

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Tübingen

Abteilung Innere Medizin

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. A. Niess

„Wirkung einer zehnwöchigen Trainingsintervention mit der
Masai Barfuß Technologie (MBT®)
auf Schmerzverhalten, Lebensqualität,
Gleichgewichtsfähigkeit,
Kraftausdauer und Beweglichkeit bei Patienten
mit Hüftarthrose oder implantiertem Hüftgelenk“

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karl Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Annette Carolin Bendig
aus Nürtingen

2006

Dekan: Professor Dr. C.D. Claussen
1. Berichterstatter: Professor Dr. T. Horstmann
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. M. Rudert

Für meine geliebten Eltern
und Oma Maria Tschan (†1997)

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	- 1 -
1.1 Stellenwert der Arthrose in unserer Gesellschaft - deren Folgen und Therapien.....	- 1 -
1.2 Fragestellungen.....	- 4 -
2 Theoretische Grundlagen und Forschungsstand.....	- 5 -
2.1 Funktionelle Anatomie des Hüftgelenks.....	- 5 -
2.1.1 Koxarthrose.....	- 7 -
2.1.2 Hüftendoprothese.....	- 9 -
2.2 Gesundheitsbezogene Lebensqualität	- 10 -
2.2.1 Konzept der gesundheitsbezogenen Lebensqualität.....	- 10 -
2.2.2 Gesundheitsbezogene Lebensqualität bei Hüftpatienten.....	- 12 -
2.3 Koordination und koordinative Fähigkeiten.....	- 13 -
2.3.1 Die Gleichgewichtsfähigkeit.....	- 13 -
2.3.2 Die Steuerung des Gleichgewichtes.....	- 15 -
2.3.3 Die Komponenten des sensomotorischen Systems.....	- 18 -
2.3.4 Veränderungen und Trainierbarkeit im Alter.....	- 22 -
2.3.5 Bedeutung der Gleichgewichtsfähigkeit bei Hüftpatienten und Stand der Forschung.....	- 24 -
2.4 Kraftausdauer und Beweglichkeit.....	- 25 -
2.4.1 Grundlagen.....	- 25 -
2.4.2 Kraftausdauer und Beweglichkeit bei Hüftpatienten.....	- 26 -
2.5 Sportmotorische Tests.....	- 28 -
3 Empirische Untersuchung.....	- 29 -
3.1 Untersuchungsstichprobe.....	- 29 -
3.2 Untersuchungsdesign.....	- 31 -
3.3 Masai Barfuß Technologie	- 32 -
3.4 Methoden.....	- 34 -
3.4.1 Trainingsinhalte.....	- 34 -
3.4.2 Schmerzverlauf.....	- 35 -
3.4.3 Fragebogen zum allg. Gesundheitszustand–SF-36 Health Survey– Erfassung der Gesundheitsbezogenen Lebensqualität.....	- 36 -

3.4.4 Koordination: Statistische Gleichgewichtsfähigkeit.....	- 38 -
3.4.5 Koordination: Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit.....	- 41 -
3.4.6 Kraftausdauer.....	- 45 -
3.4.7 Beweglichkeit.....	- 47 -
3.4.8 Statistische Verfahren.....	- 48 -
3.4.9 Statistische Auswertung des SF-36 Health Survey.....	- 49 -
3.5 Datenverarbeitung.....	- 51 -
4 Ergebnisse.....	- 52 -
4.1 Schmerzverlauf	- 52 -
4.2 Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand – SF-36.....	- 54 -
4.2.1 Vergleich Ergebnisse Studienpopulation mit deutscher Normstich probe.....	- 55 -
4.2.2 Ergebnisse Trainingsgruppe.....	- 57 -
4.2.3 Ergebnisse Kontrollgruppe	- 58 -
4.3 Koordination: Statische Gleichgewichtsfähigkeit.....	- 62 -
4.3.1 Kraftmessplatte.....	- 62 -
4.3.2 Posturomed.....	- 64 -
4.4 Koordination: Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit.....	- 69 -
4.4.1 Sternschritt.....	- 69 -
4.4.2 Freegatespeed.....	- 70 -
4.5 Kraftausdauer.....	- 71 -
4.6 Beweglichkeit und Dehnfähigkeit.....	- 72 -
4.6.1 Hüftgelenksflexion.....	- 72 -
4.6.2 Ischiocrurale Muskulatur.....	- 73 -
4.6.3 M. iliopsoas.....	- 74 -
4.6.4 M. rectus femoris.....	- 75 -
5 Diskussion.....	- 77 -
5.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Schmerzverlauf.....	- 78 -
5.1.1 Methodenkritik.....	- 78 -
5.1.2 Interpretation der Ergebnisse.....	- 80 -
5.2 Koordination.....	- 88 -
5.2.1 Methodenkritik Koordination.....	- 88 -

5.2.2 Interpretation der Ergebnisse: Koordination.....	- 91 -
5.3 Kraftausdauer.....	- 98 -
5.3.1 Methodenkritik Kraftausdauer.....	98 -
5.3.2 Interpretation der Ergebnisse: Kraftausdauer.....	- 99 -
5.4 Beweglichkeit und Dehnfähigkeit.....	- 101 -
5.4.1 Methodenkritik Beweglichkeit und Dehnfähigkeit.....	- 101 -
5.4.2 Interpretation der Ergebnisse: Beweglichkeit und Dehnfähigkeit.....	- 102 -
6 Zusammenfassung.....	- 104 -
7 Ausblick.....	- 106 -
8 Literatur.....	- 108 -
9 Anhang.....	- 118 -
9.1 Probandeninformation.....	- 118 -
9.2 Fragebogen SF-36 Health Survey.....	- 119 -
9.3 Trainingstagebuch.....	- 121 -
9.4 Sonstige.....	- 124 -
9.5 Danksagung.....	- 127 -
9.6 Lebenslauf.....	- 128 -

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anatomie des Hüftgelenks.....	- 6 -
Abb. 2: Das posturale System: Gesamtheit der sensorischen und motorischen Systeme mit zentralnervöser Integration.....	- 17 -
Abb. 3: Studiendesign.....	- 32 -
Abb. 4: MBT®-Sohlenkonstruktion.....	- 33 -
Abb. 5: Unterschied zwischen üblichem Gangbild mit Rundrücken und Fallschritt (links) und aufrechtem, aktiven Gang nach MBT®-Training (rechts).....	- 34 -
Abb. 6: Schmerzscore-Beispiel.....	- 35 -
Abb. 7: Einbeinstand Kraftmessplatte.....	- 40 -
Abb. 8: Einbeinstand Posturomed.....	- 41 -
Abb. 9: Testdurchführung Sternschritt.....	- 43 -
Abb 10: Schrittabfolge beim Sternschritt.....	- 43 -
Abb. 11: Testdurchführung Freegatespeed.....	- 45 -
Abb. 12: Testdurchführung Kraftausdauer: Absenken des Spielbeins.....	- 46-
Abb. 13: Testdurchführung Kraftausdauer: Anheben des Spielbeins.....	- 47 -
Abb. 14: Messung Hüftgelenksflexion.....	- 48 -
Abb. 15: Allgemeiner Schmerz.....	- 53 -
Abb. 16: Vergleich Studienpopulation zur deutschen Normstichprobe der 61-70-Jährigen.....	- 55 -
Abb. 17: SF-36 Netzdiagramm Trainingsgruppe mit verschiedenen Skalen im Vergleich zur deutschen Normgruppe.....	- 57 -
Abb. 18: SF-36 Netzdiagramm Kontrollgruppe mit verschiedenen Skalen im Vergleich zur deutschen Normgruppe.....	- 58 -
Abb. 19: Ergebnisse Kraftmessplatte.....	- 62 -
Abb. 20: Ergebnisse Kraftmessplatte in prozentualer Darstellung (bezogen auf den Median der Gesamtgruppe bei Messung Eins).....	- 64 -
Abb. 21: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand in mm.....	- 65 -
Abb. 22: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand mit Anlauf in mm.....	- 67 -
Abb. 23: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand in Prozentangaben (bezogen auf den Median der Gesamtgruppe bei Messung Eins).....	- 68 -

Abb. 24: Erg. Posturomed Einbeinstand mit Anlauf in Prozentangaben (bezogen auf den Median der Gesamtgruppe bei Messung Eins).....	- 68 -
Abb. 25: Ergebnisse Sternschritt in Sekunden.....	- 69 -
Abb. 26: Ergebnisse Freegatespeed in Sekunden.....	- 70 -
Abb. 27: Ergebnisse Kraftausdauer in Wiederholungen.....	- 71 -
Abb. 28: Ergebnisse Mm. ischiocrurale in Klassenhäufigkeiten.....	- 74 -
Abb. 29: Ergebnisse M. iliopsoas in Klassenhäufigkeiten.....	- 75 -
Abb. 30: Ergebnisse M. rectus femoris in Klassenhäufigkeiten.....	- 76 -
Abb. 31: SF-36 Netzdiagramm Vergleich Trainings-, Kontroll- und Normgruppe am Messtag Eins (arithmetisches Mittel).....	- 82 -
Abb. 32: SF-36 Netzdiagramm Vergleich Trainings-, Kontroll- und Normgruppe am Messtag Zwei (arithmetisches Mittel).....	- 82 -
Abb. 33: Probandeninformation (1).....	- 118 -
Abb. 34: Probandeninformation (2).....	- 119 -
Abb. 35: Fragebogen SF-36 (1).....	- 120 -
Abb. 36: Fragebogen SF-36 (2).....	- 121 -
Abb. 37: Fragebogen SF-36 (3).....	- 122 -
Abb. 38: Trainingstagebuch (1).....	- 123 -
Abb. 39: Trainingstagebuch (2).....	- 123 -
Abb. 40: Schmerzverlauf Gehen.....	- 124 -
Abb. 41: Schmerzverlauf Treppensteigen.....	- 124 -
Abb. 42: Schmerzverlauf Nacht.....	- 125 -
Abb. 43: Schmerzverlauf Gesamt.....	- 125 -
Abb. 44: SF-36 Netzdiagramm Trainingsgruppe mit zusätzlichem Vergleich verschiedener deutscher Normgruppen.....	- 126 -

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien.....	- 29 -
Tab. 2: Stichprobe.....	- 30 -
Tab. 3: Stichprobe je Methode.....	- 30 -
Tab. 4: Gesundheitskonzept mit Item- und Stufenzahl und Inhalt der SF-36 Skalen.....	- 37 -
Tab. 5: Schmerzverlauf Trainingsgruppe.....	- 53 -
Tab. 6: Schmerzverlauf Kontrollgruppe.....	- 53 -
Tab. 7: SF-36 Skalen und Abkürzungen.....	- 54 -
Tab. 8: Quantilen, Median, Mittelwerte (Mean), Standardabweichungen (StdDev) und Effektgrößen ϵ der Kontrollgruppe.....	- 60 -
Tab. 9: Quantilen, Median, Mittelwerte (Mean), Standardabweichungen (StdDev) und Effektgrößen ϵ der Trainingsgruppe.....	- 61 -
Tab. 10: Ergebnisse Kraftmessplatte Trainingsgruppe in mm.....	- 63 -
Tab. 11: Ergebnisse Kraftmessplatte Kontrollgruppe in mm.....	- 63 -
Tab. 12: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand Trainingsgruppe in mm.....	- 66 -
Tab. 13: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand Kontrollgruppe in mm.....	- 66 -
Tab. 14: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand mit Anlauf Trainingsgruppe in mm.....	- 67 -
Tab. 15: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand mit Anlauf Kontrollgruppe in mm.....	- 67 -
Tab. 16: Ergebnisse Sternschritt Trainingsgruppe in Sekunden.....	- 69 -
Tab. 17: Ergebnisse Sternschritt Kontrollgruppe in Sekunden.....	- 70 -
Tab. 18: Ergebnisse Freegatespeed Trainingsgruppe in Sekunden.....	- 71 -
Tab. 19: Ergebnisse Freegatespeed Kontrollgruppe in Sekunden.....	- 71 -
Tab. 20: Ergebnisse Kraftausdauer Trainingsgruppe in Wiederholungen.....	- 72 -
Tab. 21: Ergebnisse Kraftausdauer Kontrollgruppe in Wiederholungen.....	- 72 -
Tab. 22: Ergebnisse Hüftflexion Trainingsgruppe in Graden.....	- 72 -
Tab. 23: Ergebnisse Hüftflexion Kontrollgruppe in Graden.....	- 73 -
Tab. 24: Effekte bei SF-36 Messwerte Trainingsgruppe.....	- 84 -
Tab. 25: Effekte bei SF-36 Messwerte Kontrollgruppe	- 84 -

1 Einleitung

1.1 Stellenwert der Arthrose in unserer Gesellschaft - deren Folgen und Therapien

Aufgrund der zunehmenden Überalterung unserer Gesellschaft nimmt die Anzahl der an Arthrose erkrankten Menschen stetig zu [57][62]. Die degenerativen Veränderungen der Gelenke, vornehmlich der unteren Extremitäten, die im weiteren Verlauf unter Umständen die Versorgung mit einer Endoprothese erfordern, stellen nach Jerosch/Heisel eine „Volkskrankheit“ dar [55]. Deswegen spielen Rehabilitations-Maßnahmen im Bereich des Gesundheitswesens- auch in volkswirtschaftlicher Hinsicht- eine immer größere Bedeutung. Da chronische Erkrankungen wie Arthrose und Arthritis aufgrund ihres progredienten Krankheitsverlaufes unbehandelt meist zu schweren Behinderungen mit Schmerzen und Einsteifungen der Gelenke führen, die die Lebensqualität der Betroffenen sehr stark beeinflussen, ist die Implantation eines künstlichen Hüft- oder Kniegelenkes ein weit verbreiteter und akzeptierter orthopädischer Eingriff. Insbesondere hat neben der Schmerzlinderung und verbesserte Funktionsfähigkeit das Wiedererlangen motorischer Fähigkeiten nach Unfalloperationen oder nach endoprothetischer Versorgung für die Betroffenen eine herausragende soziale Bedeutung. Diese funktionellen Defizite bei arthrotischen und arthritischen Patienten nach der Implantation einer Prothese fanden in den letzten Jahren zunehmend Beachtung [46] [48] [49] [50] [51]. Hier wurde vor allem die Maximalkraft untersucht und geeignete Therapieansätze gemacht. Durch verschiedene Trainingsmaßnahmen soll eine Wiederherstellung beziehungsweise Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit erreicht werden, da bei hüft-endoprothetisch versorgten Patienten nach durchgeführter Rehabilitation und bei Patienten mit Arthrose Defizite hinsichtlich der Kraft, Kraftausdauer, Gangverhalten und elektrischer Ansteuerung nachgewiesen werden konnten [50]. Als verbreitete therapeutische Maßnahmen bei Patienten mit Hüft- oder Kniearthrose werden eine individuelle physiotherapeutische Behandlung, die Verabreichung von Schmerzmedikamenten und die Aufklärung der Patienten

angesehen [126]. Die Motivation der Patienten zu sportlichen Aktivitäten, die bis vor wenigen Jahren noch kritisch beurteilt wurden, stellt ein wichtige Maßnahme dar in Hinblick auf Prävention zunehmender kardiovaskuläre Erkrankungen und bei Patienten mit einer Totalendoprothese zur Verbesserung der Knochenqualität und Prothesenfixation [73]. Folglich erhält heute in der postoperativen Nachbehandlung das krankengymnastische und sportlich rehabilitative Muskelaufbauprogramm eine zentrale Bedeutung [72].

Darüber hinaus gewinnt in der Rehabilitation von Verletzungen und nach Operationen, aber auch für ältere Menschen und Patienten, die Schulung der Koordination an Bedeutung [16] [106]. In Studien nach Tinetti, Nevitt und Robbins ist ein Zusammenhang zwischen Stürzen und verschiedenen Risikofaktoren beschrieben [94] [103] [123] [124]. Als Risikofaktoren gelten unter anderem ein gestörtes Balancevermögen, Beeinträchtigungen der Aktivitäten des täglichen Lebens, eine Hüftschwäche und explizit die Arthroseerkrankung. Da die Sturzwahrscheinlichkeit mit steigender Zahl der Risikofaktoren zunimmt und bereits von den 65- Jährigen nahezu jeder Dritte mindestens einmal im Jahr stürzt, ist die wichtigste Konsequenz zur Verhinderung einer drohenden Verletzung an Schenkelhals und Unterarmen die multifaktorielle Intervention, um die Sturzhäufigkeit zu reduzieren. Eine Verbesserung des Gleichgewichtes und Balancevermögens kann somit als Prävention und Sturzprophylaxe angesehen werden [138]. Dabei kommen bei arthrotischen Gelenken darüber hinaus noch über eine arthrogene Muskel Inhibition (AMI) deutlich höhere koordinative Defizite hinzu. Eine abnormale afferente Information von sensibilisierten Gelenkrezeptoren in den betroffenen Gelenken resultiert in einer geminderten Ansteuerung der zugehörigen Muskulatur [52]. Ein früh einsetzendes Koordinationstraining wird empfohlen [45] [52] [109]. Hieraus lässt sich folgern, dass ein propriorezeptives Retraining auf neurophysiologischer Basis (Therapiekreisel, Kippbretter, Weichbodenmatte und Minitrampolin) in die Trainingsprogramme bei älteren und arthrotisch betroffenen Menschen und nach Implantation von Prothesen mit aufgenommen werden muss. Neuere Erkenntnisse bei Gesunden weisen darüber hinaus auf einen deutlichen Kraftgewinn nach Balancetraining hin [40]. Eine weitere Form

der Therapie von Patienten mit Hüftarthrose und von bereits mit einem künstlichen Gelenk versorgten Patienten stellen die Tübinger Hüftsportgruppen dar, die seit 1996 vom Präventionsverein Tübingen e.V. angeboten werden. Unter Anleitung eines Physiotherapeuten oder Hüftschul-Übungsleiters trainieren die Gruppen über sechs Monate einmal pro Woche. Übergeordnetes Ziel dieser Gruppen ist die Verbesserung der Lebensqualität. Durch ein einmal wöchentlich stattfindendes Training konnten insbesondere in der Gruppe der Prothesenträger Verbesserungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, vor allem in Hinblick auf die physischen Skalenwerte, erzielt werden [81].

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität oder subjektive Gesundheit wird in jüngster Zeit häufig als Bewertungskriterium für Behandlungsmaßnahmen verwendet [13]. Um die gesundheitsbezogene Lebensqualität zu operationalisieren wurde unter anderem der Short Form 36 Health Survey (SF-36) entwickelt, der im internationalen Sprachraum als führend gilt. Der Vorteil dieses Messinstrumentes liegt zum einen darin, dass Vergleiche zwischen medizinischen Behandlungsformen und Krankheitszuständen erleichtert werden, und zum anderen, dass die erhaltenen Messwerte mit Normpopulationen verglichen werden können [82]. Viele Untersuchungen verwenden dieses zur Darstellung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität vor und nach der Versorgung mit einer Hüftendoprothese [3] [21] [44] [58] [64] [65] [117] [118]. Der Krankheitsverlauf von Patienten mit Arthrose findet hingegen nur geringe Beachtung. Und dies, obwohl der SF-36 Health Survey als ein psychometrisch gründliches Werkzeug für die Beurteilung des Gesundheitszustandes von älteren Teilnehmern in klinischen Studien zur Arthrose angesehen wird [69]. Zudem weist der SF-36 eine hohe Reliabilität und Validität auf [79], die auch bei Populationen mit Hüft- und Knieprothese sowie bei älteren Personen ausführlich evaluiert wurden [83].

Es gibt jedoch nur wenige Kontrollstudien in Bezug auf die Wirksamkeit von therapeutischem Training bei Hüftpatienten, im Gegensatz zu vielen Interventionsstudien bei Kniepatienten. Langzeituntersuchungen bezogen auf

eine Trainingsmaßnahme bei Hüftpatienten unter Berücksichtigung einer Kontrollgruppe existieren bislang nicht [30].

