. Böcker, C. Neuerburg, Inability of Older Adult Patients with Hip Fracture to Maintain Postoperative Weight-Bearing Restrictions, *J Bone Joint Surg Am*. 100 (2018) 936–941.
- [8] A.M. Keppler, J. Holzschuh, D. Pfeufer, J. Gleich, C. Neuerburg, C. Kammerlander, W. Böcker, J. Fürmetz, Mobility improvement in the first 6 postoperative weeks in orthogeriatric fracture patients, *Eur J Trauma Emerg Surg*. 48 (2022) 2867–2872.
- [9] A.M. Keppler, D. Pfeufer, F. Kau, C. Linhart, C. Zeckey, C. Neuerburg, W. Böcker, C. Kammerlander, Cement augmentation of the Proximal Femur Nail Antirotation (PFNA)

- is associated with enhanced weight-bearing in older adults, *Injury*. 52 (2021) 3042–3046.
- [10]D. Krappinger, C. Kammerlander, D.J. Hak, M. Blauth, Low-energy osteoporotic pelvic fractures, *Arch Orthop Trauma Surg*. 130 (2010) 1167–1175.
- [11]F. Lauretani, T. Meschi, A. Ticinesi, M. Maggio, “Brain-muscle loop” in the fragility of older persons: from pathophysiology to new organizing models, *Aging Clin Exp Res*. 29 (2017) 1305–1311.
- [12]J.H. Lonner, M.B. Anderson, R.E. Redfern, D. Van Andel, J.C. Ballard, S. Parratte, An orthopaedic intelligence application successfully integrates data from a smartphone-based care management platform and a robotic knee system using a commercial database, *International Orthopaedics (SICOT)*. (2022).
- [13]M.P. McCabe, M.P. Smyth, D.R. Richardson, Current Concept Review: Vitamin D and Stress Fractures, *Foot Ankle Int*. 33 (2012) 526–533.
- [14]L. Oberkircher, S. Ruchholtz, P.M. Rommens, A. Hofmann, B. Bücking, A. Krüger, Osteoporotic Pelvic Fractures, *Dtsch Arztebl Int*. 115 (2018) 70–80.
- [15]T.D. Ottesen, R.P. McLynn, A.R. Galivanche, P.S. Bagi, C.K. Zogg, L.E. Rubin, J.N. Grauer, Increased complications in geriatric patients with a fracture of the hip whose postoperative weight-bearing is restricted, *The Bone & Joint Journal*. 100-B (2018) 1377–1384.
- [16]D. Pfeufer, C.A. Becker, L. Faust, A.M. Keppler, M. Stagg, C. Kammerlander, W. Böcker, C. Neuerburg, Load-Bearing Detection with Insole-Force Sensors Provides New Treatment Insights in Fragility Fractures of the Pelvis, *Journal of Clinical Medicine*. 9 (2020) 2551.
- [17]D. Pfeufer, J. Gililland, W. Böcker, C. Kammerlander, M. Anderson, N. Krähenbühl, C. Pelt, Training with biofeedback devices improves clinical outcome compared to usual care in patients with unilateral TKA: a systematic review, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. (2018).
- [18]D. Pfeufer, C. Grabmann, S. Mehaffey, A. Keppler, W. Böcker, C. Kammerlander, C.