Auf der Suche nach Linderung der Schmerzen, Gangunsicherheiten und Kraftdefiziten [50] werden immer wieder neue Therapieangebote für Arthrosepatienten geschaffen. Die Schweizer Firma *Swissmasai* will mit ihrem Produkt, der Masai Barfuß Technologie[®] (MBT), vor allem Menschen ansprechen, die an degenerativen Gelenkerkrankungen leiden.

1.2 Fragestellungen

Welche Veränderungen sich für Patienten mit Hüftarthrose und Hüftprothese im Verlauf einer zehnwöchigen Trainingsintervention mit einem speziellen Trainingsgerät – der Masai Barfuß Technologie – hinsichtlich Gleichgewichtsfähigkeit, Kraftausdauer und Beweglichkeit?

Welche Veränderungen treten durch diese Trainingsintervention in Hinblick auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität und das Schmerzverhalten auf?

Gibt es bei der gesundheitsbezogene Lebensqualität Unterschiede zwischen den Patienten mit Hüftarthrose und Hüftprothese sowie einer deutschen Normgruppe des gleichen Alters?

2 Theoretische Grundlagen und Forschungsstand

Ehe das Krankheitsbild der Koxarthrose und der endoprothetische Gelenkersatz näher betrachtet werden, soll als Grundlage die Anatomie des Hüftgelenks dargestellt werden.

2.1 Funktionelle Anatomie des Hüftgelenks

Das Hüftgelenk (Articulatio coxae) verbindet die unteren Extremitäten mit dem Rumpf. Dabei wird das vom Kopf des Oberschenkelknochens (Caput femoris) und der Gelenkpfanne des Hüftbeines (Acetabulum) gebildet, die aus den Anteilen des Darmbeins (Os ilii), des Sitzbeins (Os ischii) und des Schambeines (Os pubis) besteht. Formal ist das Hüftgelenk ein Kugelgelenk, das Bewegungen in drei Achsen zulässt. Zusätzlich zur tiefen Einlagerung des Oberschenkelkopfes in der Pfanne ist deren knöcherner Rand mit einer faserknorpelige Gelenkklippe (Labrum acetabulare) versehen, die einer weiteren Vergrößerung der Kontaktfläche dient, wodurch die Knochenführung gewährleistet wird (vgl. Abb. 1) [129]. Man spricht daher auch vom Nussgelenk. Die Beweglichkeit im Hüftgelenk ist durch diese starke knöchernen Führung, im Gegensatz zur Muskelführung im Schultergelenk, stark eingeschränkt. Dieser „Nachteil“ in der Beweglichkeit ist durch die Aufgaben des Hüftgelenks begründet. So soll durch das Hüftgelenk die Last des gesamten Oberkörpers auf die Beine übertragen werden bzw. bei der Fortbewegung von nur einem Bein gehalten werden. Deshalb muss das Gelenk eine entsprechende Festigkeit aufweisen. Andererseits muss das Gelenk eine genügende Beweglichkeit aufweisen um die Fortbewegung zu sichern. Die Festigkeit erhält das Hüftgelenk zum einen durch die angesprochene starke knöchernen Führung und zum anderen durch einen kräftigen Kapsel- und Bandapparat und durch die kräftige Hüftgelenksmuskulatur [2].

Die Bänder des Hüftgelenks, die Ligg. iliofemorale, ischiofemorale und pubofemorale, die sich schraubenförmig um den Schenkelhals anordnen, haben ihren Ursprung am Darm-, Sitz- und Schambein und setzen am Schenkelhals an. Der Bandapparat ist dadurch bei gestrecktem Hüftgelenk

„zugedreht“ und bei Beugung des Gelenks durch Entspannung „aufgedreht“ [125], d.h. die Beweglichkeit des Hüftgelenks ist in gestreckter Stellung deutlich mehr eingeschränkt als in Beugstellung. Die drei Bänder werden von dem so genannten Ringband (Zona orbicularis) im Bereich des Schenkelhalses verbunden, die zur Verstärkung der Kapsel dienen. Die Hauptfunktion dieser drei Bänder, von denen alle drei die Retroversion im Hüftgelenk hemmen, besteht in der Sicherung der Becken- und Rumpfstellung. Da die Bänder bei Extension im Hüftgelenk gespannt sind, wird ein Wegkippen des Beckens im bequemen Stand nach hinten verhindert [125].

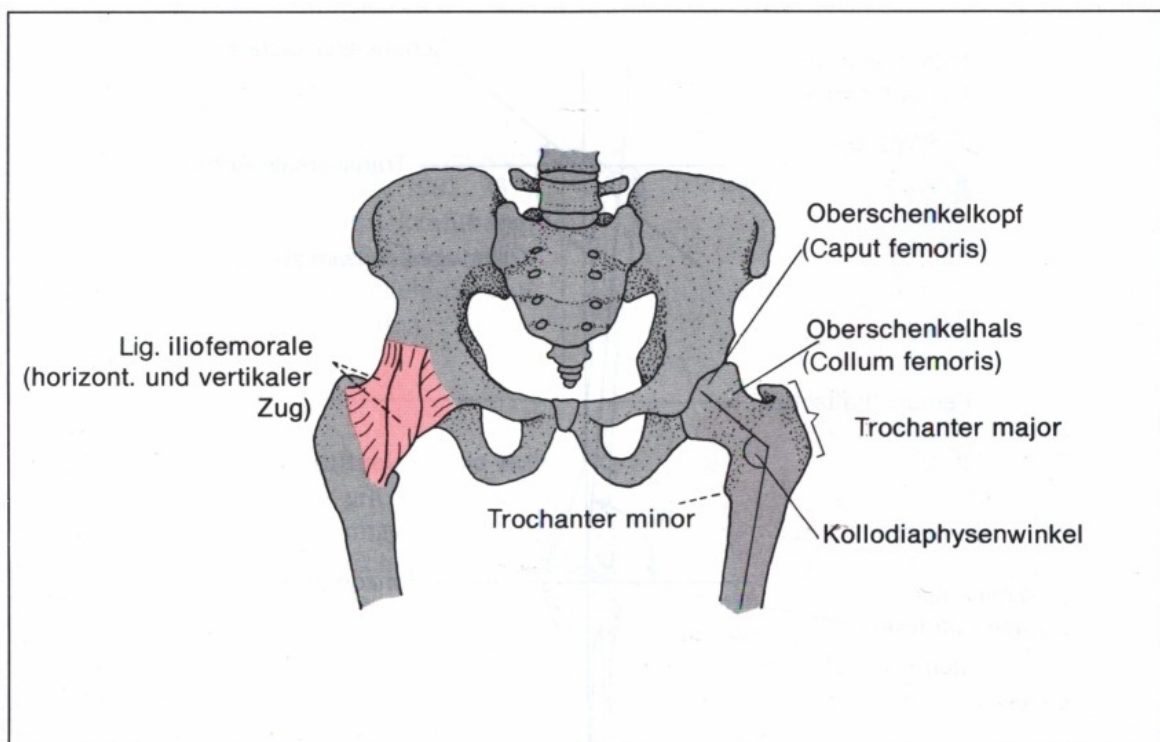


Abb. 1: Anatomie des Hüftgelenks

Die passive Beweglichkeit des Hüftgelenks um die drei Körperachsen wird üblicherweise mit der Neutral-Null-Methode dargestellt. Für das gesunde Hüftgelenk gelten folgende Werte als normal: Für die Extension (Retroversion) werden 12° und für die Flexion (Anteversion) 130° angegeben, die Abduktion ist bis zu einem Winkel von $30-45^\circ$ möglich und die Adduktion bis $20-30^\circ$. Bei um 90° gebeugtem Hüftgelenk sind eine Außenrotation von $40-50^\circ$ und eine

Innenrotation von 30-45° möglich. Bei gestrecktem Hüftgelenk ist die Außenrotation nur noch bis 30-40° möglich, die Innenrotation jedoch bis 40-50° [95].

Für die aktive Beweglichkeit im Hüftgelenk, die maßgeblich zur Stabilisierung beiträgt, ist eine Vielzahl von Muskeln verantwortlich. Die das Hüftgelenk umschließende kräftige Muskulatur, kann in zwei Gruppen eingeteilt werden. Einerseits entspringen die Hüftmuskeln an der Innen- und Außenseite des Beckens und setzen fächerförmig als Muskelkegel am oberen Ende des Femurs - den Trochanteren – an. Andererseits inserieren sie im Beckenbereich und ziehen über das Hüftgelenk zum Oberschenkel und zum proximalen Anteil des Unterschenkels (u.a. Adduktoren im Hüftgelenk, Beuger und Strecker des Kniegelenks). Diese Muskeln sind somit maßgeblich an den Bewegungen im Hüftgelenk beteiligt.

Der kräftigste Beuger im Hüftgelenk ist der M. iliopsoas, der gemeinsam mit dem M. rectus femoris die Anteversion des Schwungbeines beim Gehen bewirkt. Die Hauptstrecker im Hüftgelenk stellen der M. gluteus maximus und die ischiocrurale Muskulatur dar, die hauptsächlich eine Retroversion beim Gehen bewirken. Die Abduktionsbewegung wird vor allem von den Glutealmuskeln und die adduktorische Komponente von den medial gelegenen Adduktoren geleistet, die je nach Verlauf auch bei der Beugung bzw. Streckung im Hüftgelenk eingesetzt werden. Diese vier Gruppen leisten den entscheidenden Beitrag zur Stabilisierung des Beckens während dem gesamten Gangzyklus. Außerdem verfügt das Hüftgelenk über zahlreiche Außenrotatoren (Mm. obturatorii, M. gluteus maximus), welche die Kraft der Innenrotatoren (ventrale Anteile des M. gluteus medius) übertreffen [61].

2.1.1 Koxarthrose

Definition: Koxarthrose ist eine Sammelbezeichnung für eine primär nicht entzündliche degenerative Erkrankung des Hüftgelenkes beim erwachsenen Menschen [95]. Sie beginnt mit der Zerstörung des hyalinen Knorpels und führt langsam zur Destruktion des Gelenkes mit subchondralem Knochenabbau, Schmerzzunahme und einer wechselnd starken Begleitsynovitis [36].

2.1.1.1 Epidemiologie und sozioökonomische Bedeutung der Arthrose

Epidemiologie und sozioökonomische Bedeutung der Arthrose: Epidemiologisch spielt die Arthrose mit der Überalterung unsere Gesellschaft eine immer größere Rolle, weil ihre Prävalenz mit steigendem Alter zunimmt. So nimmt die Häufigkeit und Schwere der Arthrose besonders um das 50. bis 60. Lebensjahr zu, wobei jenseits des 55. Lebensjahres Frauen häufiger als Männer betroffen sind [36]. Dabei nimmt die Koxarthrose nach der Gonarthrose den zweiten Platz in der Reihe der häufigsten Gelenkerkrankungen ein [42] [46]. Sozioökonomisch stellt die Arthrose einen enormen Kostenfaktor dar. So fallen nicht nur die Kosten für immer mehr Operationen und stationäre Krankenhausaufenthalte an, sondern auch immense Folgekosten für Arbeitsausfälle und rehabilitative Maßnahmen [41].

2.1.1.2 Ätiologie der Koxarthrose

Ätiologie der Koxarthrose nach ihrer Ätiologie und Pathogenese in eine primäre (auch ideopathische) und eine sekundäre Form ein.

Bei der primären Form ist die Ursache im Einzelfall nicht bekannt, es sind hier sowohl mechanische als auch biologische Faktoren im Sinne von Alterungsprozessen des Bindegewebes bedeutsam, die genetisch bedingt sein können.

Bei sekundären Arthrosen, die etwa 75% ausmachen, sind die auslösenden Ursachen hingegen bekannt. Zu diesen Faktoren rechnet man präarthrotische Deformitäten wie die angeborene Hüftdysplasie, Hüftluxationen, Apophysiolysis capitis femoris, rheumatische und bakterielle Gelenkentzündungen, Morbus Perthes und verschiedene Traumen, die die Gelenkbiomechanik negativ beeinflussen. Dabei kann jede Überforderung des Gelenkes durch unphysiologische Druckverteilung schädigen und so als Initialläsion wirken. Nach einer erstmaligen Läsion können sich Faktoren wie Beanspruchung im Sport oder bei Arbeit, Adipositas, Bewegungsmangel und das Alter auf den Verlauf der Krankheit nachteilig auswirken [36].

Bei der Arthrose ist das Gleichgewicht zwischen Synthese und Abbau von Matrixmolekülen im Knorpel zugunsten des Abbaus gestört. Durch den Untergang von Chondrozyten und verminderter Synthese von Proteoglykanen und Kollagenen, entsteht ein Circulus vitiosus. Durch vermehrt anfallenden Knorpelabrieb entsteht eine Begleitsynovitis, der Knorpelabbau wird weiter gefördert und das Gelenk dadurch weiter deformiert. Schließlich führt die aktivierte Arthrose zur völligen Knorpelzerstörung, zu einem Knochenabbau und einer Gelenksklerose.

Die Erkrankung ist durch eine zunehmende Schmerzsymptomatik gekennzeichnet, wobei zwischen Einlaufschmerz, Schmerzen nach längerer Belastung sowie später auftretenden Ruheschmerzen unterschieden wird [95]. Die Koxarthrose beginnt zuerst mit einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung bei der Innenrotation sowie belastungsabhängigen Schmerzen. Typisch für alle Hüfterkrankungen sind Leistenschmerzen, die über die Vorderinnenseite des Oberschenkels zum Knie ausstrahlen. Im Verlauf der Krankheit entstehen muskuläre, kapsuläre und arthrogene Kontrakturen, die zur Beweglichkeitsminderung und Gelenkfehlstellung führen. Durch eine schmerzbedingte Schonhaltung kommt es zur Muskelatrophie vornehmlich im Bereich der Gesäß- und Oberschenkelregion, die in einem stark hinkenden Gangbild mündet. Die Schmerzen sind hierbei nicht vom Ausmaß der im Röntgenbild sichtbaren Deformierungen wie verschmälertes Gelenkspalt, subchondrale Sklerosierung oder Geröllzysten abhängig, sondern vom Ausmaß der Gelenkkapselreizung und Begleitsynovialitis [71]. Im Endstadium der Coxarthrose, wenn der Leidensdruck der Patienten groß ist und keine Therapie mehr Verbesserung verspricht, ist eine Operation indiziert, bei der eine Totalendoprothese (TEP) implantiert wird. Dies stellt zugleich die häufigste Indikation für eine TEP dar [71].

2.1.2 Hüftendoprothese

Der endoprothetische Gelenkersatz wird vornehmlich bei älteren Patienten mit fortgeschrittener Koxarthrose angewandt. Bei vollständiger Gelenkdestruktion und insbesondere doppelseitiger Erkrankung kann auch schon bei jüngeren

Patienten ein endoprothetischer Ersatz angezeigt sein [95]. Bei der Hüfttotalendoprothese werden beide Gelenkanteile, der Femurschaft und die Gelenkpfanne durch Implantate ersetzt. Daneben gibt es auch so genannte Hemiendoprothesen (HEP), bei denen nur der Schaft ersetzt wird. Man unterscheidet zwei Arten der Verankerung von Prothesen: die zementierte und die unzementierte, wobei sich in den letzten Jahren die unzementierten Implantate vor allem bei jüngeren Patienten durchsetzen [41]. Auf die unterschiedlichen verwendeten Materialien der Prothesenteile, die Operationstechniken und unterschiedliche Zugangswege bei der Operation soll in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden.

Das künstliche Hüftgelenk ermöglicht es, die Beweglichkeit von zerstörten oder versteiften Gelenken wieder herzustellen und die Schmerzen der Patienten, die zuvor kaum beeinflussbar waren, zu beseitigen. In günstigen Fällen können künstliche Gelenke über Jahre hinweg beinahe wie normale Gelenke funktionieren [55].

2.2 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

2.2.1 Konzept der gesundheitsbezogenen Lebensqualität

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität oder subjektive Gesundheit ist erst in jüngster Zeit als Evaluationsparameter in der Bewertung von Behandlungsmaßnahmen anerkannt worden. Hintergrund für die Hinwendung zu einer patientenbezogenen Beschreibung des Gesundheitszustandes stellen verschiedene Entwicklungen dar: Zum einen ein Paradigmenwechsel in der Definition von Gesundheit. In Anlehnung an die Weltgesundheitsorganisation, die Gesundheit als einen Zustand der völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens definiert, wird Gesundheit nun nicht mehr nur als das Freisein von Krankheit oder Gebrechen angesehen.

Eine weitere Entwicklung ist die Veränderung der Bevölkerungsstruktur hin zu einem größeren Prozentsatz älterer Personen mit einer erhöhten Häufigkeit chronischer und langfristig behandlungsbedürftiger Erkrankungen, deren Effekte auf den Lebenszusammenhang der Patienten jenseits des Maßstabes akuter klinischer Wirkungen zu untersuchen sind. Ein weiterer Aspekt betrifft die

Skepsis gegenüber der Aussagekraft der klassischen Zielkriterien in der medizinischen Behandlung, wie reduzierte Symptomatik oder verlängerte Lebenszeit. Gefordert wird, in einer umfassenden Perspektive auch bisher nicht im Vordergrund stehende Aspekte der Auswirkung von Erkrankung und Therapie auf Patienten zu untersuchen [13]. Dies stellt eine weitreichende Neuerung dar, die Konzentration auf ausschließlich somatische Aspekte von Gesundheit und Krankheit in der Arzt-Patient-Beziehung wird als nicht mehr ausreichend betrachtet. Die betroffene Person rückt mit der Betonung der psychischen und sozialen Dimension der Gesundheit und mit Berücksichtigung von Wohlbefinden und Handlungsvermögen stärker als je zuvor ins Zentrum ärztlicher Aufmerksamkeit [14].

In diesem Zusammenhang hat sich der Begriff gesundheitsbezogene Lebensqualität etabliert, der in der klinischen und gesundheitswissenschaftlichen Forschung überall dort verwendet wird, „wo bedeutsame Aspekte des Befindens und Handlungsvermögens von Personen Beachtung finden, welche unter gesundheitlichen Einschränkungen leiden bzw. chronisch krank sind“ [14]. In der Lebensqualitätsforschung der Medizin geht es darum, deskriptive Aussagen zur Lebensqualität bei bestimmten Krankheitsgruppen zu treffen und eventuell für einzelne klinische Gruppen charakteristische Profile der Lebensqualität zu identifizieren. Darüber hinaus findet sich eine zunehmende Benutzung der Lebensqualität als relevante Größe in der Bewertung von unterschiedlichen Behandlungsmaßnahmen, nicht nur einzelner Therapien, wobei hier gesundheitsökonomische Aspekte eine wesentliche Rolle spielen. Die Forderung „eine ausschließlich an medizinischen Kriterien orientierte Betrachtung des Therapieerfolges zu überwinden und Lebensqualität als Kriterium ein angemessenes Gewicht einzuräumen“ stellt dabei ein wesentliches Anliegen vieler Studien dar [28] und führte zu einem systematischem Einbeziehen der Lebensqualitätsmessung in der Evaluation, Qualitätssicherung und Planung von Leistungen der Gesundheitsversorgung. Bei der Betrachtung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ist zu beachten, dass es lediglich indirekt über die Verwendung von Indikatoren erschlossen werden kann. Zudem handelt es sich dabei um ein multidimensionales

psychologisches Konstrukt, das durch mindestens vier Komponenten zu operationalisieren ist: das psychische Befinden, die körperliche Verfassung, die sozialen Beziehungen und die funktionale Kompetenz der Befragten. Ferner stellt die gesundheitsbezogene Lebensqualität keine statistische und unveränderliche Größe dar. Vielmehr bezeichnet sie ein änderungssensitives Phänomen, das durch den Krankheitsverlauf und therapeutische Interventionen beeinflusst wird. Von großer Bedeutung ist, dass die Patienten selbst Auskunft über ihr Befinden und ihre Funktionsfähigkeit geben, um den Realitätsgehalt der Lebensqualitätsmessung zu sichern.

Als Messinstrument wird auf den Short Form (SF)-36 zurückgegriffen, der als gekürzte Version einer Medical Outcomes Study (MOS) sowohl von der psychometrischen Qualität als auch von seiner Ökonomie und Verbreitung her international führend ist.

Zusammenfassend lässt sich eine zunehmende klinisch-medizinische und gesundheitspolitische Bedeutung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität als Evaluationsparameter festhalten, die trotz der genannten Begrenzungen eine wachsende Akzeptanz findet. Zudem befindet sich die Lebensqualitätsforschung in Hinsicht auf methodische Erweiterungen und kumulatives Wissen über untersuchte Patientengruppen in einer Phase des raschen wissenschaftlichen Fortschrittes.

2.2.2 Gesundheitsbezogene Lebensqualität bei Hüftpatienten

Im Gegensatz zu einer geringen Anzahl an Studien im Bereich der Koordination beziehungsweise Gleichgewichtsfähigkeit und Kraftausdauer in Bezug auf Hüftpatienten, liegen einige Ergebnisse zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität vor. Zur Anwendung werden verschiedene Messinstrumente herangezogen, wovon die häufigsten das Nottingham Health Profile (NHP) und der SF-36 Health Survey darstellen. Daneben kommen auch krankheitsspezifische Selbstbeurteilungs-Fragebögen, wie der Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) [117]. Zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität greifen viele Untersuchungen auf den SF-36 zurück, der als führendes Messinstrument im internationalen Sprach-

raum eine hohe Reliabilität und Validität aufweist [79]. Viele Studien stellen dabei die Veränderung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität vor und nach einer hüftendototalprothetischen Versorgung in den Vordergrund [3] [21] [44] [57] [58] [64] [65] [79] [82] [113] [118]. Ein Vorteil des SF-36 liegt zum einen darin, dass Vergleiche zwischen medizinischen Behandlungsformen und Krankheitszuständen erleichtert werden, und zum anderen, dass die erhaltenen Messwerte mit Normpopulationen verglichen werden können [79]. Der Krankheitsverlauf von Arthrose-Patienten findet dagegen wenig Beachtung, obwohl der SF-36 Health Survey von Kosinski et al. in klinischen Studien als ein psychometrisch qualitativ hochwertiges Werkzeug für die Beurteilung des Gesundheitszustandes von älteren Teilnehmern in klinischen Studien zur Arthrose angesehen wird [68].

2.3 Koordination und koordinative Fähigkeiten

2.3.1 Die Gleichgewichtsfähigkeit

Bei den koordinativen Fähigkeiten, zu denen in der Sportwissenschaft die Gleichgewichtsfähigkeit zählt, spielen komplexe Leistungsvoraussetzungen, die das Lernen und die Leistungsrealisierung von Bewegungsfertigkeiten und ihre Ausprägung beeinflussen, eine entscheidende Rolle. Dabei ist ihr Einfluss insbesondere auf die Bewegungssteuerung ausgerichtet, deren Voraussetzungen in den perzeptiv/sensorischen und den motorisch/ neurophysiologischen Prozessen. Die koordinativen Fähigkeiten stehen dabei in enger Wechselbeziehung zu den konditionellen Fähigkeiten Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer und Beweglichkeit sowie den anthropometrischen und anatomischen Gegebenheiten und den psychischen Fähigkeiten wie z.B. Kognition, Emotion und Motivation [85]. Ausgehend von einer fähigkeitsorientierten Betrachtungsweise, erfolgt eine Beschreibung und Erklärung von individuellen motorischen Leistungsdifferenzen [104].

Nach heutiger Ansicht lassen sich insgesamt sieben koordinative Fähigkeiten unterscheiden. Neben der Gleichgewichtsfähigkeit, die im Verlauf noch genauer betrachtet wird, sind dies die Orientierungsfähigkeit, die Kopplungsfähigkeit, die

Differenzierungsfähigkeit, die Rhythmisierungsfähigkeit, die Reaktionsfähigkeit sowie die Umstellungsfähigkeit [86].

Die Gleichgewichtsfähigkeit ist als Fähigkeit definiert, die den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand hält oder die nach umfangreichen Körperverschiebungen diesen Zustand beibehält beziehungsweise wiederherstellt [86].

Es gibt unterschiedliche Erscheinungsformen der Gleichgewichtsfähigkeit, die von verschiedenen Autoren unterschiedlich klassifiziert werden. Zustimmung findet eine Einteilung in eine statische, dynamische und objektbezogene Dimension der Gleichgewichtsfähigkeit. Objektbezogen bedeutet dabei, dass ein Objekt bei bestimmten Aufgaben im Gleichgewicht gehalten werden muss, wogegen sich statisch und dynamisch auf eine Person bezieht, die den eigenen Körper im Gleichgewicht halten muss.

Die statische Gleichgewichtsfähigkeit bezieht sich auf eine schwerpunktmäßig ortsgebundene Ausführung von Gleichgewichtsaufgaben mit ausgeprägten Halteanteilen. Der Gleichgewichtserhalt in relativer Ruhestellung beruht hauptsächlich auf der Verarbeitung von Informationen des kinästhetischen und taktilen, zum Teil des statiko-dynamischen und des optischen Analysators. Das statische Gleichgewicht oder auch Lageempfinden genannt bildet eine wesentliche Grundlage für alle motorischen Aktionen, und zwar unabhängig in welcher Haltung sie ausgeführt werden.

Beim dynamischen Gleichgewicht stehen umfangreiche und oft schnelle Lagewechsel im Vordergrund, bei denen es gilt, das Gleichgewicht des Körpers zu erhalten oder wiederherzustellen. Von grundlegender Bedeutung sind hier vestibuläre Informationen, bedingt durch registrierte Reize im Bogengang, die durch Winkelbeschleunigungen hervorgerufen werden [86]. Als Maß für die Gleichgewichtsfähigkeit sehen Meinel/Schnabel „die Dauer der Aufrechterhaltung eines Gleichgewichtszustandes beziehungsweise das Tempo und die Qualität der Wiederherstellung des Gleichgewichtes“ an.

Die bei der vorliegenden Untersuchung durchgeführten Tests auf den Messgeräten Posturomed und der Kraftmessplatte dienen der Erfassung der statischen Gleichgewichtsfähigkeit sowie der dynamischen Gleichgewichts-

fähigkeit anhand des Sternschritts und der Ganggeschwindigkeit. Deshalb wird im Folgenden näher auf die Steuerung des Gleichgewichtes als Teil der Stützmotorik eingegangen.

2.3.2 Die Steuerung des Gleichgewichts

Aus physiologischer Sicht ist Koordination definiert als das Zusammenspiel zwischen dem zentralen Nervensystem (ZNS) bzw. neuromuskulären Strukturen und der Skelettmuskulatur für einen gezielten Bewegungsablauf [43].

Jede muskuläre Aktion wird bestimmt von gegenseitig abhängigen Koordinationssystemen auf drei Ebenen: dem ZNS, der intermuskulären Koordination zwischen verschiedenen Muskeln und der intramuskulären Koordination innerhalb eines einzelnen Muskels. Die morphologische Grundlage des Koordinationsvorgangs bilden Muskulatur, Sinnesorgane und Nervensystem, die zusammen das sensomotorische System darstellen.

Die Realisierung einer Handlung erfordert sowohl ein sensorisches System, das Empfindungen und Reize vom Körper selbst oder außerhalb aufnimmt und weiterleitet, als auch ein motorisches System. Daher stammt der Begriff Sensomotorik.

Das **sensomotorische System** ist für jegliche Bewegungen des Körpers und seiner Teile, die so genannte Zielmotorik, aber auch für die aufrechte Haltung und das Gleichgewicht, die gegen die Schwerkraft und andere äußere Einflüsse aufrecht erhalten werden müssen, zuständig. Im letzteren Fall spricht man auch von Stützmotorik, bei der keine sichtbaren Bewegungen des Körpers oder seiner Teile beobachtbar sind [115]. Um diese Aufgaben erfüllen zu können werden zur erfolgreichen Handlungsausführung durch die motorischen Systeme ständig Informationen aus dem sensorischen System über die aktuelle motorische Situation im ZNS verarbeitet, womit eine Anpassung der Handlung an Störeinflüsse sowie eine Feinkoordination der Bewegung möglich wird [5].

Der Zweck dieser Zusammengehörigkeit dieses sensorischen und motorischen Systems, das auch als Regelkreismodell bezeichnet wird, ist es folglich, auf einen spezifischen Reiz adäquat und spezifisch zu reagieren.

Bei der Informationsaufnahme wird nach dem Modell des Regelkreises ein äußerer und ein innerer Regelkreis unterschieden: Ersterer wird durch das akustische, taktile, verbale und visuelle Informationssystem der Sinnesorgane repräsentiert. Der innere Regelkreis besteht aus dem vestibulärem – verantwortlich für das Gleichgewicht – und dem kinästhetischen/propriozeptiven Informationssystem der Organe, die sich in Muskeln, Sehnen, Haut und Gelenken befinden. Beide Systeme sind bei Willkürhandlungen voneinander abhängig und miteinander in Reflexbögen und motorischen Programmen verknüpft.

Der teilweise Ausfall eines Systems führt zu Koordinationsstörungen, wie beispielsweise ein Fehlen des visuellen Informationssystems durch Augenschluss oder ein Ausfall propriozeptiver Informationen bedingt durch eine Hüftgelenksoperation bzw. Totalendoprothesen-Versorgung.

Die Sicherung des Gleichgewichts beim Menschen im aufrechten Gang oder beim Gang stellt aufgrund der ständigen Verlagerung des Schwerpunkts durch Atmung und Rumpfbewegung eine komplexe Aufgabe dar, da diese Störungen des Gleichgewichts aktiv kompensiert werden müssen. Dies geschieht durch so genannte „posturale Synergien“, die die Rumpf- und Beinmuskulatur in entsprechender Weise aktivieren, dass Bewegungen des Körperschwerpunktes ausgeglichen werden. Ohne diese Mechanismen würde jeder Mensch zwangsweise in sich zusammensacken [5] [108]. Eine posturale Synergie, die auch posturale Reaktion genannt wird, entsteht durch die Integration von posturalen Programmen und Reflexen, die vom ZNS zu einem zielgerichteten Verhalten zusammengesetzt werden [23] (vgl. Abb. 2). Diese Reflexe laufen dabei unterhalb der Bewusstseinssebene ab [5], wobei Latenzzeiten von ca. 100–150 ms auf eine Verrechnung auf supraspinalen Ebenen des ZNS hindeuten.

Solch eine posturale Reaktion ereignet sich beispielsweise beim Stolpern oder Stossen einer Person. Zur Wiedererlangung des Gleichgewichts erfolgt die Aktivierung der Muskelgruppen bei der Haltungskorrektur von distal – beginnend am Fußgelenk - nach proximal bis zum Körperstamm.

Ausgelöst werden die posturalen Reaktionen von Afferenzen aus Rezeptoren des Vestibularorgans und den Propriozeptoren [107], die Reize aus dem Körper empfangen (proprio=eigen).

Dieser dynamische Aspekt des Gleichgewichts wird in der vorliegenden Untersuchung ausgenutzt um Bewegungen zu messen, die auf statischen (Kraftmessplatte) und beweglichen Plattformen (Posturomed) zustande kommen, um dadurch Rückschlüsse auf die Qualität der Gleichgewichtsfähigkeit ziehen zu können.

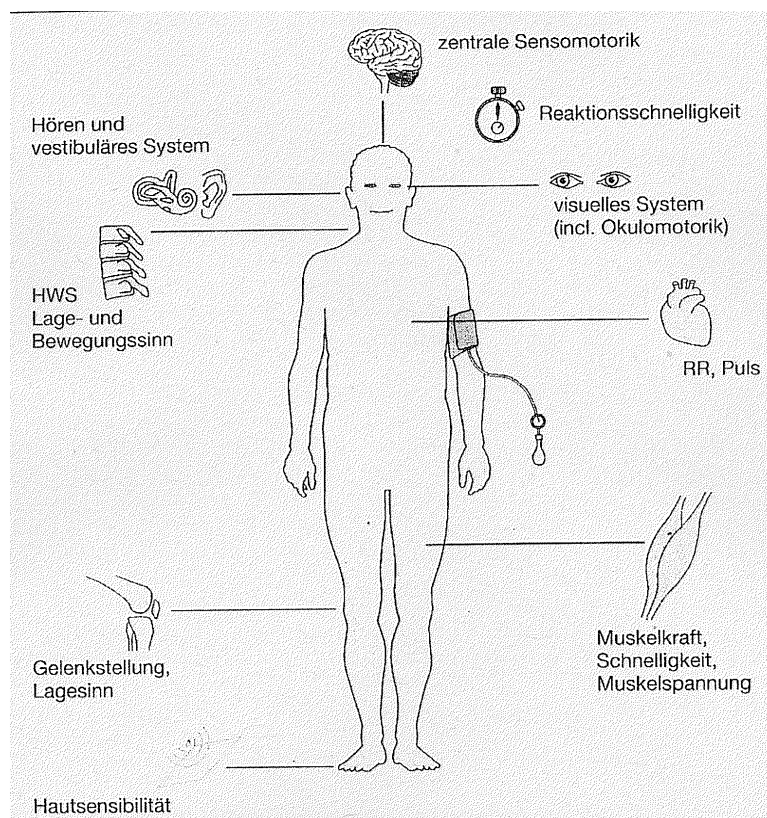


Abb. 2: Das posturale System: Gesamtheit der sensorischen und motorischen Systeme mit zentralnervöser Integration.

Die an der Koordination beteiligten sensomotorischen Systeme sind in folgenden Abschnitt näher beschrieben.

2.3.3 Die Komponenten des sensomotorischen Systems

2.3.3.1 Die motorischen Anteile

Das motorische System der Bewegungskoordination besteht aus den motorischen Zentren des ZNS (Rückenmark, Hirnstamm, Kleinhirn, motorische Hirnrinde) sowie dem peripheren motorischen System, das aus efferenten Nervenfasern und der Skelettmuskulatur besteht.

Die zentrale Aufgabe der motorischen Felder des Hirnstamms, die sich auf supraspinaler Ebene befinden, ist die Steuerung der Haltung und des Gleichgewichtes, da von hier aus die Stützmotorik im Wesentlichen kontrolliert und reguliert wird. Dabei werden über absteigende Bahnen die Reflexsysteme des Rückenmarks so gesteuert, dass eine aufrechte Haltung entgegen der Schwerkraft möglich wird und der Körper im Gleichgewicht bleibt [67], d.h. hier werden die posturalen Reaktionen koordiniert. Die haltungsmotorischen Programme werden auf die zielmotorischen Programme abgestimmt. Dazu erhalten die motorischen Felder des Hirnstamms aus dem Gleichgewichtsorganen den Propriozeptoren in Hals- und Nackenmuskulatur, dem Kleinhirn, der motorischen Hirnrinde und anderen Zentren Informationen über Muskel- und Gelenkstellung, Hautkontakte und visuelle Eindrücke, die dort verschaltet, verarbeitet, modifiziert und an die spinalen Motoneurone weitergeleitet werden [24] [108].

Im Rückenmark findet auf spinaler Ebene eine direkte Verschaltung von afferenten und efferenten Nervenfasern in Form von Reflexen ohne Zwischenschaltung übergeordneter ZNS-Strukturen statt. Die Verschaltung erfolgt unwillkürlich, kann aber von supraspinalen Zentren beeinflusst werden, wie dies beispielsweise bei den posturalen Reaktionen der Fall ist [67].

Für die Gleichgewichtsreaktion von besonderer Bedeutung sind dabei die Halte- und Stellreflexe der Hals-, Rumpf- und Beinmuskulatur sowie der Muskeldehnungsreflex, der bei der Aufrechterhaltung des Körpers und bei der Position der Extremitäten im Raum eine wichtige Rolle spielt [115].

Die peripheren motorischen Systeme, die durch die Motoneurone und die motorischen Erfolgsorgane, die Skelettmuskeln gebildet werden, stellen die

Grundspannung der Muskulatur ständig nach und ermöglichen so die aufrechte Haltung.

2.3.3.2 Die sensorischen Anteile

Zum sensorischen System zählen folgende Analysatoren, die an der Gleichgewichts- und Haltungskontrolle beteiligt sind [107]: der vestibuläre, kinästhetische Analysator des inneren Regelkreises und der optische, akustische und taktile Analysator des äußeren Regelkreises, die Teilsysteme der Sensorik darstellen und Informationen als Signale empfangen, umkodieren, weiterleiten und verarbeiten können.

Man geht heute davon aus, dass der taktile und der akustische Analysator nur eine untergeordnete Rolle bei der Handlungs- und Gleichgewichtsregulation spielen [136] [20] [29].

Die entscheidenden Komponenten des sensorischen Systems für diese Aufgaben sind der vestibuläre, der kinästhetische und der optische Analysator, wie in verschiedenen Studien belegt wurde [136] [87] [92] [134].

Im folgenden Abschnitt werden diese wichtigen Analysatoren für die Handlungs- und Gleichgewichtsregulation genauer dargestellt und anschließend ihr Zusammenspiel bei der Bewältigung dieser Aufgaben betrachtet.

Vestibulärer Analysator

Die Rezeptoren des statiko-dynamischen Informationssystems befinden sich im Innenohr, im Statholithen- und Bogengangsapparat. In Verbindung mit den Muskelrezeptoren der Hals- und Nackenmuskulatur [5] nehmen sie die Lage, Richtung-, geschwindigkeits- und Beschleunigungsänderung des Kopfes in Bezug zur Lage des Körpers und zum Schwerfeld der Erde auf. Zentrale Aufgabe des vestibulären Analysators besteht daher in der Sicherung der aufrechten Haltung und des Gleichgewichts sowie der Orientierung im Raum [122]. Die Sinnesorgane für den Orientierungssinn, der sich aus Dreh- und Lagesinn zusammensetzt, liegen in den Ampullen der drei Bogengänge und den Vorhofsäckchen unterhalb der Bogengänge. Ebenfalls eine wichtige Rolle nehmen visuelle, propriozeptive und taktile Informationen bei der Orientierung

im Raum ein. Die Sinnesorgane der Vorhofsäckchen melden Horizontal- und Vertikalbewegungen für den Lagesinn, die durch Informationen aus den Muskeln, Sehnen und Gelenken des Halsbereichs ergänzt werden.

Die Stütz- und Blickmotorik basiert auf der Verschaltung des vestibulären Systems mit dem visuellen Analysator [119]. Bei Diskrepanz der Information zwischen vestibulärem und optischen Analysator resultiert eine Unstimmigkeit im ZNS, die wir als Schwindel empfinden.