- Neuerburg, Postoperative weight bearing in patients with femoral neck fractures compared to pertrochanteric fractures: A postoperative Gait Analysis, *Injury*. 50 (2019).
- [19]D. Pfeufer, P. Monteiro, J. Gililland, M.B. Anderson, W. Böcker, M. Stagg, C. Kammerlander, C. Neuerburg, C. Pelt, Immediate Postoperative Improvement in Gait Parameters following Primary Total Knee Arthroplasty Can Be Measured with an Insole Sensor Device, *J Knee Surg*. (2020).
- [20]D. Pfeufer, A. Zeller, S. Mehaffey, W. Böcker, C. Kammerlander, C. Neuerburg, Weight-bearing restrictions reduce postoperative mobility in elderly hip fracture patients, *Arch Orthop Trauma Surg*. 139 (2019) 1253–1259.
- [21]M.F. Rollmann, S.C. Herath, F. Kirchhoff, B.J. Braun, J.H. Holstein, T. Pohlemann, M.D. Menger, T. Histing, Pelvic ring fractures in the elderly now and then - a pelvic registry study, *Arch Gerontol Geriatr*. 71 (2017) 83–88.
- [22]P.M. Rommens, A. Hofmann, Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: Recommendations for surgical treatment, *Injury*. 44 (2013) 1733–1744.
- [23]P.M. Rommens, D. Wagner, A. Hofmann, Minimal Invasive Surgical Treatment of Fragility Fractures of the Pelvis, *Chr*. 112 (2017) 524.
- [24]P.M. Rommens, D. Wagner, A. Hofmann, Fragility Fractures of the Pelvis, *JBJS Rev*. 5 (2017).
- [25]J. Ryg, L. Rejnmark, S. Overgaard, K. Brixen, P. Vestergaard, Hip Fracture Patients at Risk of Second Hip Fracture: A Nationwide Population-Based Cohort Study of 169,145 Cases During 1977–2001, *Journal of Bone and Mineral Research*. 24 (2009) 1299–1307.
- [26]V. Schwachmeyer, P. Damm, A. Bender, J. Dymke, F. Graichen, G. Bergmann, In vivo hip joint loading during post-operative physiotherapeutic exercises, *PLoS ONE*. 8 (2013) e77807.
- [27]A.L. Siu, J.D. Penrod, K.S. Boockvar, K. Koval, E. Strauss, R.S. Morrison, Early ambulation after hip fracture: effects on function and mortality, *Arch. Intern. Med*. 166 (2006) 766–771.

[28]Y. Ueda, T. Inui, Y. Kurata, H. Tsuji, J. Saito, Y. Shitan, Prolonged pain in patients with fragility fractures of the pelvis may be due to fracture progression, *Eur J Trauma Emerg Surg.* (2019).

[29]B.T. Wall, M.L. Dirks, L.J.C. van Loon, Skeletal muscle atrophy during short-term disuse: implications for age-related sarcopenia, *Ageing Res. Rev.* 12 (2013) 898–906.

[30]World Health Organization, Guidelines for preclinical evaluation and clinical trials in osteoporosis, Geneva : World Health Organization, Geneva, 1998.

6. Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| <i>Abbildung 1 zeigt den Parker Mobility Score vor Fraktur und postoperativ für beide Gruppen. Die Teilbelastungsgruppe links fällt signifikant weiter im PMS als die Vollbelastungsgruppe, rechts abgebildet.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Abbildung 2 zeigt die Gehgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde während der Ganganalyse für die Teil Belastungsgruppe links und Vollbelastungsgruppe auf der rechten Seite abgebildet.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Abbildung 3 zeigt die Belastung auf der betroffenen Seite in Newton für die Teilbelastungsgruppe auf der linken Seite und die Vollbelastungsgruppe auf der rechten Seite abgebildet.....</i> | <i>10</i> |
| <i>Abbildung 4 zeigt die Pedobarographie eines jüngeren Patienten mit einer Sprunggelenksfraktur. Die betroffene Seite (blauer Graph) bleibt dtl unter der vorgeschriebenen Teilbelastung von 20kg.</i> | <i>13</i> |
| <i>Abbildung 5 zeigt die Pedobarographie eines älteren Patienten mit proximaler Femurfraktur. Die betroffene Seite (blauer Graph) übersteigt die vorgeschriebene Teilbelastung (schwarz gestrichelte Linie) deutlich.....</i> | <i>14</i> |
| <i>Abbildung 6 Übersicht über das Klassifikationssystem nach Rommens und Hofmann[22]. Die Abbildung ist nach Ueda, Y.et al angepasst [28] und mit freundlicher Genehmigung von Springer Nature 2020 überarbeitet.</i> | <i>16</i> |
| <i>Abbildung 7 zeigt die Belastung in Newton auf der frakturierten Seite in Blau und auf der kontralateralen, gesunden Seite in Rot. Die Zeit in Minuten ist auf der x-Achse und die Belastung in Newton auf der y-Achse abgebildet. In diesem Ausschnitt sind 8 beispielhafte Gangzyklen abgebildet.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Abbildung 8 Box Plot von Gruppe A (FFP 1) und Gruppe B FFP 2-4), p= 0,002. Das Kraft-Zeit Integral- Verhältnis ist auf der Y-Achse abgebildet.</i> | <i>19</i> |
| <i>Abbildung 9 zeigt die Loadingrate während des Abrollvorgang beim Aufsetzen eines Fußes. Punkt a markiert den Heal impact, b das toe off. Die Loadingrate als Biofeedback Parameter definiert sich über die Steigung im Bereich von t20 bis t80.</i> | <i>21</i> |