Kinästhetischer Analysator und Propriozeption

Der Wahrnehmung der Stellung und Bewegung unseres Körpers wird in heutigen Koordinationsmodellen eine wichtige Rolle zugeschrieben. Die Verarbeitung sensorischer Informationen oder Reize aus Gelenk- und Muskelafferenzen nennt sich Propriozeption oder Tiefensensibilität (kinästhetische Sensibilität), die der Wahrnehmung des Individuums über die Gliederstellung und Muskelanspannung im Raum entspricht. Laut Wilke und Froböse setzt sich die Propriozeption bzw. Tiefensensibilität aus mehreren Faktoren zusammen. Der Stellungssinn ermöglicht die Orientierung über Winkelstellung der Gelenke bzw. die Stellung zueinander (Kinästhetik). Zudem gibt der Bewegungssinn Hinweise auf die Richtung und Geschwindigkeit einer Bewegung. Darüber hinaus schätzt der Kraft- oder Widerstandssinn ab, wie viel Muskelkraft notwendig ist um eine Bewegung durchzuführen oder eine Gelenkstellung zu halten. Die Propriozeptoren, durch die Reize aus dem Körper aufgenommen werden, haben somit vor allem eine Schutzfunktion durch die Auslösung reflektorischer Kontraktionsmuster [6]. Entscheidend ist daher die Qualität der Rückmeldung an das ZNS, die von den Rezeptoren in Haut, Muskeln, Sehnen, Bändern, Gelenkkapseln und den so genannten Mechanorezeptoren abhängt die mechanische Deformierung wie Druck, Berührung, Vibration und Spannung registrieren können. Dabei sind die Propriozeptoren sehr eng mit allen anderen Analysatoren verbunden. Zu den wichtigsten Propriozeptoren sind die Muskelspindeln zu zählen, die sich überall in der Skelettmuskulatur befinden und aus einem afferenten und efferenten Teil bestehen. Während der afferente Teil über Veränderungen der Muskellänge

auch während der Dehnung bzw. Kontraktion informiert, verändert der efferente Teil die Vorspannung des Muskels.

Die Sehnenspindeln oder die Golgi-Sehnenorgane, die sich in der Gelenkkapsel befinden, nehmen nicht nur Änderungen der Gelenkwinkelstellung und Bewegungsrichtungen der Extremitäten wahr, sondern messen ebenso die Spannung der Muskel-Sehneneinheit und steuern dementsprechend den Muskeltonus. Dabei adaptieren sie nur langsam gegenüber Zug und Druck. Um den Muskel vor Überlastung durch übermäßige Spannung zu schützen, werden die Motoneurone, die diese auslösen gehemmt.

Ebenfalls die Gelenkwinkelstellung messen die Ruffini-Endigungen, die sich in der Haut, in Bändern und der Gelenkkapsel befinden. Zusätzlich kann die Geschwindigkeit der Gelenkbewegung bestimmt werden.

Die Pacini-Körperchen, die Beschleunigungen und Verzögerungen im Gelenk wahrnehmen, befinden sich auch in der Haut und der Gelenkkapsel. Eine Gemeinsamkeit mit den Ruffini-Endigungen besteht in der niedrigen Reizschwelle.

Eine hohe Reizschwelle besitzen dagegen die in fast allen Gewebsstrukturen des Organismus gelegenen freien Nervenendigungen, d.h. sie nehmen nur Gewebe überlastende und – schädigende mechanische oder chemische Reize bzw. Entzündungen wahr. Daher werden sie auch Nozizeptoren genannt, da man nach ihrer Reizung Schmerz empfindet. Ihre Aufgabe besteht in der Wahrnehmung von Beschleunigung, Verzögerung, Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit. Sie schützen das Gelenk vor Verletzungen, auch wenn die Information für das Gelenk eigentlich zu spät, nämlich nach dessen Schädigung ankommt [108].

Eine Störung der Propriozeptoren bei Arthrose und Schmerzen sowie eine eindeutige Abnahme mit dem Lebensalter wiesen Sell et al. nach.

Optischer Analysator

Der optische Analysator trägt in Zusammenarbeit mit dem vestibulären System entscheidend zur Steuerung der Haltung und des Gleichgewicht bei [110]. Bei Unterdrückung der visuellen Information kommt es zu deutlich erhöhten

Gleichgewichtsschwankungen [92] [136] [87], was deren Bedeutung für den Erhalt verdeutlicht.

Beim Erlernen von Bewegungen spielt die visuelle Information eine große Rolle, wodurch ein modellhaftes Demonstrieren einer Bewegung bei der Testdurchführung von Wichtigkeit ist.

Akustischer Analysator

Der akustische Analysator „besteht aus Distanzrezeptoren, mit denen Informationen von Vorgängen aus unterschiedlichen Richtungen und Entfernungen aufgenommen werden können“ [122]. Von Bedeutung ist der akustische Analysator, wenn bei Bewegungsausführungen akustische Signale entstehen wie beim Gehen oder Fangen eines Balles [122]. Da für eine optimale Gleichgewichtsregulation eine gleichzeitige Reizung eines weiteren Sinnsystems vermieden werden sollte, ist bei den Balancetests eine Ablenkung durch Lärm zu vermeiden [119].

Taktile Analysator

Der taktile Analysator besteht aus Mechanorezeptoren in den äußeren Hautschichten, besonders an Händen und Füßen (s. Pacini-Körperchen und Ruffini-Endigungen), und erfasst Informationen über Erschütterungen, Druckveränderungen und Beschleunigungen. Seine Bedeutung liegt bei Bewegungen, die im direkten Zusammenhang mit der Umwelt stehen, wie Berührung von Gegenständen, Wasser- und Luftwiderstand [107].

Um bei den Balancetests auf dem Posturomed und der Kraftmessplatte gleiche Bedingungen zu gewährleisten, mussten die Probanden diese Übungen ohne Schuhe ausführen.

2.3.4 Veränderungen und Trainierbarkeit im Alter

Der Ausprägungsgrad der koordinativen Fähigkeiten ist altersabhängig, da sich die Prozesse der Informationsaufnahme und –Verarbeitung aufgrund der physiologischen Altersentwicklung verschlechtern. Man geht davon aus, dass der Rückgang der Gleichgewichtsfähigkeit ab etwa dem 60. Lebensjahr feststellbar ist [66]. Eine Folge davon ist wie Untersuchungen z.B. von Wegener zeigten, dass etwa ein Drittel der über 65-Jährigen einmal pro Jahr aufgrund

von Stundunsicherheiten stürzen, was in diesem Alter meist mit mehr oder weniger gravierenden Verletzungen einhergeht [128]. Dabei passieren die meisten Stürze beim Gehen [139] und können sogar zu tödlichen Verletzungen führen [141] [114]. Die Ursachen dieser Verschlechterung der Koordination lassen sich erklären durch eine der Abnahme der Nervenleitgeschwindigkeit im Alter ebenso wie eine strukturelle Veränderung der Propriozeptoren [116], eine nachlassende Erregbarkeit der Muskulatur und eine deutliche Abschwächung der Sehnenreflexe, die eine Verschlechterung der Propriozeption insgesamt nach sich zieht [78]. Hinzukommt eine Reduktion sensorischer Zellen im Vestibularapparat und den Gelenken, eine Verschlechterung der optischen Wahrnehmung und auch eine Rückbildung neurologischer Strukturen im ZNS, was zusammen mit den schon genannten Veränderungen zu einer generell verringerten Reaktivität des Nervensystems im Alter führt [78].

Im Zusammenspiel mit den ebenfalls im Alter nachlassenden konditionellen Fähigkeiten Kraft, Schnelligkeit und Beweglichkeit ergibt sich die angesprochene beobachtbare Verschlechterung des Bewegungsbildes bei älteren Menschen.

Dies ist bei der Durchführung und Interpretation der Tests bei den größtenteils älter als 50 Jahre alten Teilnehmern zu berücksichtigen.

Es wird davon ausgegangen, dass parallel zu der Abnahme der Koordinationsfähigkeit im Alter ein Rückgang des Niveaus der physischen Leistungsfaktoren beziehungsweise der Qualität der motorischen Koordinations- und Steuerungsprozesse verläuft [111].

Dennoch bleibt die Trainierbarkeit der Gleichgewichtsfähigkeit auch im höheren Alter erhalten, wie Lord et al. bei 60-85-jährigen Frauen nach einem 12-monatigen Trainingsprogramm feststellen konnte [76].

Jedoch sind Trainierte in allen Altersstufen Untrainierten überlegen, denn „Training hat einen größeren Einfluss auf die psychophysische Leistungsfähigkeit des menschlichen Organismus als das Alter“ [130]. Bezogen auf die koordinative Leistungsfähigkeit älterer Menschen ist ebenfalls festzuhalten, dass durch körperliches Training eine Leistungsverbesserung auch noch im höheren Lebensalter möglich ist, beziehungsweise der Leistungsrückgang nach

dem Hochleistungsalter deutlich minimiert werden kann [111]. Auch die Regelmäßigkeit eines Trainingsprogramms scheint positive Auswirkungen auf die Qualität und Quantität der Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit zu haben [114]. Raussen et al. schrieben der sportlichen Bewegung und dem verbundenen Training der koordinativen Fähigkeit eine gelenkstabilisierende Schutzfunktion zu [99]. Vor allem profitieren davon Patienten mit Hüftprothese, wenn das Bewegungsmuster nach Beseitigung limitierender Kontrakturen und dadurch gesteigerter Gelenkbeweglichkeit verbessert und ebenso die gelenkübergreifende Muskulatur gekräftigt bzw. wieder aufgebaut wird.

2.3.5 Bedeutung der Gleichgewichtsfähigkeit bei Hüftpatienten und Stand der Forschung

Die Gleichgewichtsfähigkeit spielt in der Forschung aufgrund ihrer Relevanz für sämtliche Aktivitäten im täglichen Leben eine entscheidende Rolle. Von Bedeutung ist daher die statische und dynamische Gleichgewichtsfähigkeit beim Stehen ebenso wie für den sicheren Gang [37] [139] [100].

Etlche Untersuchungen finden sich in der medizinischen Literatur, die allesamt die Gleichgewichtsfähigkeit testen. Zum Einsatz kommen dabei häufig dynamometrische bzw. stabilometrische Kraftmessplatten, auf denen die Körperschwankungen anhand des Weges oder der Fläche gemessen werden, die der Körperschwerpunkt oder das Fußdruckzentrum zurücklegt bzw. umschreibt [91] [121]. Andere Methoden zur Überprüfung der Gleichgewichtsfähigkeit ist die Anwendung von Scores oder Tests, wie beispielsweise der Einbeinstand-Test, bei denen die Zeit gemessen wird, in der Probanden eine bestimmte Gleichgewichtsaufgabe erfüllen können [15].

In Hinblick auf die Gleichgewichtsfähigkeit bei Hüftpatienten mittels speziellen Koordinationstests, wurden bislang nur wenige Studien durchgeführt, wie z.B. bei Apfelbaum [1], Suchodoll [120], Ott [96] und Gehrman [33]. Eine große Anzahl an Untersuchungen mit sportmotorischen Tests liegt dagegen bei bestimmten Zielgruppen vor, bei denen es sich meist um junge Sportler handelt. Während Apfelbaum und Suchodoll Messungen nach verschiedenen Treatments durchführten, überprüften Gehrman und Ott zusätzlich die Testgütekriterien [1] [33] [96] [120].

Gehrmann entwickelte bzw. modifizierte in Zusammenarbeit mit Physiotherapeuten neun Koordinationstests für die Zielgruppe Hüftpatienten, darunter Übungen im Einbeinstand und der Sternschritt [33]. Ilg setzte diese Tests erstmals bei Teilnehmern von Hüftsportgruppen ein und konnte Verbesserungen im Verlauf des Kurses beobachten [53].

Eine Untersuchung zur Gleichgewichtsfähigkeit führte Ott auf dem Posturomed durch, wobei Teilnehmer einer Hüftsportgruppe gegenüber einer Kontrollgruppe verglichen wurden [96]. Zusätzlich erfolgte eine Überprüfung der Reproduzierbarkeit der durchgeführten Koordinationstests auf dem Posturomed. Im Bereich der Gleichgewichtsfähigkeit konnte jedoch kein eindeutiges Ergebnis festgestellt werden. Die Kontrollgruppe wies dabei deutlich schlechtere Werte bezüglich der Gleichgewichtsfähigkeit auf.

Eine Untersuchung der statischen und dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit bei Patienten nach einer Hüftoperation stellten laut Nallegowda et al. Defizite vor allem im Bereich der Propriozeption, der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit und im Gangbild im Vergleich zu einer Kontrollgruppe fest [90].

Mayer untersuchte Patienten mit Hüftarthrose und –prothese im Verlauf eines sechsmonatigen Hüftschulkurses bezogen auf Koordination, wobei sich beide Gruppen beim Test im Einbeinstand verbesserten [81]. Auffallend war ein deutlich besseres Abschneiden der Arthroseguppe.

2.4 Kraftausdauer und Beweglichkeit

2.4.1 Grundlagen

Eine Erscheinungsform mit der man Kraftzustände veranschaulichen kann, stellt die Kraftausdauer dar. Die Kraftausdauer ist generell, wie die Schnellkraft und die Reaktivkraft, der Maximalkraft hierarchisch unterzuordnen. Unter diesem Aspekt versteht man die Widerstandsfähigkeit des Muskels gegen Ermüdung bei langandauernden oder sich häufig wiederholenden Kraftleistungen [130]. Für die Qualität der Kraftausdauer sind in erster Linie hämodynamische und metabolische Vorgänge des belasteten Muskels von Bedeutung.

Bei der Beschäftigung mit einem Probandenkollektiv, das sich bereits im fortgeschrittenen Lebensalter befindet, ist es sinnvoll noch einige grundlegende Aspekte zu Kraft und Krafttraining im Alter anzusprechen. Mit zunehmendem Alter schwindet die Muskelkraft, dessen Ursache auf verschiedene Funktionsverluste zurückzuführen ist. Biologische Prozesse wie beispielsweise Veränderungen im Muskel oder neurogene Faktoren sind anzuführen ebenso wie körperliche Inaktivität, dessen Grund in allgemeiner Art oder durch krankheitsbedingt durch Immobilisation oder Bettruhe liegen kann. Je nach Trainingsgestaltung, mit einem Kraftgewinn von 9-227%, belegen Studien eine gut erhaltene Trainierbarkeit im Alter. Daher liegt hier ein erhebliches Potential für die Rehabilitation [25]. Schon Israel [55] betonte, „...dass der Mensch auch im höheren Lebensalter auf die wiederholten Kraftanforderungen adaptiv reagiert“. Ein Krafttraining im Alter beeinflusst aber nicht nur die sportliche Leistungsfähigkeit, sondern auch die Lebensqualität [25].

2.4.2 Kraftausdauer und Beweglichkeit bei Hüftpatienten

Die hüftumgreifende Muskulatur insbesondere die Abduktoren spielen die entscheidende Rolle für das Gangbild des Patienten und für die Belastung des Gelenks. Die Stabilisation des Beckens durch diese Muskeln ist demnach die Voraussetzung für das normale Gehen. Eine Muskelinsuffizienz der Hüftabduktoren, wie sie bei Hüftpatienten oft besteht, führt zu einem Abkippen des Beckens zur Spielbeinseite hin (Trendelenburgzeichen) und zu einer kompensatorischen Verlagerung des Rumpfes seitlich auf das Standbein, so dass die Schulterlinie nicht mehr parallel zur Beckenlinie ist (Duchenne-Gangbild). Diese Form der Fortbewegung verursacht nicht nur eine wesentlich stärkere Belastung des Gelenkes, so dass dies für den Prozess der Arthrosekrankheit von großer Bedeutung ist.

Eine weitere Belastung des Hüftgelenks ergibt sich durch das Extensionsdefizit des Koxarthrotikers, wenn dieses Defizit mit einer vermehrten Hüftflexion kompensiert wird. Durch einen vermehrten Aufprall des Körpers auf die Extremität und eine Mehrbelastung des Hüftgelenks, beschleunigt sich der Verschleiß des Gelenkes. Erst eine zusätzlich verminderte Hüftflexion und die

daraus resultierende starke Bewegungsumfangminderung im Hüftgelenk und eine Gangasymmetrie, die auf Kosten der Schrittlänge und Geschwindigkeit ausgeglichen wird, haben den Vorteil einer geringeren Belastung des Hüftgelenks. Da der Körper beim Gehen weniger weit nach vorne gebeugt ist [132], vermindert sich der Aufprall des Körpers auf das Hüftgelenk.

Während die Kraftausdauer bisher im Bereich der sportlichen Rehabilitation von Hüftpatienten wenig Beachtung fand, sind umfangreiche Studien zur Trainingswirksamkeit für das Kniegelenk vorhanden. Auffallend ist, dass sich die wenigen Studien zur Kraft und Kraftausdauer im Bereich des Hüftgelenks hauptsächlich mit dem Zustand unmittelbar vor und nach einer Hüftoperation beziehen. Ebenfalls mangelt es an längerfristig angelegten Untersuchungen bei Hüftarthrose- und Hüftprothese-Patienten.

Auf verbleibende Defizite im Bereich des Hüftgelenks wiesen Horstmann et al. im Bereich der Kraft, Kraftausdauer, Gangverhalten und elektrischer Ansteuerung bei arthrotischen und hüftendoprothetisch- versorgten Patienten hin [47]. Gilbey et al untersuchten Patienten im Endstadium einer Arthrose einmal unmittelbar vor einer Operation und weiterhin wie ein Trainingsprogramm direkt vor einer Operation toleriert wird beziehungsweise wie es sich auf die Wiedererlangung der körperlichen Funktionsfähigkeit auswirkt [34]. Jörger setzte seinen Schwerpunkt auf Zusammenhänge zwischen isokinetisch bestimmten Kraft- und Kraftausdauerwerten der hüftumgreifenden Muskulatur und einer Störung des Gangbildes vor und nach erfolgreich durchgeführter Hüfttotaloperation. Eine Steigerung der Kraftausdauer verhindert dabei das frühe Auftreten des Hinkmechanismus bei Hüftpatienten [48]. Horstmann et al führten eine Untersuchung der Maximalkraft vor allem im ersten postoperativen Jahr bei Patienten durch, die ein künstliches Hüftgelenk erhielten [49]. Die von Lin et al. entwickelte Testbatterie für Knie- und Hüftarthrosepatienten beinhaltet eine Prüfung der Krafftigkeiten durch einfache Tests zur Bewertung der körperlichen Funktionsfähigkeit [75]. Mayer stellte Verbesserung im Bereich der Kraftausdauer bei Patienten mit Hüftarthrose und –prothese fest, wobei die Arthrosegruppe besser abschnitt als die Prothesengruppe [81].

2.5 Sportmotorische Tests

Sportmotorische Tests finden Anwendung bei der Überprüfung koordinativer Fähigkeiten, bei denen durch Lösen sportlicher Bewegungsaufgaben unter standardisierten Bedingungen charakteristische Ergebnisparameter erfragt werden, die als Indikatoren für sportmotorische Fähigkeiten und Fertigkeiten dienen [7]. Die verschiedenen Tests lassen sich wie folgt einteilen: Koordinationstests, von denen eine Form die Gleichgewichtstests darstellen, Konditionstests, zu denen der Kraftausdauererprobungsversuch zählt, Beweglichkeitstests und Fertigkeitstests. Ob ein sportmotorischer Test den geforderten Ansprüchen genügt, wird anhand der Gütekriterien beurteilt. Zu unterscheiden sind hierbei die Hauptgütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität sowie die Nebengütekriterien wie Normierung, Vergleichbarkeit und Ökonomie [86].

3 Empirische Untersuchung

3.1 Untersuchungsstichprobe

Mittels Annoncen in regionalen Zeitungen (Tübingen, Reutlingen, Böblingen, Sindelfingen) wurden Patienten für die Studie geworben, die entweder an einer Arthrose im Hüftgelenk litten oder bereits mit einem künstlichen Hüftgelenk versorgt waren. Von insgesamt 165 Interessenten wurden nach Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien (vgl. Tab. 1) 70 Probanden in die Studie aufgenommen. Davon mussten im weiteren Verlauf der Untersuchungen elf Teilnehmer ausgeschlossen werden. Gründe hierfür waren nicht vorhersehbare Operationen im Verlauf der Intervention (n=5), fehlende Compliance (n=3), Auffälligkeiten im Belastungs-EKG (n=2) sowie eine zusätzlich stattfindende Trainingsintervention (n=1).

Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none">➤ Vorliegen einer Hüftarthrose und /oder einer Hüftprothese (mindestens 6 Monate post-OP)	<ul style="list-style-type: none">➤ Gehhilfe➤ Mehr als drei Stürze im vergangenen Jahr➤ Akute Erkrankungen am Bewegungsapparat➤ Neurologische Erkrankungen➤ Verminderte Belastbarkeit des Herz-/Kreislaufsystems➤ Sensibilitätsstörungen der unteren Extremität (PNP)➤ Nicht kompensierbare Beinlängendifferenz➤ Nicht kompensierbare Fußfehlstellungen

Die Studienpopulation bestand aus insgesamt 59 Patienten mit Hüftarthrose bzw. Hüftendoprothese, die nach Randomisation einer Trainingsgruppe (30 Probanden) und einer Kontrollgruppe (29 Probanden) zugeordnet wurden (vgl. Tab. 2). Eingeschlossen wurden zu 1/3 Prothesenträger, deren Operation mindestens 6 Monate zurücklag, sowie zu 2/3 Arthrosepatienten. Der Altersdurchschnitt, wie auch die Anzahl an Prothese- und Arthrosepatienten in den

beiden Gruppen zeigt eine homogene Verteilung. Lediglich die Aufteilung der weiblichen und männlichen Teilnehmer erfolgt unregelmäßig auf die beiden Gruppen.

Tab. 2: Stichprobe

	TRAINING	KONTROLLE	GESAMT
Anzahl	30	29	59
davon Prothese	11	10	21
davon Arthrose	19	19	38
davon männlich	19	12	31
davon weiblich	11	17	28
Alter (Mean)	62,8	61,4	62,1

Aus unterschiedlichen Gründen variierte bei den jeweiligen Untersuchungsmethoden die Gesamtzahl (n=59), die in die Auswertung der Ergebnisse einfluss. Während beim Kraftausdauer test (n=50) ein schmerzbedingtes Ausscheiden überwiegte, führte ein ungenügendes Protokollieren des Schmerztagebuches (n=52) zum Ausschluss und zuletzt traten bei den Koordinationstests auf der Kraftmessplatte (n=29) und dem Posturomed (n=32) technische Schwierigkeiten auf (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Stichprobe je Methode

	TRAINING	KONTROLLE	GESAMT
Kraftausdauer	25	25	50
Beweglichkeit	30	28	58
Sternschritt	30	29	59
Geschwindigkeit	29	27	56
Posturomed	17	15	32
Kraftmessplatte	16	13	29
Schmerztagebuch	29	23	52
SF 36	30	29	59

3.2 Untersuchungsdesign

Im Rahmen einer Eingangsuntersuchung wurden die Probanden zunächst über das Studienvorhaben informiert und konnten in diesem Zusammenhang ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme geben (s. Kapitel 9). Im Anschluss an die Anamnese erfolgte eine klinische Untersuchung, bei der neben einem Ruhe- EKG auch ein Belastungstest auf dem Laufband durchgeführt wurde, um Erkrankungen oder Veränderungen am Herz-Kreislaufsystem auszuschließen. Dazu mussten die Teilnehmer bei einer Geschwindigkeit von 5 km/h jeweils drei Minuten gehen, die Steigung des Laufbandes wurde stufenweise um 2,5% erhöht. Sobald der Proband subjektiv ausbelastet war bzw. Unwohlsein oder Schmerzen auftraten, erfolgte der Abbruch. Da beim anstehenden Training auch Ausdauer orientierte Geh- und Laufeinheiten auf dem Programm standen, wurde eine verminderte Belastbarkeit des Herz-Kreislaufsystems als Ausschlusskriterium festgelegt (vgl. Tab. 1). Bei Auffälligkeiten wurden die Teilnehmer von der Studie ausgeschlossen und die Empfehlung für eine internistische Untersuchung ausgesprochen.

Zu Beginn und am Ende der zehnwöchigen Trainingsphase wurden folgende Tests zur Evaluation des Trainingseffektes durchgeführt: Der Verlauf der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und der Schmerzsymptomatik wurde anhand standardisierter Fragebögen erfasst. Zur Überprüfung des dynamischen Gleichgewichtes dienten ein sportmotorischer Test (Sternschritt) und die Messung der Ganggeschwindigkeit. Die Auswirkungen auf das statische Gleichgewicht wurden mit Hilfe des Posturomed-Messgerätes und der Kraftmessplatte bestimmt. Ebenfalls wurden Tests im Bereich der Kraft und Beweglichkeit durchgeführt.

Im Anschluss an den ersten Messtag erfolgte die Randomisation der Probanden in eine Trainings- und eine Kontrollgruppe. Während die Teilnehmer der Trainingsgruppe in den folgenden zehn Wochen einmal wöchentlich unter Anleitung eines ausgebildeten MBT®-Instructors in Gruppen trainierten und während dieser Zeit den Spezialschuh auch zu hause tragen sollten, wurde bei der Kontrollgruppe keinerlei Intervention vorgenommen. In diesen zehn Wochen waren alle Studienteilnehmer dazu angehalten, täglich ihre Schmerzintensität

anhand eines Schmerzscore zu protokollieren. Zusätzlich führten die Probanden der Trainingsgruppe ein Trainingstagebuch mit ebenfalls täglichen Eintragungen (s. Kapitel 9.3).

Der Ablauf des Messtages zwei verlief nach demselben Muster wie der erste Messtag. Neben dem Erheben der Fragebögen folgten wiederum die Tests in den Bereichen Koordination, Kraft und Beweglichkeit (vgl. Abb. 3).

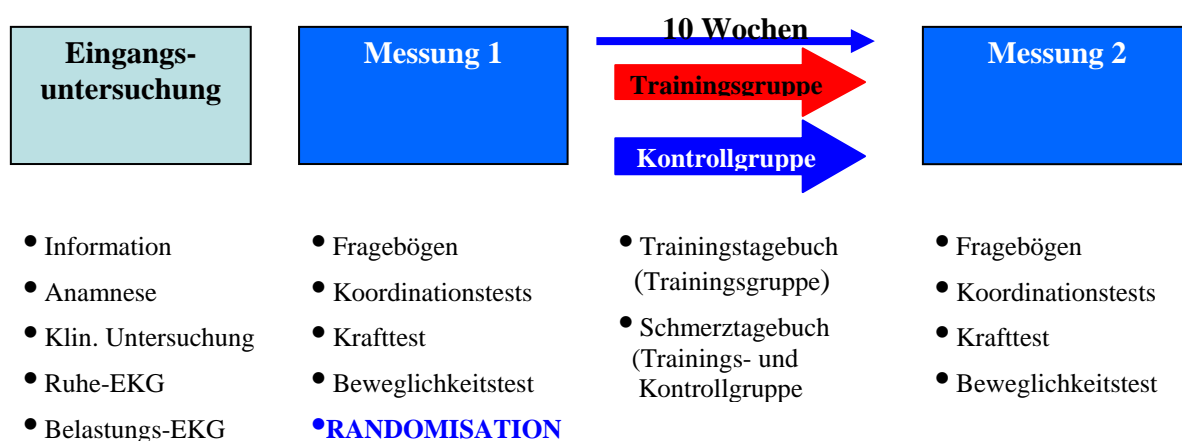


Abb. 3: Studiendesign

3.3 Masai Barfuß Technologie (MBT[®])

Die Masai Barfuß Technologie[®] wurde von dem Schweizer Ingenieur Karl Müller entwickelt und hat sich das kenianische Naturvolk der Massai zum Vorbild gemacht. Deren barfüßige Fortbewegungsart auf einem natürlichen Untergrund imponiert durch aufrechte, federnd kleine Schritten. Durch dieses aktive Gehen soll die Muskulatur trainiert und die Gelenke geschont werden.

Da im Rahmen der entwickelnden Altersstruktur unserer Bevölkerung und der daraus ergebenden steigenden Anzahl an degenerativen Erkrankungen der Gelenke [51] [55] [62] vorbeugende und Rehabilitations-Maßnahmen – auch in volkswirtschaftlicher Hinsicht - eine immer größere Rolle [72] spielen, verspricht das Konzept der Masai Barfuß Technologie[®] als neues Therapieangebot für Arthrosepatienten eine Linderung der Schmerzen, Gangunsicherheiten und Kraftdefiziten [50]. Ein Schuh als Trainingsgerät - die Masai Barfuß

Technologie[®] - soll vor allem Menschen ansprechen, die an degenerativen Gelenkerkrankungen leiden.

Beim MBT[®] handelt es sich um ein Trainingsgerät, welches auf den ersten Anblick wie ein ganz normaler Schuh aussieht. Allerdings verbirgt sich dahinter ein speziell entwickeltes Sohlendesign (vgl. Abb. 4) mit einem weichen Fersentaster (1) und einer speziell aufgebauten Sohle (2), die zusammen die durch den harten Asphalt entstehenden Schläge auf die Gelenke dämpfen. Das Balancieren auf der Kippkante (3) lässt dabei den Untergrund uneben wirken und macht ein aktives Gehen erforderlich.

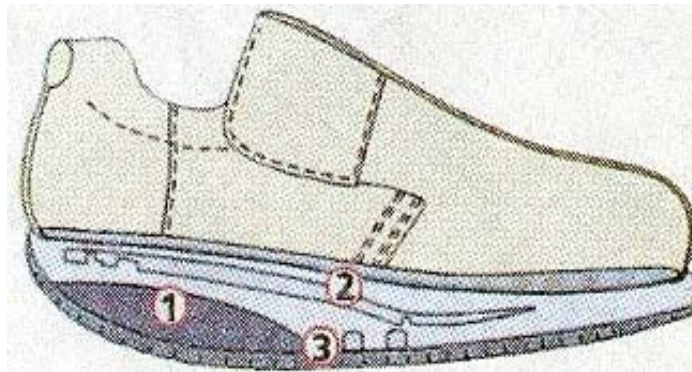


Abb. 4: Die MBT[®]-Sohlenkonstruktion

Auf diese Weise wird ein natürliches Gehen auch in einer Umgebung möglich gemacht, die durch ebene und harte Untergründe gekennzeichnet ist. Da der MBT[®] keinerlei Führungs- oder Stützelemente enthält muss ein aktives Ausgleichen dieser Instabilität durch die Fußmuskulatur erfolgen. Durch die Einbeziehung der Muskulatur im ursprünglichen Sinne wird neben einem aufrechten Haltungs- und Gangbild eine gelenkschonende Gehweise einstudiert (vgl. Abb. 5). Ein Verzicht auf Stemm- und Fallschritt und ein aktives Gehen, wobei der Schritt nahe am Körperschwerpunkt aufgesetzt und anschließend weit nach hinten gezogen wird, führt zu einer vermehrten Hüftextension und macht häufig eine Umstellung des herkömmlichen Gangbildes notwendig.

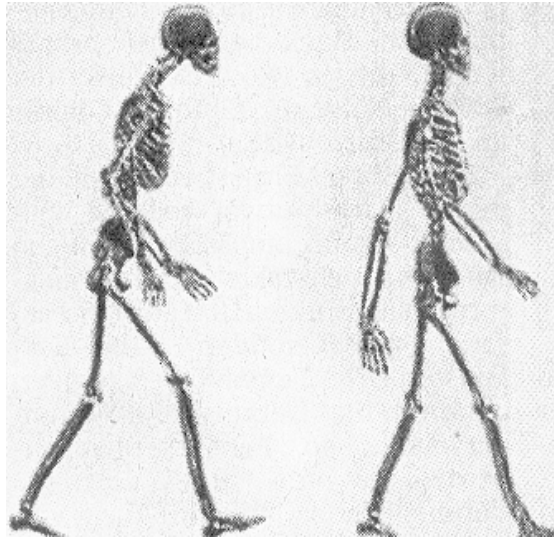


Abb. 5: Unterschied zwischen üblichem Gangbild mit Rundrücken und Fallschritt (links) und aufrechtem, aktiven Gang nach MBT[®]-Training (rechts).

Zugrunde liegt die Annahme, dass wir immer häufiger sitzenden Tätigkeiten nachgehen und die Umwelt wenige Ansprüche an unsere körperlichen Voraussetzungen stellt. Die in der Bevölkerung vermehrt auftretenden Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates sind Ausdruck dieser Entwicklung. Das Tragen des MBT[®] soll dieser Passivität entgegenwirken. Das Konzept verspricht vor allem bei Personen mit degenerativen Gelenkerkrankungen eine Linderung der Beschwerden, da durch die Umstellung der Haltung und des Gangbildes eine Reduktion der auf das Gelenk wirkenden Belastung zu erwarten ist. Diese könnte wiederum zu einer Verminderung der Schmerzen und einer daraus resultierenden Verbesserung der Lebensqualität führen.

3.4 Methoden

3.4.1 Trainingsinhalte

Für die 30 Probanden der Trainingsgruppe fand während der zehnwöchigen Studienzeit ein wöchentliches Training unter Anleitung statt. Nach der Einführung in das Gehen mit dem MBT[®] wurden die empfohlenen Übungen von der Herstellerseite - Kombi-, Alltags- und Sportübungen [140]- teils auch mit anderen Hilfsmitteln aus der Trainingstherapie kombiniert durchgeführt und durch ein Ausdauer orientiertes Geh- und Lauftraining ergänzt. Darüber hinaus

gab es eine Anleitung für die Teilnehmer zu einem selbstständigen Training zuhause oder bei der Arbeit, das täglich protokolliert werden sollte.

3.4.2 Schmerzverlauf

Der Schmerzverlauf wurde anhand eines Schmerzscore von 1-10 Schmerzpunkten erhoben (in Anlehnung an d'Aubigné et al. [70], wobei 1=„wenig Schmerz“ und 10=„sehr starker Schmerz“ bedeutet. Neben dem allgemeinen Schmerzempfinden sollten alle Probanden während der zehn Wochen täglich den Schmerz beim Gehen, beim Treppensteigen und den Ruheschmerz bei Nacht in dieser Weise protokollieren (vgl. Abb. 6).

Schmerzeinschätzung										
allgemeines Schmerzempfinden:										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Schmerzempfinden beim Gehen:										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Schmerzempfinden beim Treppensteigen:										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Schmerzempfinden bei Nacht:										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Abb. 6: Schmerzscore-Beispiel

3.4.3 Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand – SF-36 Health Survey

Erfassung der Gesundheitsbezogenen Lebensqualität

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität oder subjektive Gesundheit ist erst in jüngster Zeit als Evaluationsparameter in der Bewertung von Behandlungsmaßnahmen anerkannt worden [89]. Wie in theoretischen Teil bereits beschrieben gleicht die gesundheitsbezogene Lebensqualität einem multidimensionalen psychologischen Konstrukt und kann mit subjektiven Gesundheitsindikatoren gleichgesetzt werden. Eine Einteilung kann in vier grobe Richtungen erfolgen:

1. das psychische Befinden,
2. die körperliche Verfassung,
3. die sozialen Beziehungen,
4. die funktionale Kompetenz der Befragten [13].

Ein wichtiges Kriterium zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ist, dass die Patienten selbst Auskunft über ihr Befinden und ihre Funktionsfähigkeit geben. Der SF-36 Health Survey stellt dabei die gekürzte Version eines Messinstrumentes dar, das in der Medical Outcome Study entwickelt wurde und von 100 auf 36 Test-Items reduziert wurde [13]. Die Auswahl des Fragebogens SF-36 erfolgte aufgrund der internationalen Anerkennung und den damit verbundenen erfüllten hohen Testgütekriterien. Des Weiteren gilt der SF-36 als führendes Instrument zur Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität [127]. Das Vorliegen einer deutschen Normstichprobe ermöglicht zusätzlich eine Einordnung der Ergebnisse in das Gesamtbild der Bevölkerung.

Aufbau des Fragebogens

Der SF-36 Health Survey besteht aus einem Fragebogen mit 36 Items, die verschiedenen Themenbereichen zuzuordnen sind. Jedes Item thematisiert dabei selbst eine Skala oder ist Teil einer solchen. Durch Skalenbildung wird versucht, den Gesundheitszustand von den Befragten in acht verschiedenen

Dimensionen wiederzugeben (vgl. Tab. 4). Die Veränderung des allgemeinen Gesundheitszustandes im Vergleich zum Vorjahr wird in einer neunten Skala erfasst, die aus nur einem Item besteht.

Tab. 4: Gesundheitskonzept mit Item- und Stufenzahl und Inhalt der SF-36 Skalen

Konzepte	Items	Stufen	Beschreibung
Körperliche Funktionsfähigkeit	10	21	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten wie Selbstversorgung, gehen, Treppen steigen, bücken, heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt
Körperliche Rollenfunktion	4	5	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen
Körperliche Schmerzen	2	11	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im als auch außerhalb des Hauses
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	21	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich aktuellem Gesundheitszustand, zukünftigen Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
Vitalität	4	21	Sich energiegeladen und voller Schwung fühlen versus müde und erschöpft
Soziale Funktionsfähigkeit	2	9	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
Emotionale Rollenfunktion	3	4	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen; u.a. weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
Psychisches Wohlbefinden	5	26	Allgemeine psychische Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Gestimmtheit
Veränderung der Gesundheit	1	5	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

Die Antwortkategorien variieren dabei von Fragen mit bis zu sechsstufigen Antwortskalen bis hin zu einfache zu beantwortende „Ja“/„Nein“ Fragen. Eine einfache und klar verständliche Fragestellung ermöglicht unabhängig von Alter und Gesundheitszustand einen Selbstbericht zur Beurteilung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Bei vorliegender Untersuchung handelt es sich um die Selbstbeurteilungsform mit einem Zeitfenster von vier Wochen.

Bei der Erhebung des Gesundheitszustandes mit dem SF-36 werden die Patienten dazu angewiesen, die Antwortalternative anzukreuzen, die ihrem Erleben am nächsten kommen. Nach Ausfüllen des Fragebogens, das durchschnittlich zehn Minuten benötigt, sollten diese auf Vollständigkeit überprüft werden um die Auswertbarkeit durch die Auslassung mehrerer Items nicht zu gefährden.

Einsatzbereich und Indikation

Der SF-36 bietet einen breiten Einsatzbereich, da sowohl gesunde als auch kranke Personen ab 14 Jahren bis ins höchste Lebensalter untersucht werden können. Besonders vielfältige Einsatzbereiche sind im angloamerikanischen Sprachraum zu belegen. Neben einer Verwendung des Fragebogens in verschiedenen Erkrankungsgruppen und klinischen Studien zur Beurteilung verschiedener Therapieformen findet er auch zunehmend Einsatz im Bereich der Indikation von Behandlungen bzw. der Evaluation von individuellen Behandlungsmaßnahmen. Im deutschen Sprachraum wird der Einsatz des SF-36 in Rehabilitationskliniken und zunehmend vielen Einrichtungen diskutiert. In einigen Pilotstudien wird der Fragebogen auch zur Prüfung der Wirkung unterschiedlicher Rehabilitationsformen im Sinne einer Outcome-Messung eingesetzt [13].

3.4.4 Koordination: Statische Gleichgewichtsfähigkeit

Der Einbeinstand wird von Rieder/Lehnertz als Beispiel für einen Test zur Beurteilung der statischen Gleichgewichtsfähigkeit im Bereich der Koordinationstests dargestellt [101]. Verschiedene Tests im Einbeinstand werden auch von Bös im Rahmen von sportmotorischen Tests zur Koordination angeführt [8]. Die dargestellten Tests im Einbeinstand wurden von Gehrmann

im Hinblick auf die Zielgruppe von Hüftpatienten modifiziert und auf Testgütekriterien überprüft [33].

Bei vorliegender Untersuchung erfolgte die Durchführung des Einbeinstandes zur Bestimmung der statischen Gleichgewichtsfähigkeit mit Hilfe der Messgeräte Kraftmessplatte (Force) und Posturomed [96].