Abbildung 10 zeigt die Loadsol® der Firma Novel, welche als Einlegesohle den Patienten mit nach Hause gegeben wurde. Ein entsprechender ipod touch wurde ebenfalls mitgegeben, um das audiovisuelle Feedback zu Hause im Selbsttraining zu ermöglichen.22

7. Anhang

7.1. Gesamtverzeichnis wissenschaftliche Veröffentlichungen einschließlich Vortragsverzeichnis

7.2. Originalarbeiten als Erst- oder Letztautor

1. The grade of instability in fragility fractures of the pelvis correlates with impaired early mobilization
Faust L, Keppler AM, Suero E, Gleich J, Lisitano L, Böcker W, Neuerburg C, **Pfeufer D**;
European Journal of Trauma and Emergency Surgery
2022 Oct;48(5):4053-4060. doi: 10.1007/s00068-022-01933 y. Epub 2022 Mar 13.
PMID: 35279755; **(IF 4,24)**

2. Outcomes of a Rotating-hinge Total Knee Arthroplasty Following Complex Revision Total Knee Arthroplasty
Pfeufer D, Gililland J, Anderson M, Monteiro P, Peters C, Stagg M, Pelt C,
Surgical Technology International volume 38, 2021-05-01;
DOI: 10.52198/21.sti.38.os1407 **(IF 0,65)**

3. Cement augmentation of the Proximal Femur Nail Antirootation (PFNA) is associated with enhanced weight-bearing in older adults Keppler A*, **Pfeufer D***, Kau F, Neuerburg C, Böcker W, Kammerlander C Injury, Volume 52, Issue 10, P3042-3046, October 01, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.01.037>, * geteilte Erstautorenschaft (**IF 2,35**)

4. Load-Bearing Detection with Insole-Force Sensors Provides New Treatment Insights in Fragility Fractures of the Pelvis, **Pfeufer D**, Becker C, Faust L, Keppler A, Stagg M, Kammerlander C, Böcker W, Neuerburg C; Journal of Clinical Medicine, vol. 9, no. 8, Art. no. 8, Aug. 2020, doi: 10.3390/jcm9082551 (**IF 4,24**)

5. Immediate Postoperative Improvement in Gait Parameters following Primary Total Knee Arthroplasty Can Be Measured with an Insole Sensor Device **Pfeufer D**, Monteiro P, Gililand J, Anderson M, Böcker W, Stagg M, Kammerlander C, Neuerburg C, Pelt C; J Knee Surg, Nov. 2020, doi: 10.1055/s-0040-1716852 (**IF 2,76**)

6. Multidisciplinary inpatient rehabilitation improves the long-term functional status of geriatric hip-fracture patients **Pfeufer, D**, Kammerlander, C., Stadler, C. et al. Multidisciplinary inpatient rehabilitation improves the long-term functional status of geriatric hip-fracture patients. Eur J Med Res 25, 31 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40001-020-00433-2> (**IF 2,18**)

7. Radiographic native femoral head size correlates with acetabular cup size in primary Total Hip Arthroplasty" accepted for publication in "Journal of Hip Surgery" 10.Okt 2019
Pfeufer D, Jeremy M Gililland, Ajinka Rane, Ian Duensing, Mike B Anderson, Christopher L Peters, Christopher E Pelt Journal of Hip Surgery; DOI: 10.1055/s-0039-3400481 **(IF 1,70)**

8. Weight bearing in patients with femoral neck fractures compared to pertrochanteric fractures: A postoperative gait analysis.
Pfeufer D, Grabmann C, Mehaffey S, Keppler A, Böcker W, Kammerlander C, et al. Injury. 2019 Jul;50(7):1324–8. doi: 10.1016/j.injury.2019.05.008. **(IF 2,14)**