Zur Gewährleistung der Testgütekriterien erfolgte eine möglichst hohe Standardisierung des Testumfeldes und der Testdurchführung. Dazu wurde vor Beginn des Testes dem Probanden der komplette Versuchablauf beschrieben und vom Versuchsleiter bildlich demonstriert. Um sich an das jeweilige Gerät zu gewöhnen, erfolgte ein Probedurchgang jeweils mit beiden Beinen.

Folgende Körperhaltung wurde von den Probanden eingenommen: die Arme vor der Brust gekreuzt, das Standbein (Testbein) im Knie leicht gebeugt (10°), das Spielbein ohne Kontakt mit dem Standbein, offene Augen mit Blick nach vorne und Fixierung eines Punktes.

Durchgeführt wurde der Einbeinstand barfuss in drei Versuchen jeweils mit dem rechten und dem linken Bein. Die Zeitnahme erfolgte dabei nach Lösen des Bodenkontaktes des Spielbeins über sechs Sekunden. Bei einer Bodenberührung des Spielbeins oder Wegbewegen von der Ausgangsstellung durch hüpfen, herumrutschen etc. wurde der Versuch nicht wiederholt und gesondert vermerkt.

3.4.4.1 Kraftmessplatte (Force)

Beim Einbeinstand auf der Kraftmessplatte kam es zur Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufes der Bodenreaktionskraft (Centre of Force, COF). Die Ortsaufzeichnung der COF-Werte erfolgte mit einer Messgenauigkeit von 1 mm. Die Messwerte wurden mit einem in der Orthopädischen Klinik der Universität Tübingen entwickelten Excel-Programm über eine serielle Schnittstelle aufgezeichnet und ausgewertet. Dabei wurde das Wegsignal vom gemittelten Kraftschwerpunkt aus, als Mittelwert aller x- und y- Werte, über sechs Sekunden mit einer Aufzeichnungsfrequenz von 30 Hertz (Hz) errechnet. Der jeweilige Kraftschwerpunkt wird dabei als Null im Koordinatensystem definiert. Zur Beurteilung kam der mittlere Abstand des COF zu den jeweiligen

Messzeitpunkten in Millimetern, der Aussagen über die Schwankungsstrecke und somit über die Standstabilität des Probanden zuließ (vgl. Abb. 7).



Abb. 7: Einbeinstand Kraftmessplatte

3.4.4.2 Posturomed

Das Therapiegerät Posturomed der Firma Haider Bioswing GmbH kam ebenfalls zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit zum Einsatz kommt (vgl. Abb. 8). Das Posturomed ist nach Herstellerangaben ein „Therapiegerät für propriozeptive posturale Behandlung im Rahmen des sensomotorischen Trainings“ [98]. Die Reproduzierbarkeit beim Einsatz des Therapiegerätes Posturomed als Messgerät mit dem Ziel den Trainingserfolg hinsichtlich der Standstabilität zu quantifizieren konnte bestätigt werden [53] [96].

Die Posturomed Balance Plattform besteht aus einer 60x60 cm großen Plattform, die an speziellen Schwingelementen – so genannten Bioswing-Elementen - aufgehängt ist und einen abnehmbaren Armgeländer zur Sicherung der Probanden. Durch eine spezielle Aufhängung an definiert gedämpften Schwingelementen lässt die sich diese Plattform in horizontaler Ebene in alle Richtungen schwingend bewegen und ahmt somit instabile Untergründe nach [84] [102], wie sie auf unebenen Wegen oder beim versehentlichen Stolpern in der Natur auftauchen. Die spezielle Aufhängung der Plattform führt dazu, dass sie durch die Eigenschwingung des Übenden in Schwingung versetzt wird und kann durch Arretieren der angebrachten

Bremsen noch verstärkt werden. Da sich bei Ott in Voruntersuchungen zeigte, dass bei geöffneten Bremsen kaum ein Proband die Übungen erfolgreich durchführen konnte [96], wurde auf das Lösen der Bremsen verzichtet.

Auf dem Posturomed wurden die Daten des Einbeinstandes über sechs Sekunden mit offenen Augen in drei Versuchen erhoben. Dabei mussten zwei verschiedene Tests absolviert werden: Neben dem einfachen Einbeinstand bestand die zweite Aufgabe aus einem Einbeinstand mit zwei Schritten Anlauf.



Abb. 8: Einbeinstand Posturomed

3.4.4.3 Software DigiMax[®]

Unterhalb des Posturomed ist ein berührungsloses Wegaufnahmesystem, eine Messsonde montiert, welche die Schwingungen in der y-Achse und in der x-Achse mit einer Frequenz von 100 Hz und einer Messgenauigkeit von 0.1 mm aufnimmt. Diese Schwingungen wurden mit Hilfe eines Wegsignals aufgezeichnet. Dabei wurde der Weg zum jeweiligen Zeitpunkt in x- und y-Richtung angegeben. Zur Auswertung kam der Gesamtweg in mm, der sich aus dem Pythagoras ergibt. Die DigiMax[®] Mess- und Auswertesoftware der Firma mechaTronic (Münster) ist geeignet, die Daten nach Wege- und Zeitgesichtspunkten auszuwerten.

3.4.5 Koordination: Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit

Der Sternschritt-Test gilt als allgemeiner Koordinationstest mit dem Geltungsbereich Reaktionsfähigkeit, Schnelligkeit und Gesamtkörperkoordination bei

Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen [131]. Anwendung fand dieser Test im Rahmen einer Untersuchung von Patienten mit knieendoprothetischem Gelenkersatz [11]. Eine Vereinfachung dieses Testes mit vier aktiven Kontaktplatten und einer Zeitmesseinrichtung erfolgte durch Gehrman im Hinblick auf eine Eignung für die Zielgruppe der Hüftpatienten und damit er mit einfachen Hilfsmitteln an jedem Ort durchzuführen ist [33]. Da es sich bei der Bewegungsabfolge um ein kontrolliertes Auslenken und Wiederherstellen des Gleichgewichtes handelt, misst der Test nach Gehrman die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit [33].

3.4.5.1 Sternschritt

Das Testfeld bestand aus fünf Quadraten mit 40 cm Seitenlänge, das mittels Tape am Boden angebracht wurde (vgl. Abb. 9). Ziel war eine vorgegebene Abfolge von Schritten mit Wechsel des Standbeines in möglichst kurzer Zeit zu bewältigen.



Abb. 9: Testdurchführung Sternschritt

Durchführung

Ausgehend von der beidbeinigen Ausgangsstellung im mittleren Feld galt es zwei Abfolgen im Uhrzeigersinn zu absolvieren (vgl. Abb. 10).

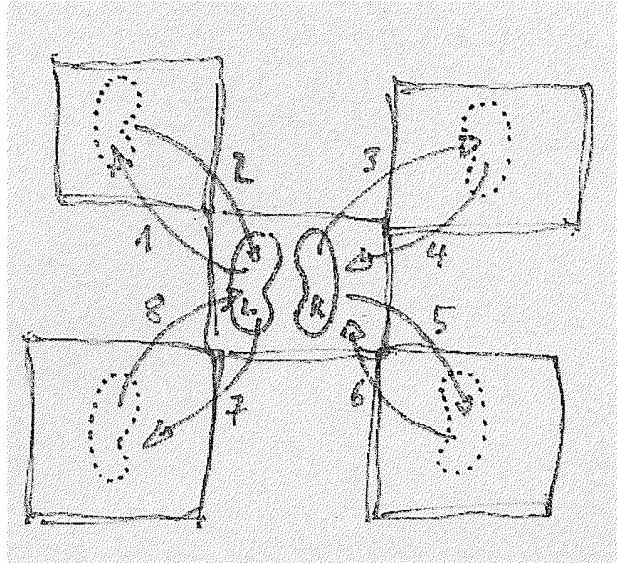


Abb. 10: Schrittabfolge beim Sternschritt

Bei Erreichen der beidbeinigen Ausgangsposition nach zwei Abfolgen wurde die Zeit gestoppt. Nach einem Probedurchgang kam der bessere Versuch von zwei Testdurchgängen zu Auswertung.

3.4.5.2 Freegatespeed (Ganggeschwindigkeit)

Mit steigendem Lebensalter sind eine Abnahme des Körpergleichgewichts und eine Verschlechterung des Gangbildes zu beobachten. Literaturrecherchen bezüglich der Hypothese, dass dieser rückläufige Prozess durch geeignete Interventionsmaßnahmen in Form von verschiedenen Bewegungsprogrammen aufgehalten bzw. umgekehrt werden kann, lieferten widersprüchliche Ergebnisse bezüglich der Effektivität der durchgeführten Trainingsprogramme. Einige Studien [80] [27] konnten Verbesserungen bezüglich des Körpergleichgewichts und des Ganges nachweisen, die sich z.B. äußerten durch eine Reduzierung der Körperschwankung, gemessen auf einer Kraftmessplatte, oder eine Erhöhung der Ganggeschwindigkeit. Ebenfalls im Zusammenhang mit der Ganggeschwindigkeit ist von Bohannon die Muskelkraft der unteren Extremitäten beschrieben [17]. Nach Judge und Potter ist die Abnahme der Ganggeschwindigkeit ein Zeichen für Verschlechterung basierend auf der adäquaten Muskelstärke, der neuromuskulären Kontrolle oder einem funktionierendem Gelenk der unteren Extremität [59] [97].

Als Ausdruck des Zusammenhangs von Gangsicherheit und Ganggeschwindigkeit wird von einer Erhöhung der Geschwindigkeit ausgegangen, welche in vorliegender Untersuchung anhand eines Tests im freien Gehen (Freegatespeed) geprüft wurde [33] [105].

Durchführung

Hierbei wurde eine vom Probanden selbst gewählte Geschwindigkeit über sechs Meter mittels Lichtschrankenmessung gemessen (vgl. Abb. 11). Als Vorgabe galt es sich die Situation einer freien Strecke vorzustellen und diese in einem für sich „normalen“ Gangtempo zu absolvieren.

In die Auswertung kam der Mittelwert dreier durchgeführter Wiederholungen.



Abb. 11: Testdurchführung Freegatespeed

3.4.6 Kraftausdauer

Das Ziel des Kraftausdauertests war eine möglichst alltagsnahe Belastung mit besonderem Augenmerk auf die hüftumgreifende Muskulatur sowie einer einfachen Durchführung. Die zu bewältigende Last stellte dabei das eigene Körpergewicht dar mit dem die vorgegebene Übung möglichst langes durchgeführt werden sollte bis verschiedene Kriterien zum Abbruch führten. Eine entscheidende Rolle spielte bei diesem Test eine genaue Übungsausführung und eine ständige Ausführungskontrolle durch den Testleiter.

Durchführung

Zur Prüfung der Hüftabduktoren stand das Standbein auf einem erhöhten Absatz (Step-Aerobic Plattform), während das Spielbein zum Takt eines Metronoms seitlich abgesenkt und wieder angehoben wurde (vgl. Abb. 12 u. 13). Das Becken musste soweit gekippt werden bis die Ferse des Spielbeines auf dem unteren Stepper aufsetzte. Das Standbein musste dabei gestreckt bleiben, damit eine Belastung der Hüftmuskulatur und nicht der Oberschenkelmuskulatur gewährleistet war. Daraufhin wird das Becken wieder angehoben und die Fußsohle des Spielbeins neben das Standbein gestellt, d.h. das Becken erreicht hier mindestens eine waagerechte Endposition. Eine Hand durfte zur Unterstützung des Gleichgewichtes auf eine Stange der Sprossenwand gelegt werden, wobei ein Festhalten bzw. Unterstützung der Bewegungsausführung nicht erlaubt war. Eine unsaubere Ausführung wie auch eine Ermüdung der Muskulatur, auftretende Schmerzen und zu geringes Tempo nach Metronom-Vorgabe (50 Wdh./min) führten zum Abbruch des Tests. Dabei war die maximale Anzahl auf 100 Wiederholungen begrenzt.

Nach Erklärung durch den Testleiter und einem Probeversuch erfolgte die beidseitige Übungsausführung.

Um eine möglichst standardisierte Testsituation zu gewährleisten, wurde versucht verschiedene Störgrößen durch einheitliche Testbedingungen und eine neutrale, sachliche Rolle des Testleiters zu vermeiden



Abb. 12: Testdurchführung Kraftausdauer: Absenken des Spielbeins



Abb. 13: Testdurchführung Kraftausdauer: Anheben des Spielbeins)

3.4.7 Beweglichkeit

Die Bestimmung der Beweglichkeit des Probanden erfolgte anhand der Hüftgelenksflexion mittels Neutral-Null-Methode (vgl. Abb. 14). Zusätzlich wurde jeweils die Dehnfähigkeit der vorderen (M. rectus femoris) und hinterer Oberschenkel- und Hüftmuskulatur (M. ischiocrurale/M. iliopsoas) modifiziert nach *Janda* gemessen. Die Einteilung erfolgte anhand Graden in *normal (n)*, *leicht (l)*, und *stark(d)* eingeschränkt beweglich.

Ischiocruralen Muskulatur und des M. rectus femoris:

n	>=	80°
l	=	75°- 60°
d	<=	60°

M. iliopsoas:

n	=	unter Horizontale
l	=	Horizontale
d	=	über Horizontale



Ab. 14: Messung Hüftgelenksflexion

3.4.8 Statistische Verfahren

Bei vorliegender Untersuchung handelt es sich um eine prospektive Längsschnitt- Untersuchung, die als Stichprobe Patienten mit Hüftarthrose oder Hüftendoprothese einschloss.

Die erhobenen Daten wurden unter Verwendung des Statistik-Programms JMP 4.0 vom SAS Institute Inc. in eine Datenbank eingegeben und gespeichert. Eine Plausibilitätskontrolle erfolgte durch eine doppelte, von einander unabhängige Eingabe und anschließender Korrektur der Daten. Bei der Auswertung konnten nur Probanden berücksichtigt werden, die den Test jeweils in der ersten und zweiten Messung absolvierten. Zur Darstellung der Ergebnisse wurde ebenfalls das Programm JMP 4.0 sowie auch Microsoft Excel herangezogen.

Bei der Auswertung wurde auf eine Differenzierung der Gruppe hinsichtlich Beschwerdebild (Arthrose vs. TEP), Alter und Geschlecht aufgrund der sich reduzierenden Stichprobengröße keine Rücksicht genommen.

Die Ergebnisse wurden deskriptiv dargestellt (Range, Quantile, Box plots, arithmetischer Mittelwert sowie Standardabweichung).

Die Verteilungen der Daten und die Unterschiede zwischen den Messtagen werden mit JMP 4.0 durch Boxplots graphisch dargestellt. Hierbei wird zwischen dem ersten und dritten Quartil ein Kasten aufgebaut, in welchen 50 Prozent aller Beobachtungen fallen. Die seitlich angesetzten Schnurhaare (Whiskers) vermitteln den Eindruck, wie weit die restlichen 50 Prozent der Daten streuen. Wenn der Median nicht in der Mitte des Kastens angeordnet ist, handelt es sich um eine schiefe Verteilung, Werte außerhalb der Whiskers lassen auf Ausreißer schließen [39]. Die Whiskers werden bis auf die Distanz von $\pm 1,5 \cdot$ (Interquartilsabstand) ausgezogen. Bei schiefen Verteilungen wird das arithmetische Mittel zusätzlich herangezogen. Zur Bestimmung, ob eine Normalverteilung vorliegt, kann also die Verteilung der Daten einen ersten Anhaltspunkt liefern. Bei Betrachtung der Quantil Box Plots zeigt sich eine Normalverteilung der Daten, wenn die Distanz zwischen den Quantilen gleich groß ist. Liegen die Quantile beispielsweise in einem Diagramm auf der einen Seite dicht beisammen und haben große Abstände auf der anderen Seite, kann

es sich nicht um normalverteilte Daten handeln. Bei einer Überlagerung des Medians und des arithmetischen Mittels ist von einer Normalverteilung auszugehen.

3.4.9 Statistische Auswertung des SF-36

Bei der Berechnung der Items und Skalen entspricht ein höherer Wert einem besseren Gesundheitszustand, wobei die Skalenrohwerte in eine Skala von 1 bis 100 transformiert werden. Höhere Skalenwerte reflektieren somit einen besseren Gesundheitszustand in der jeweiligen gesundheitlichen Dimension. Um die Gruppen miteinander vergleichen zu können wurden die jeweiligen Mittelwerte berechnet. Dazu liegen genau spezifizierte Anweisungen vor, damit eine Standardisierung der Auswertung gewährleistet ist und ein Vergleich mit Ergebnissen aus anderen Studien ermöglicht wird.

Bei vorliegender Studie erfolgte nach doppelter Dateneingabe zur Fehlerkontrolle eine Berechnung und Transformation der Rohskalenwerte mit Hilfe des Programms JMP 4.0 durch Erstellen von Formeln basierend auf der Vorlage von Bullinger/Kirchberger [13].

Die Ergebnisse werden graphisch in Form von Netzdiagrammen mit Microsoft Excel[®] dargestellt. Zur besseren Charakterisierung und Einordnung der Testwerte der Hüftpatienten dient ein zusätzlicher qualitativer Vergleich mit einer deutschen Normstichprobe. Obwohl die Skalenwerte eigentlich ordinalverteilt sind, sind bei der deutschen Normstichprobe ebenfalls arithmetische Mittelwerte mit dazugehörigen Standardabweichungen angegeben. Nach einem speziellen Verfahren, das bei Bullinger/Kirchberger näher beschrieben ist, können die Skalenwerte jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit als intervallskaliert angesehen werden [13]. Dies erklärt eine Darstellung von arithmetischen Mittelwerten und Standardabweichungen bei der deutschen Normstichprobe. Anhand von Netzdiagrammen werden somit die arithmetischen Mittelwerte der Ergebnisse der ersten und zweiten Messung dargestellt und mit der deutschen Normstichprobe verglichen.

Als weitere Größe wird die Effektgröße ε genauer betrachtet, die sich wie folgt berechnet:

$$\varepsilon = \frac{\bar{x}_{M2} - \bar{x}_{M1}}{s_{M1}}$$

\bar{x}_{M2} beschreibt den Mittelwert nach der Interventionsphase, \bar{x}_{M1} den Mittelwert und s_{M1} die Standardabweichung vor der Intervention.

Cohen definiert eine Effektgröße von 0.2 als klein, eine von 0.5 als moderat und Effektgrößen von 0.8 und mehr als groß [22].

Zusätzlich wurde der Vergleich zwischen Studienpopulation und der deutschen Normstichprobe im vergleichbaren Altersbereich gezogen [13]:

$$z - Wert = \frac{\bar{x}_{studienpopulation} - \bar{x}_{Norm}}{s_{Norm}} .$$

Bei positiven Werten liegen die Werte der Untersuchungsstichprobe über denen der deutschen Normstichprobe, negative z-Werte weisen auf eine schlechtere Lebensqualität der zu untersuchenden Population im Vergleich zur Normpopulation hin.

3.5 Datenverarbeitung

Im Anschluss an den ersten Messtag erfolgte mittels Randomisation eine Aufteilung in eine Trainingsgruppe (n=30) und eine Kontrollgruppe (n=29). Aufgrund der unterschiedlichen Krankheitsbilder und Krankheitsverläufe bei Koxarthrose beziehungsweise Versorgung mit einer Endoprothese wurden die Teilnehmer weiter unterteilt in eine Arthrosegruppe und eine Prothesengruppe. Im weiteren Verlauf stellte sich jedoch heraus, dass die Probandenzahlen der jeweiligen Gruppe (10-19 Probanden) zu klein waren um definitive Aussagen machen zu können, da „Ausreißer“ das Gesamtbild stark beeinflussten.

Bei der Auswertung der Koordinationstests, der Kraftausdauer und der Beweglichkeit wurde bei einseitig betroffenen Patienten (Arthrose/TEP) jeweils

nur der Testwert der betroffenen Seite berücksichtigt, bei beidseitiger Arthrose oder TEP-Versorgung wurde die in das Ergebnis einfließende Seite randomisiert. Bei Mischdiagnosen erfolgte die Zuordnung zur Prothesengruppe, wobei auch hier nur der Testwert der betroffenen Prothesenseite betrachtet wurde. Dadurch war gewährleistet, dass jeder Proband nur einmal mit der betroffenen Seite in die Auswertung der Ergebnisse einfluss.

4 Ergebnisse

Zuerst erfolgt die jeweilige Darstellung und Beschreibung der Messwerte der Trainings- und der Kontrollgruppe zu Beginn und am Ende der Studienzeit anhand verschiedener Graphiken, Diagrammen und gegebenenfalls Tabellen. Bei der Auswertung wurde im Allgemeinen auf eine Differenzierung der Gruppen hinsichtlich Beschwerdebild (Arthrose vs. TEP), Alter und Geschlecht aufgrund der sich daraus ergebenden reduzierten Stichprobengröße keine Rücksicht genommen.

4.1 Schmerzverlauf

Die Trainingsgruppe zeigte während der zehnwöchigen Trainingsintervention eine Abnahme der Schmerzintensität in allen vier Schmerzkategorien (allgemeiner Schmerz, Schmerz beim Gehen, Schmerz beim Treppensteigen, Ruhe-Nachtschmerz).

Beispielhaft lässt sich die Entwicklung anhand der Schmerzkategorie *allgemeiner Schmerz* beschreiben: zu Beginn lagen beide Gruppen noch auf gleichem Niveau (Trainingsgruppe 2,66 P./Kontrollgruppe 2,63 P.). Nach zehn Wochen wurden jedoch von der Trainingsgruppe deutlich weniger Schmerzen angegeben (2,13 P.), während sich die Schmerzeinschätzung der Kontrollgruppe kaum veränderte (2,57 P.).

In den jeweils anderen Schmerzqualitäten war ein ähnliches Bild zu erkennen. Im Einzelnen sanken die Schmerzeinschätzungskurven in der Kategorie *allgemeiner Schmerz* bei der Trainingsgruppe von 2,66 auf 2,13 Punkte (-0,53 P.) bei einer geringen Abnahme in der Kontrollgruppe um 0,06 Punkte (vgl. Abb. 15). Ebenfalls konnte bei der Trainingsgruppe eine Verringerung der *Schmerzen beim Treppensteigen* um 0,57 Punkte verzeichnet werden (Kontrollgruppe -0,15 P.). Beim *Gehen* ergab sich bei der Trainingsgruppe sogar eine Schmerzreduktion von 0,6 Punkten, während sich der *Nachtschmerz* um 0,44 Punkte verbesserte (vgl. Tab. 5 u. Tab. 6). Die Kontrollgruppe blieb nach 10 Wochen in den verschiedenen Schmerzkategorien jeweils auf ähnlichem Schmerzbeginn wie zu Studienbeginn.

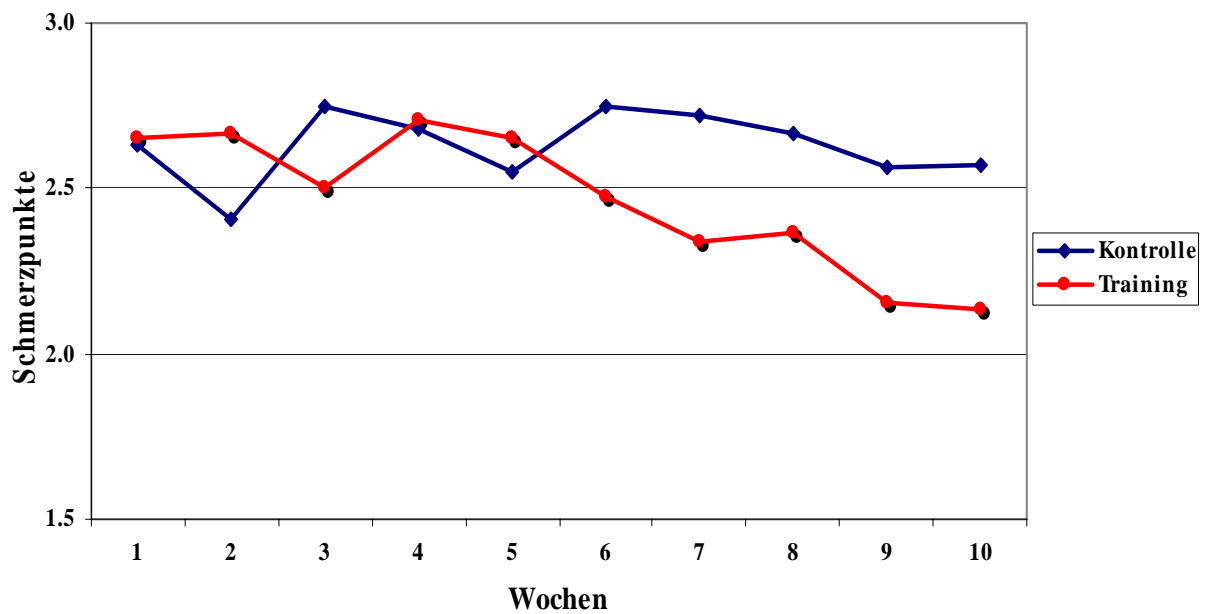


Abb. 15: Allgemeiner Schmerz

Tab. 5: Schmerzverlauf Trainingsgruppe

Wochen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Allgemein	2.66	2.67	2.50	2.71	2.66	2.47	2.34	2.36	2.16	2.13
Gehen	2.97	2.84	2.60	2.83	2.81	2.54	2.54	2.47	2.41	2.37
Treppen	2.73	2.59	2.52	2.68	2.63	2.46	2.46	2.35	2.18	2.16
Nacht	2.35	2.40	2.33	2.34	2.29	2.30	2.30	2.01	2.05	1.91
Gesamt	10.70	10.47	9.96	10.56	10.38	9.76	9.76	9.20	8.80	8.57

Tab. 6: Schmerzverlauf Kontrollgruppe

Wochen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Allgemein	2.63	2.40	2.75	2.68	2.55	2.75	2.72	2.66	2.57	2.57
Gehen	2.93	2.63	2.99	2.84	2.70	2.76	2.76	2.83	2.69	2.78
Treppen	2.81	2.46	2.61	2.63	2.6	2.67	2.67	2.67	2.51	2.65
Nacht	2.32	2.17	2.41	2.39	2.30	2.43	2.43	2.34	2.25	2.25
Gesamt	10.68	9.59	10.8	10.5	10.0	10.6	10.6	10.5	10.0	10.23

Weitere Graphiken der Schmerzqualitäten *Gehen, Treppensteigen, Nacht- und Gesamtschmerz* sind dem Anhang zu entnehmen (S. Kapitel Sonstige)

4.2 Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand – SF-36 Health Survey

In den folgenden Netzdiagrammen sind die einzelnen Skalen zusammenfassend dargestellt, wobei Abkürzungen verwendet werden, die folgender Tabelle zu entnehmen sind (vgl. Tab. 7):

Tab. 7: SF-36 Skalen und Abkürzungen

Skala	Abkürzung
Körperliche Funktionsfähigkeit	KÖFU
Körperliche Rollenfunktion	KÖRO
Körperliche Schmerzen	KÖSCHM
Allg. Gesundheitswahrnehmung	ALLG
Vitalität	VITA
Psychisches Wohlbefinden	PSYC
Emotionale Rollenfunktion	EMRO
Soziale Funktionsfähigkeit	SOFU

4.2.1 Vergleich Ergebnisse Studienpopulation mit deutscher Normstichprobe

Auf den ersten Blick fällt auf, dass die Werte für die psychischen Skalen deutlich höher liegen als für die körperlichen Skalen. Die *emotionale Rollenfunktion (EMRO)* wies ein arithmetisches Mittel von rund 90 Punkten auf, während dagegen die Körperliche Schmerzskala – außer der Trainingsgruppe bei der zweiten Messung - die 60 Punkte-Marke nicht überschreiten konnte.

Als Grund kann die gemeinsame Grunderkrankung (degenerative Hüfterkrankung) angeführt werden, welche die deutlichen Defizite im körperlichen Bereich im Vergleich zur durchschnittlichen deutschen Bevölkerung (Normgruppe der 61-70-Jährigen) erklärt.

Am deutlichsten war das bei den *körperlichen Schmerzen* zu erkennen (Defizit=19 Punkte). Jedoch waren auch grundlegende Tätigkeiten wie beispielsweise Treppensteigen oder sich anziehen (*körperliche Funktionsfähigkeit*; Defizit=10 Punkte) und auch die Beurteilung der *allgemeinen Gesundheit* (Defizit=10 Punkte) beeinträchtigt. In den anderen Bereichen bestand keine wesentliche Diskrepanz zur deutschen Normstichprobe. Folgende Abbildung vergleicht die Studienpopulation mit der deutschen Normstichprobe im vergleichbaren Altersbereich (61-70-Jährige) anhand eines z- Wertes, der errechnet wurde [14]:

$$z - Wert = \frac{\bar{X}_{studienpopulation} - \bar{X}_{Norm}}{S_{Norm}}$$

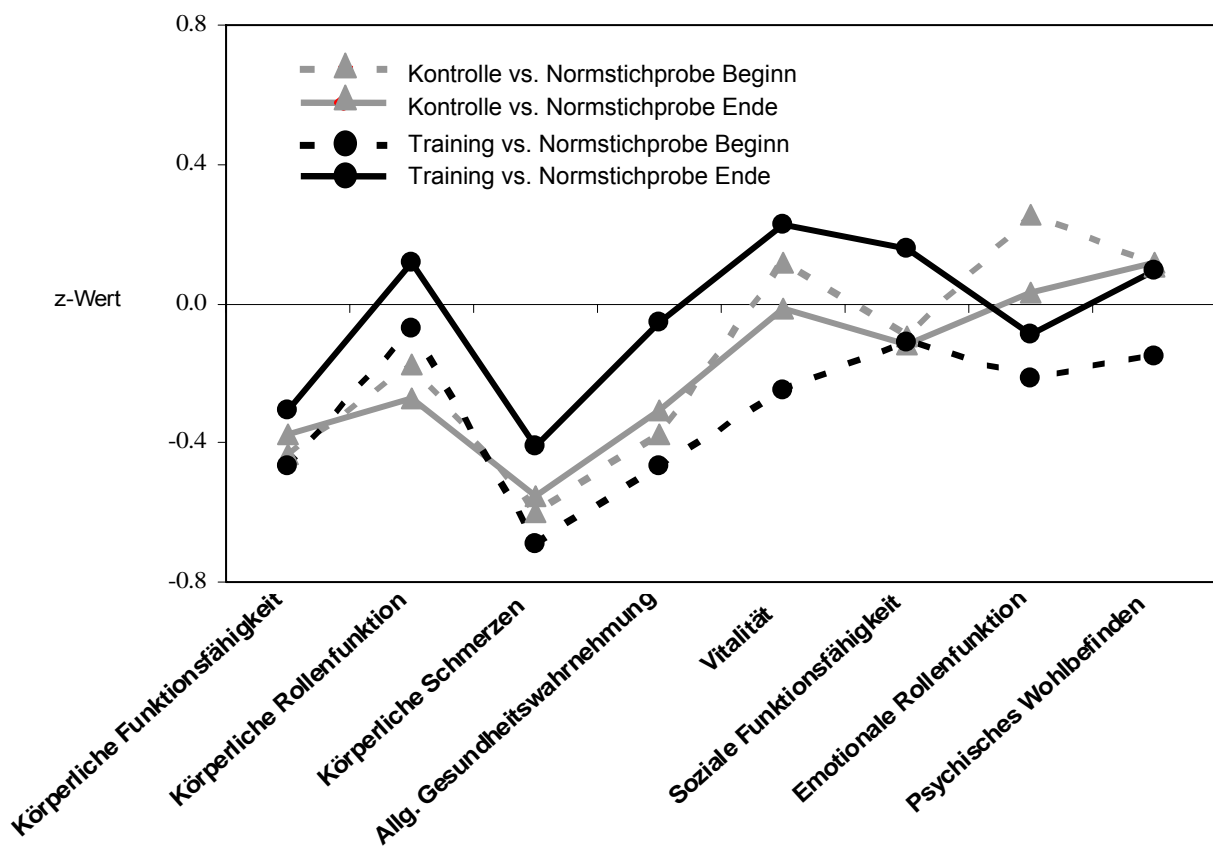


Abb. 16: Vergleich Studienpopulation zur deutschen Normstichprobe der 61-70-Jährigen

Nach Beendigung der Interventionsphase stiegen die Werte der Trainingsgruppe - abgesehen von den Kategorien *körperliche Funktionsfähigkeit* und *körperliche Schmerzen* - über die Werte der deutschen Normstichprobe an.

4.2.2 Ergebnisse Trainingsgruppe

Bei der Auswertung des Gesundheitsfragebogens (SF-36) ließen sich bei der Trainingsgruppe Verbesserungen in allen Bereichen erkennen (vgl. Abb. 17).

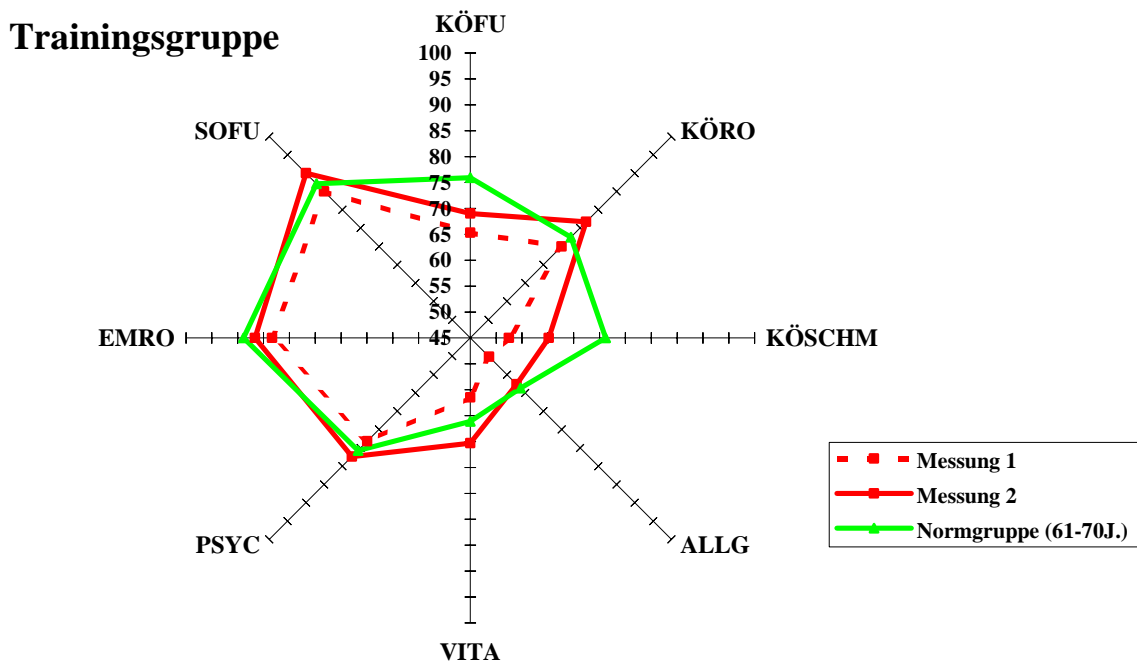


Abb. 17: SF-36 Netzdiagramm Trainingsgruppe mit verschiedenen Skalen im Vergleich zur deutschen Normgruppe

Anders die Ergebnisse der Kontrollgruppe, die im Wesentlichen vergleichbar mit den Ausgangswerten oder in einigen Bereichen sogar eine leichte Verschlechterung (*körperliche Beeinträchtigung der alltäglichen Arbeit, Vitalität, emotionale Rollenfunktion*) erfuhr. Dabei fiel bei der Betrachtung des arithmetischen Mittelwertes auf, dass sich die Trainingsgruppe durch ein im Vergleich zur Kontrollgruppe geringeres Ausgangsniveau auszeichnete, diese jedoch am Messtag zwei in nahezu allen Bereichen überholte (vgl. Tab. 8 und Tab. 9).

Im Einzelnen konnten bei der Trainingsgruppe Verbesserungen bei der Ausführung grundlegender Tätigkeiten (*KÖFU*) durch eine Punktezunahme von

3,7 Punkten verzeichnet werden, sowie bei der *körperlichen Rollenfunktion* (Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand die Arbeit beeinträchtigt) ein Plus von 6,7 Punkten und bei den *körperlichen Schmerzen* von 7,7 Punkten. Die *allgemeine Gesundheit* und *Vitalität* wurden von den Probanden sogar um 7,5 bzw. 8,8 Punkte höher eingestuft. Auch in den Bereichen *psychisches Wohlbefinden* (+4,1 Punkte), *emotionale Rollenfunktion* (+3,3 Punkte) und *soziale Funktionsfähigkeit* (+5,0 Punkte) ließ sich eine positive Veränderung beobachten.

4.2.3 Ergebnisse Kontrollgruppe

Wie schon erwähnt ergaben sich bei den Teilnehmern der Kontrollgruppe keine gravierenden positiven Veränderungen (vgl. Abb.18).

Kontrollgruppe

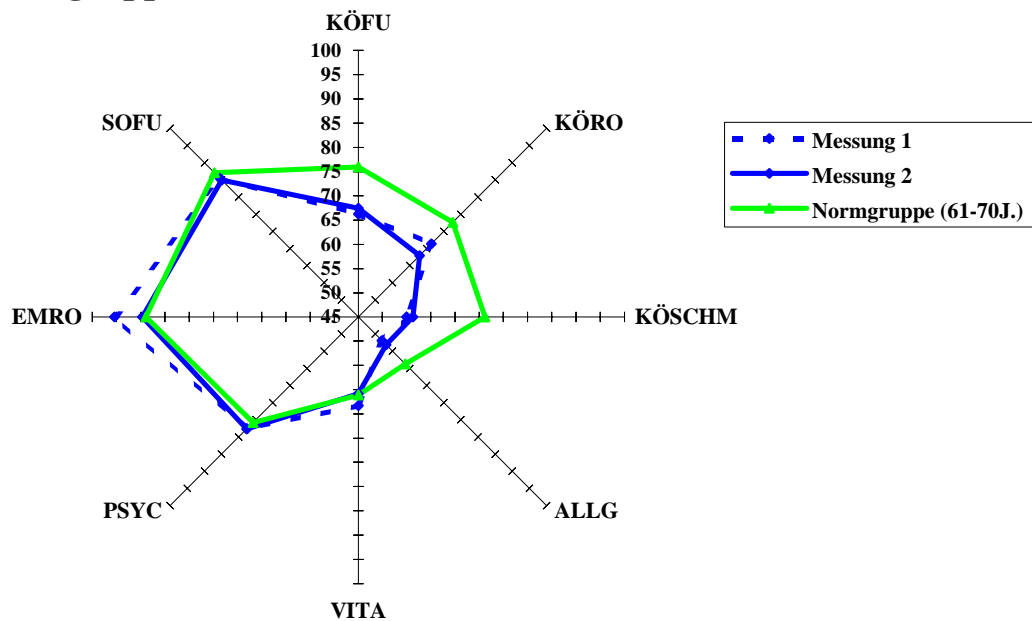


Abb. 18: SF-36 Netzdiagramm Kontrollgruppe mit verschiedenen Skalen und Vergleich zur dt. Normgruppe

Während sich leichte Verschlechterungen in den Bereichen *körperliche Rollenfunktion* (-3,5 Punkte), *Vitalität* (-2,4 Punkte) und *emotionaler Rollenfunktion* (-5,7 Punkte) feststellen ließen, stellte sich eine leichte Verbesserung um 1,2 Punkten in folgenden Dimensionen dar: *körperliche*

Funktionsfähigkeit, körperliche Schmerzen und allgemeiner Gesundheit (vgl. Tab. 8 u. 9).