9. Training with biofeedback devices improves clinical outcome compared to usual care in patients with unilateral TKA.
Pfeufer, D., Gililland, J., Böcker, W., Kammerlander, C., Anderson, M., Krähenbühl, N., Pelt, C., 2018. Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. Off. J. ESSKA. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5217-7> **(IF 4,34)**

10. Weight-bearing restrictions reduce postoperative mobility in elderly hip fracture patients
Pfeufer D, A. Zeller, S. Mehaffey, W. Böcker, C. Kammerlander, C. Neuerburg Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery DOI : 10.1007/s00402-019-03193-9; AOTS-D-19-00062.1 **(IF 2,02)**

7.3. Originalarbeiten als Ko-Autor

1. Mobility improvement in the first 6 postoperative weeks in orthogeriatric fracture patients. Keppler AM, Holzschuh J, **Pfeufer D**, Gleich J, Neuerburg C, Kammerlander C, Böcker W, Fürmetz J. Eur J Trauma Emerg Surg. 2022 Aug;48(4):2867-2872. doi: 10.1007/s00068-021-01856-0. Epub 2021 Dec 21. PMID: 34932124. **(IF 2,3)**

2. Inferior Outcome after Unstable Trochanteric Fracture Patterns Compared to Stable Fractures in the Elderly. Gleich J, Neuerburg C, Linhart C, Keppler AM, **Pfeufer D**, Kammerlander C, Böcker W, Ehrnthaller C. Journal of Clinical Medicine. 2021; 10(2):171. doi.org/10.3390/jcm10020171 **(IF 3,3)**

3. Identification of hip fracture patients at risk for postoperative mobilisation complications via handgrip strength assessment Gleich, J., **Pfeufer, D.**, Keppler, A.M. et al. Identification of hip fracture patients at risk for postoperative mobilisation complications via handgrip strength assessment. Arch Orthop Trauma Surg (2021).
<https://doi.org/10.1007/s00402-021-03756-9> **(IF 3,07)**

4. Postoperative physical activity in orthogeriatric patients – new insights with continuous monitoring Keppler AM, Holzschuh J, **Pfeufer D**, Neuerburg C, Kammerlander C, Böcker W, Fürmetz J. Injury Elsevier 2020, DOI: 10.1016/j.injury.2020.01.041. **(IF 2,35)**

5. Biomechanical stability of sacroiliac screw osteosynthesis with and without cement augmentation Suero EM, Greiner A, Becker CA, Cavalcanti Kußmaul A, Weidert S, **Pfeufer D**, Woiczinski M, Braun C, Flatz W, Böcker W, Kammerlander C. Injury Elsevier 2020, DOI: 10.1016/j.injury.2020.01.043. **(IF 2,35)**

6. Inability of Older Adult Patients with Hip Fracture to Maintain Postoperative Weight-Bearing Restrictions.
Kammerlander, C., **Pfeufer, D.**, Lisitano, L.A., Mehaffey, S., Böcker, W., Neuerburg, C., 2018. J. Bone Joint Surg. Am. 100, 936–941.
<https://doi.org/10.2106/JBJS.17.01222> **(IF 4,8)**

7. Orthogeriatric treatment reduces potential inappropriate medication in older trauma patients: a retrospective, dual-center study comparing conventional trauma care and co-managed treatment
J. Gleich, **Pfeufer D**, C. Zeckey, W. Böcker, M. Gosch, C. Kammerlander, C. Neuerburg, European Journal of Medical Research 2019; 24:4
<https://doi.org/10.1186/s40001-019-0362-0> **(IF 1,74)**

8. Outcome after surgical treatment of fragility ankle fractures in a certified orthogeriatric trauma center.
Schray, D., Ehrnthaller, C., **Pfeufer, D.**, Mehaffey, S., Böcker, W., Neuerburg, C., Kammerlander, C., Zeckey, C., 2018. Injury 49, 1451–1457.
<https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.06.030> **(IF 2,14)**

7.4. Zitierfähige Abstracts von Vorträgen & Kongressbeiträgen

The Munich Hip Meeting, München 24-26 November 2022,

Session 1: Preoperative- Diagnostics

“Diagnostic Injections- When, What & How?”

D. Pfeufer

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, DKOU Berlin, 22.-25.

Oktober 2019: “ Reduzierte Mobilität bei älteren Hüftfrakturpatienten durch unnötige postoperative Belastungsbeschränkungen“

D. Pfeufer, A Zeller, L. Lisitano, S Mehaffey, M Stagg, W Böcker, C Kammerlander, C Neuerburg

67. Jahrestagung der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen

e.V., Baden-Baden 2-4.05.2019: Reduced loading in aged hip fracture patients

undergoing fracture fixation compared to hip replacement surgery – A postoperative gait analysis

D. Pfeufer, C. Grabmann, A. Zeller, S. Mehaffey, A. Keppler, W. Böcker, C. Kammerlander, C. Neuerburg

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, DKOU Berlin, 24.-27.

Oktober 2017: “Ist eine postoperative Teilbelastung für geriatrische Patienten nach Hüftfraktur möglich?“

D. Pfeufer, L.A. Lisitano, S. Mehaffey, C. Neuerburg, W. Böcker, D. Schray, A. Greiner, C. Kammerlander

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, DKOU Berlin, 24.-27.

Oktober 2017: „Alterstraumatologische Frakturen – akutgeriatrische Behandlung verbessert das klinische Outcome“

D. Pfeufer, C. Stadler, S. Mehaffey, C. Neuerburg, D. Schray, W. Böcker, C. Kammerlander

EORS 25th Annual& Anniversary Meeting, 13-15 Sept. 2017, Munich, Germany

European Orthopaedic Research Society, Topic Hip I: „The long-term functional status of geriatric hip fracture patients is significantly improved by multidisciplinary inpatient rehabilitation“

D. Pfeufer, C. Stadler, C. Neuerburg , D. Schray , S. Mehaffey , W. Böcker , C. Kammerlander

EORS 25th Annual& Anniversary Meeting, 13-15 Sept. 2017, Munich, Germany

European Orthopaedic Research Society, Topic Arthroplasty I: „Postoperative complications after proximal femur fractures in the elderly“

D. Pfeufer, D. Schray , C. Zeckey, W. Böcker , C. Neuerburg, C. Kammerlander

Annual Meeting of the Gerhard Kuntscher Society 13–15 Sept. 2017, Munich, Germany

Osteosynthese International 2017, ID: 67, Title: „Orthogeriatric patients with proximal femoral fractures benefit from inpatient rehabilitation“

Session VIII – Osteoporosis & Trauma in the Elderly

D. Pfeufer, C. Stadler, C. Neuerburg , D. Schray , S. Mehaffey , W. Böcker , C. Kammerlander

VII. Münchner Symposium für experimentelle Orthopädie, Unfallchirurgie und muskuloskelettale Forschung, 21-22 Juli 2017, Munich, Germany

Section III, Klinische Aspekte: Teilbelastung nach Hüftfrakturversorgung im Alter - können geriatrische Patienten diese überhaupt einhalten?

C. Neuerburg, **D. Pfeufer**, L.-A. Lisitano, D. Schray , S. Mehaffey , W. Böcker , C. Kammerlander

7.5 Poster

Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen - VSOU 2019

2-4.05.2019, Baden-Baden, Germany

“Weight bearing restrictions reduce postoperative mobility in elderly hip fracture patients without reducing load on the fractured limb”, 67. Jahrestagung der

Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen e.V., **D. Pfeufer**, A.

Zeller, L. Lisitano, S. Mehaffey, M. Stagg, W. Böcker, C. Kammerlander, C.

Neuerburg

American Association of Hip and Knee Surgeons - AAHKS

November 1-4 2018, Dallas, Texas, USA

“Outcomes of Rotating-hinge Total Knee Arthroplasty Following Complex and Revision Total Knee Arthroplasty”

D. Pfeufer, M.B. Anderson, P. Monteiro, J. Gililland, C. Peters, C. Pelt

University of Utah, Department of Orthopaedics, Salt Lake City, Utah, USA

Fracture Fragility Network 01.-03.09.2016, Rome , Italy

Topic: Rehabilitation after fracture, FFN16-ABS-140

„Is post-operative partial weight-bearing in ortho-geriatrics possible?“

D. Pfeufer, S. Mehaffey , C. Neuerburg , D. Schray , W. Böcker , C. Kammerlander

Trauma surgery, Ludwig-Maximilians-Universität , Munich, Germany

Fracture Fragility Network 01-03.09.2016, Rome , Italy

Topic: Research in fragility fractures, FFN16-ABS-126

„Differential vulnerability of fibertypes in sarcopenia - a specific analysis of human skeletal muscle in patients with hip fractures“

S. Mehaffey , **D. Pfeufer**, C. Neuerburg , D. Schray , A. Aszódi, W. Böcker , C.

Kammerlander

Trauma Surgery, Ludwig-Maximilians-Universität, Munich, Germany

Deutscher Parkinson Kongress, Würzburg, Germany, 13-15.03.2013

„Freezing of Gait und Levodopaeffekte können mit hoher Retest-Reliabilität erfasst werden“

U.M. Fietzek, **D. Pfeufer**, K. Schwermann, K. Ziegler, F.Schroeteler, A. Ceballos-

Baumann

Deutscher Parkinson Kongress Würzburg 13-15.03.2013

„Die klinische Erfassung des Gangfreezing - gepoolte Analyse der Münchener Kohorte“

K. Schwermann, U.M. Fietzek, **D. Pfeufer**, K. Ziegler, F.Schroeteler, A. Ceballos-

Baumann

86. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Neurologie, Dresden, Germany 18-21.09.2013,

Ausgezeichnet mit dem Posterpreis der DGN 2013

"Freezing of Gait und Levodopa Effekte können mit hoher Retest-Reliabilität erfasst werden"

U.M. Fietzek, **D. Pfeufer**, K. Schwermann, K. Ziegler, F. Schroeteler, A. Ceballos-Baumann

1th International Freezing of Gait Congress, Dead Sea, Israel, 5-7.02.2014

„High retest-reliability of FOG-Score assessment using the FOG score“

U.M. Fietzek, **D. Pfeufer**, K. Schwermann, F. Schroeteler, K. Ziegler, A. Ceballos-Baumann

MDS 18th International Congress of Parkinson´s Disease an Movement Disorders, Volume 29, Stockholm, Sweden 8-12.06.2014

"Retest-reliability of gait initiation failure using a new assessment score“

U.M. Fietzek, **D. Pfeufer**, K. Schwermann, M. Heene, A. Ceballos-Baumann

„Freezing of gait and levodopa effects can be rated with high re-test reliability“

U.M. Fietzek, **D. Pfeufer**, K. Schwermann, K. Ziegler, F. Schroeteler, and A. Ceballos-Baumann, Basal Ganglia, vol. 3, no. 1, p. 64, März 2013.

“Towards a comprehensive clinical assessment of freezing of Gait,”

K. Schwermann, U.M. Fietzek, **D. Pfeufer**, K. Ziegler, F. Schroeteler, and A. Ceballos-Baumann, Basal Ganglia, vol. 3, no. 1, p. 62, März 2013.

Eingeworbene Drittmittel:

Mai 2018 LS Peery Foundation: "Biofeedback with an insole Device" Pfeufer/ Pelt

Fördersumme 19.900 US\$

April 2018 LS Peery Foundation: „Motor Retraining for High-Demand Mobility Tasks”

Pelt/Pfeufer Fördersumme 57.068 US\$

April 2018-März 2019 Deutsche Forschungsgemeinschaft: Max Kade-Stipendium:

Postdoctoral Research Grant „Erfassung postoperativer Mobilität, Gangsymmetrie und

Feedback mit Hilfe neuer Technologien“ Fördersumme 57.500 US\$

Februar 2016 Forschungsförderung der Friedrich-Baur-Stiftung: „Machbarkeitsstudie

zu Belastungskontrollen bei proximalen Femurfrakturen mittels Sensorsohlen“

Fördersumme 10.000 €

Preise/ Stipendien:

Max Kade-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft 2018/2019:

Postdoctoral Research Grant „Erfassung postoperativer Mobilität, Gangsymmetrie und Feedback mit Hilfe neuer Technologien“ Fördersumme 57.500 US\$

1. Posterpreis des **VSOU 2019**, „Weight bearing restrictions reduce postoperative mobility in elderly hip fracture patients without reducing load on the fractured limb“, 67. Jahrestagung der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen e.V., Baden-Baden 2-4.05.2019

D. Pfeufer, A. Zeller, L. Adolf Lisitano, S. Mehaffey, M. Stagg, W. Böcker C. Kammerlander, C. Neuerburg

Posterpreis der **23. Chirurgischen Forschungstage**, 12.-14.09.2019 Aachen

Preisarbeit-ID 116: „Postoperative mobility in patients with age-related traumatology- New technologies, new parameters“

Keppler AM, Holzschuh J, Neuerburg C, Pfeufer D, Kammerlander C, Böcker W, Fürmetz J

Preisträger der **European Orthopaedic Research Society**, Clinics Young Investigator Best Oral Presentation, „The long-term functional status of geriatric hip fracture patients is significantly improved by multidisciplinary inpatient rehabilitation“, EORS 25th Annual & Anniversary Meeting, 13-15 Sept. 2017, Munich, Germany

Preisträger der **Nachwuchsförderung für klinische & experimentelle Forschung der AO Trauma Deutschland 2016**, Präsentation und Preisverleihung im Rahmen der Dreiländertagung Deutschland-Österreich-Schweiz. Bern 05-07.05.2016

Posterpreis der Deutschen Gesellschaft für Neurologie, Kongress der deutschen Gesellschaft für Neurologie 2013, Dresden („Freezing of Gait und Levodopa Effekte können mit hoher Retest-Reliabilität erfasst werden“)

Manosque Preis der Stadt Leinfelden-Echterdingen 2006 für herausragende Leistungen im Fach Französisch und besondere Verdienste für den interkulturellen Austausch des trilingualen Austauschprogramms Manosque-Voghera-Leinfelden-Echterdingen

8 Danksagung

Mein bester Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker für die Förderung meiner Forschungsprojekte und die kontinuierliche Unterstützung bei meiner wissenschaftlichen und klinischen Tätigkeit. Sowohl in München als auch in meinem Forschungsfellowship in den USA hat er mich stets bekräftigt. Außerdem möchte ich den weiteren Mitgliedern des Fachmentorats Prof. Dr. Joachim Andrassy und Prof. Dr. med. Carl Neuerburg für die Unterstützung im Rahmen des Habilitationsverfahrens danken.

Ganz persönlicher und besonders herzlicher Dank gilt Prof. Dr. Carl Neuerburg für die kontinuierliche Unterstützung. Er hat mich als Mentor durch meine gesamte Facharztausbildung geführt. Sowohl in Forschungsthemen wie auch im klinischen Alltag unterstützte er mich und hat mich maßgeblich geformt.

Prof. Dr. Christian Kammerlander und Prof. Dr. Christian Zeckey möchte ich ebenfalls meinen besten Dank aussprechen. Ihre Vorbildfunktion und Ihre strenge Ausbildung im wissenschaftlichen und klinischen Alltag haben mich geprägt.

Meine Arbeitsgruppe Adult Reconstruction des Orthopaedic Center, University of Utah unter der Leitung von Prof. Chris Peters, MD hat mein Forschungsjahr in den USA zu einem solch großen Erfolg werden lassen. Vielen Dank, dass ich so gut in diese wissenschaftliche Gruppe aufgenommen wurde. Hierfür möchte ich Mike B. Anderson M. Sc. und Prof. Jeremy M Gililland, M.D. ganz persönlich danken- für Ihre Geduld im Büro, Ihre Ausdauer auf Ski und dem Mountainbike.

Joshua Hickman, M.D. möchte ich ganz besonders Danken. Ohne seine Freundschaft, seine offene Art und seine private Einladung nach Salt Lake City, Utah, USA wäre mein Forschungsjahr dort nicht möglich gewesen. Ich habe in ihm einen guten Freund und Mentor gefunden.

Meiner Familie, insbesondere meiner Mutter und meiner Frau Johanna möchte ich jedoch den größten Dank aussprechen. Sie waren es, die mich unermüdlich und stetig unterstützt haben und gerade in den nicht so einfachen Zeiten nach langen Arbeitstagen wieder aufbauten. Ohne sie wäre diese Habilitation sicher nicht entstanden.