Die Tabellen 8 und 9 geben zusätzlich zum Mittelwert (Mean) eine Übersicht der Quantile, Mediane und der Standardabweichung (StdDev) sowie ergänzend dazu die Effektgröße ε , die ein Streumaß in die Berechnung mit integriert. Auf einfache Weise deutet die Effektgröße ε auf eine Verbesserung bzw. Verschlechterung im Vergleich der zwei Messungen hin. Wie schon beschrieben fiel diese Effektgröße bei der Kontrollgruppe sehr gering aus, wohingegen die Trainingsgruppe in allen Bereichen positive Veränderungen erzielte, die in den Bereichen *körperliche Schmerzen, allgemeine Gesundheitswahrnehmung* und *Vitalität* am deutlichsten in Erscheinung traten.

Tab. 8: SF-36: Quantile, Mediane, Mittelwerte (Mean), Standardabweichungen (StdDev) und Effektgröße ε der Kontrollgruppe

Kontrolle n=29		Min	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mean	Std. Dev	ε
Körperliche Funktionsfähigkeit	Beginn	35	35	47.5	70	80	95	100	66.2	19.9	0.1
	Ende	35	45	52.5	70	80	95	100	67.4	18.6	
Körperliche Rollenfunktion	Beginn	0	0	25	75	100	100	100	66.4	40.8	-0.1
	Ende	0	0	0	100	100	100	100	62.9	44.6	
Körperliche Schmerzen	Beginn	22	22	41	52	67	84	100	55.0	21.0	0.1
	Ende	22	31	41	51	73	100	100	56.3	23.2	
Allg. Gesundheitswahrnehmung	Beginn	20	35	37.5	50	62.5	75	95	51.9	17.6	0.1
	Ende	15	35	40	50	70	80	100	53.1	19.5	
Vitalität	Beginn	35	40	57.5	60	75	85	90	63.3	14.4	-0.2
	Ende	35	35	45	60	70	85	90	60.9	16.3	
Soziale Funktionsfähigkeit	Beginn	50	62.5	75	87.5	100	100	100	85.3	16.7	-0.0
	Ende	37.5	62.5	75	87.5	100	100	100	84.9	16.5	
Emotionale Rollenfunktion	Beginn	33.3	66.7	100	100	100	100	100	95.4	14.7	-0.4
	Ende	0	33.3	100	100	100	100	100	89.7	26.9	
Psychisches Wohlbefinden	Beginn	52	56	68	80	88	92	100	77.5	13.7	0.0
	Ende	24	64	74	80	88	92	96	77.7	14.1	

Tab. 9: SF-36: Quantile, Mediane, Mittelwerte (Mean), Standardabweichungen (StdDev) und Effektgröße ε der Trainingsgruppe

Training n=30		Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mean	Std Dev	ε
Körperliche Funktionsfähigkeit	Beginn	30	41	53.6	67.5	80	85	90	65.3	15.5	0.2
	Ende	35	36	60	72.5	81.3	85	90	69.0	16.2	
Körperliche Rollenfunktion	Beginn	0	0	43.8	100	100	100	100	70.0	39.1	0.2
	Ende	0	2.5	50	100	100	100	100	76.7	34.7	
Körperliche Schmerzen	Beginn	22	32.9	41	51.0	62	83	100	52.5	19.3	0.4
	Ende	22	41	48.8	52.0	72	98.4	100	60.2	20.1	
Allg. Gesundheitswahrnehmung	Beginn	20	20.5	40	52.5	60	74.5	85	50.2	17.2	0.4
	Ende	25	40	48.8	60	70	75	80	57.7	14.3	
Vitalität	Beginn	10	31	45	62.5	66.3	75	85	56.5	16.7	0.5
	Ende	30	40	58.8	70.0	80	85	85	65.3	16.1	
Soziale Funktionsfähigkeit	Beginn	37.5	62.5	71.8	87.5	100	100	100	85.0	17.2	0.3
	Ende	50	62.5	87.5	100	100	100	100	90.0	14.5	
Emotionale Rollenfunktion	Beginn	0	3.3	66.7	100	100	100	100	83.3	32.5	0.1
	Ende	0	33.3	100	100	100	100	100	86.7	29.8	
Psychisches Wohlbefinden	Beginn	36	52.8	67	76	84	88	92	73.2	14.1	0.3
	Ende	32	52.4	72	80	88	92	100	77.3	15.5	

4.3 Koordination: Statische Gleichgewichtsfähigkeit

Zur Beurteilung der Ergebnisse bei den Tests auf der Kraftmessplatte und dem Posturomed wurde angesichts der verringerten Probandenanzahl aufgrund technischer Schwierigkeiten der Medianwert herangezogen, da dieser weniger anfällig für extreme Werte ist.

4.3.1 Kraftmessplatte

Bei der Auswertung des mittleren Abstandes zum Flächenschwerpunkt auf der Kraftmessplatte ergab sich bei gleichem Ausgangswert beider Gruppen eine deutliche Verringerung des Medianwertes der Trainingsgruppe um 1,04 mm (7,4 mm nach 6,36 mm), während bei der Kontrollgruppe eine geringere Abnahme von -0,33 mm (7,4 mm nach 7,07mm) stattfand (vgl. Abb. 19, Tab. 10 u. Tab. 11).

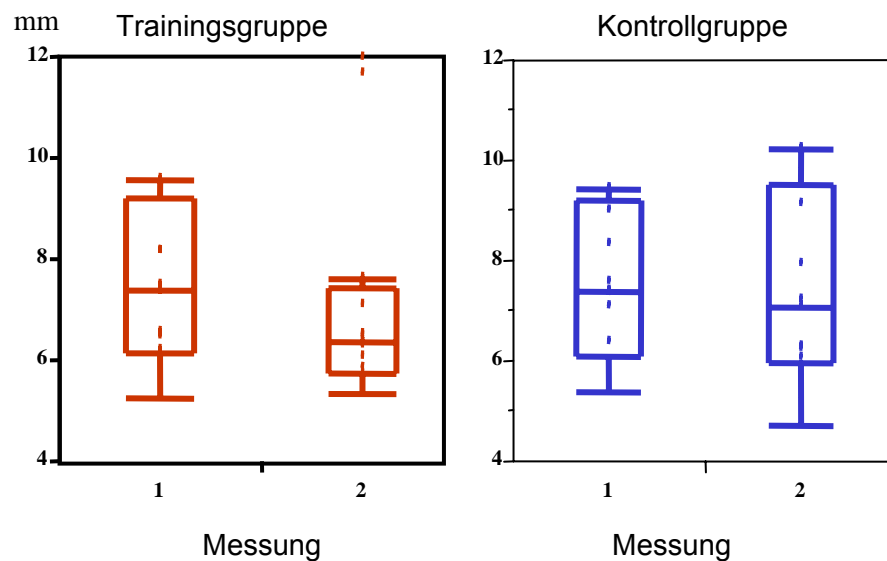


Abb.19: Ergebnisse Kraftmessplatte

Bei Betrachtung der graphischen Darstellung mittels Boxplots (Kasten zwischen dem ersten und dritten Quartil, in welchen 50% aller Beobachtungen fallen) fällt bei der zweiten Messung der Trainingsgruppe eine deutliche Verringerung des Medianwerts im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich auf. In der Trainingsgruppe zeigte sich im Vergleich beider Messungen eine deutliche Komprimierung der Boxplot in der zweiten Messung, welches auf eine Reduzierung der Datenstreuung im oben beschriebenen Bereich der Patientendaten hindeutet, und zudem ließ sich eine Verschiebung der Boxplot zu niedrigeren Werten, also nach unten, feststellen. Dagegen verbreiterte sich die Boxplot bei der Kontrollgruppe im Vergleich zur ersten Messung, was auf eine größere Streuung der Daten hinwies ebenso wie eine Verlängerung der Whiskers ober- und unterhalb der Boxplot. Eine Lageveränderung der Boxplot mit niedrigeren Werten konnte ebenfalls nicht beobachtet werden, das auf keine Verbesserung der Kontrollgruppe hindeutete.

Tab.10: Ergebnisse Kraftmessplatte Trainingsgruppe

n=17	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	5.25	5.27	6.19	7.40	9.22	18.55	19.78	9.04	4.79
Ende	5.37	5.38	5.75	6.36	7.45	11.76	11.99	6.99	2.00

Tab.11: Ergebnisse Kraftmessplatte Kontrollgruppe

n=15	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	5.38	5.42	6.11	7.41	9.22	19.14	20.18	9.01	4.59
Ende	4.74	4.98	5.98	7.07	9.51	10.11	10.24	7.38	1.87

Eine prozentuale Darstellung der Medianwerte ergab folgendes Bild:

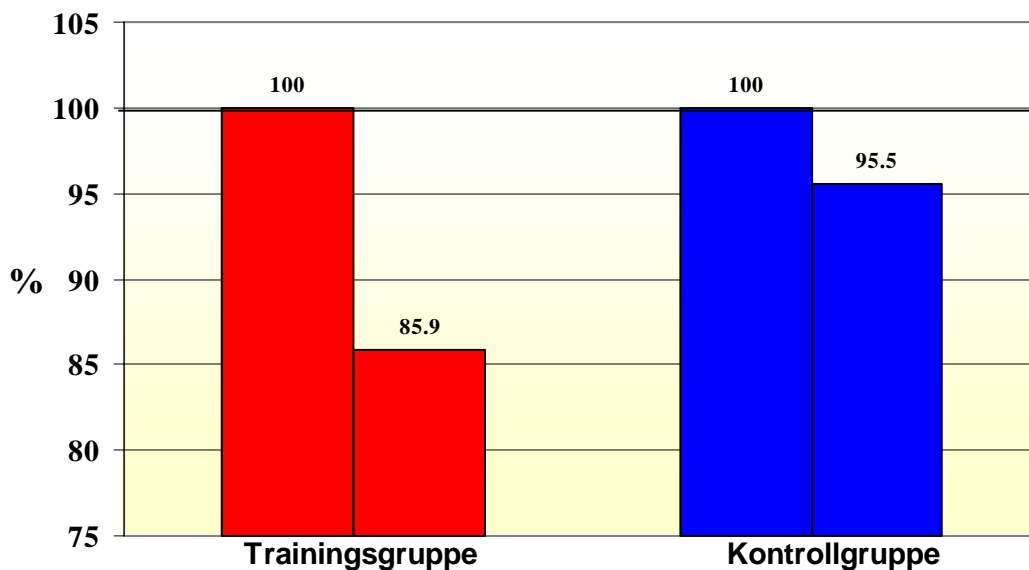


Abb. 20: Ergebnisse Kraftmessplatte in prozentualer Darstellung (bezogen auf den Median der Gesamtgruppe bei Messung Eins)

Die Prozentangaben sind dabei bezogen auf den Median der Gesamtgruppe (Trainings- und Kontrollgruppe) bei der ersten Messung. Aufgrund des gleichen Ausgangswertes bei der ersten Messung betrug der Wert somit jeweils 100 Prozent.

Nach der Trainingsintervention konnte bei der Trainingsgruppe eine Abnahme des mittleren Abstandes zum Flächenschwerpunkt um 14,7 % beobachtet werden, während sich in der Kontrollgruppe eine Verringerung von 4,5% zeigte.

4.3.2 Posturomed

Auf dem Posturomed wurden zwei verschiedene Tests mit unterschiedlichen Schweregraden durchgeführt. Nach einem *Einbeinstand* auf der Balance-Plattform stellte der Test *Einbeinstand mit zwei Schritten Anlauf* die schwierigere Variante dar, die sich in den Ergebnissen in höheren Gesamtwegen niederschlug.

4.3.2.1 Ergebnisse Einbeinstand

Auffällig war eine breitere Streuung der ersten Messungswerte bei der Trainingsgruppe und eine weitaus höheres Maximum (401,2 mm) im Vergleich zur Kontrollgruppe (222,5 mm). Dies spiegelte sich wieder in einem größeren Medianwert der Trainingsgruppe mit 46,96 mm als bei der Kontrollgruppe (34,53 mm). In der zweiten Messung konnte bei der Trainingsgruppe eine deutliche Reduzierung des Gesamtweges anhand des Medianwerts nachgewiesen werden, der auf 25,43 mm sank (-21,53 mm) und somit weit unter den Wert des Medians der Kontrollgruppe fiel, der in der zweiten Messung auf 36,1 mm anstieg (+1,57 mm). Die Betrachtung der Boxplots zeigte bei der Trainingsgruppe eine deutliche Komprimierung und Lageverschiebung nach unten, die ebenfalls bei der Kontrollgruppe – jedoch in einem nicht so starken Ausprägungsgrad auftrat (vgl. Abb. 21, Tab. 12 u. Tab. 13).

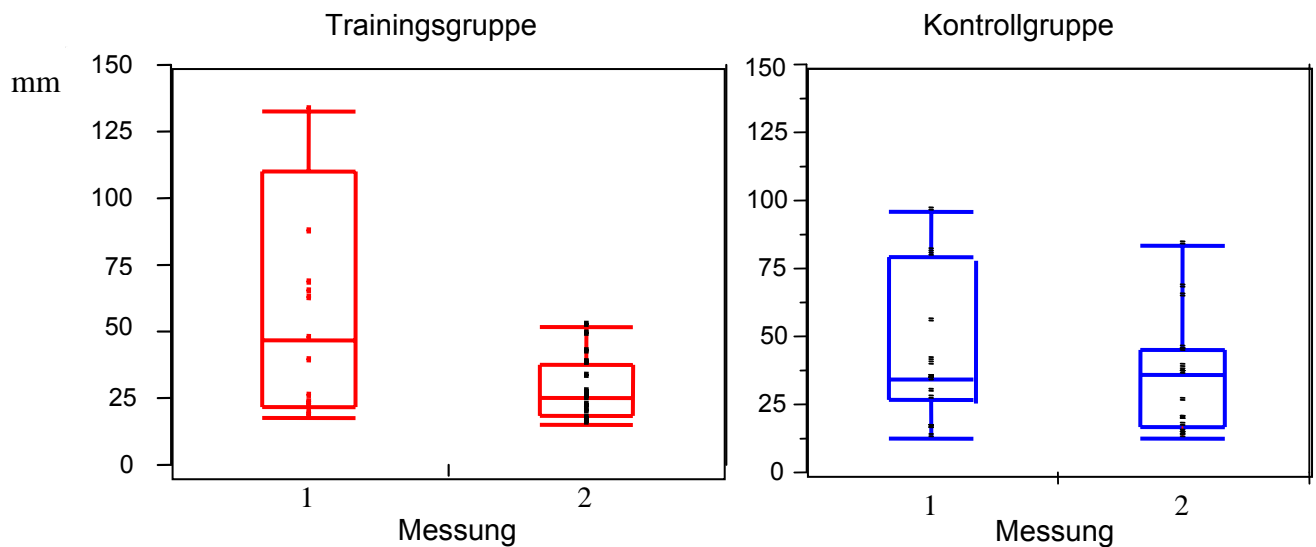


Abb. 21: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand in mm

Tab.12: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand Trainingsgruppe in mm

n=17	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	18.03	18.54	22.47	46.97	110.1	349.69	401.23	97.00	119.0
Ende	15.40	15.82	18.43	25.43	37.72	49.12	51.87	28.30	11.54

Tab.13: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand Kontrollgruppe in mm

N=15	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	12.63	14.63	26.90	34.53	79.40	146.83	222.53	54.72	52.77
Ende	13.2	13.76	16.87	36.10	45.67	74.16	83.80	36.20	21.90

4.3.2.2 Ergebnisse Einbeinstand mit Anlaufen

Hier ergab sich ein ähnliches Bild wie schon beim Test im einfacheren *Einbeinstand*. Trotz eines höheren Maximum – dieses Mal jedoch in der Kontrollgruppe (507,93 mm) zu 395,23 mm in der Trainingsgruppe – imponierte die Trainingsgruppe wiederum mit einem höher liegenden Median von 117,33 mm in der ersten Messung im Vergleich zu 84 mm der Kontrollgruppe. In folgender zweiter Messung verkleinerte sich der Median bei der Trainingsgruppe um 50,66 mm auf 66,67 mm, während er sich bei der Kontrollgruppe leicht um 5,57 mm auf 78,43 mm verringerte (vgl. Tab. 14 u. Tab. 15). Bei der Trainingsgruppe wie auch bei der Kontrollgruppe – jedoch in einem weitaus nicht so deutlichen Ausprägungsgrad – zeigte sich wie schon beim den Ergebnissen des Einbeinstandes eine Boxplot-Verschmälerung und eine Verschiebung derselben auf ein niedrigeres Niveau hin (vgl. Abb. 22).

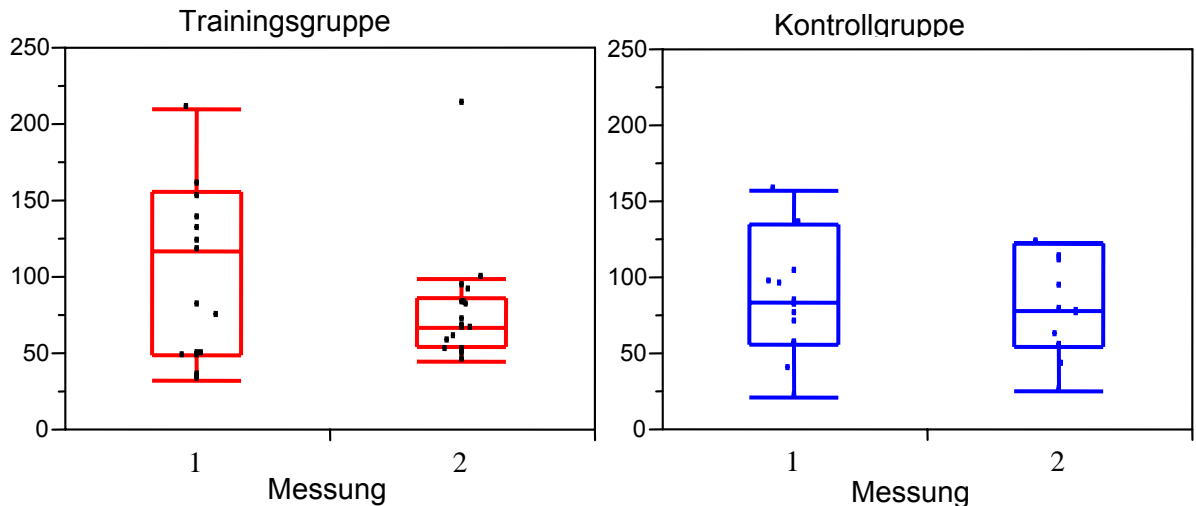


Abb. 22: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand mit Anlauf in mm

Tab.14: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand mit Anlauf Trainingsgruppe in mm

n=17	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	33.27	34.44	48.89	117.33	156.17	333.37	395.23	127.27	101.55
Ende	45.53	48.07	55.12	66.67	87.18	87.18	212.53	78.23	38.28

Tab.15: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand mit Anlauf Kontrollgruppe in mm

n=15	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	21.77	32.19	55.93	84.00	135.83	399.49	507.93	127.14	127.47
Ende	25.43	35.37	54.5	78.43	123.17	306.01	347.93	119.72	96.41

Die Ergebnisse der beiden Testversuche (*Einbeinstand* und *Einbeinstand mit Anlauf*) in Form einer prozentualen Darstellung ergaben ebenfalls ein einheitliches Bild: Es zeigte sich jeweils eine deutliche Verringerung der Gesamtstrecke bei der Trainingsgruppe. Beim Test im einfachen Einbeinstand kam es zu einer Reduzierung um 54,9% und beim Einbeinstand mit Anlauf sogar zu einer Verringerung um 56,7%. Im Vergleich dazu nahm die Gesamtstrecke bei der Kontrollgruppe beim *Einbeinstand* um 4,1% zu und beim *Einbeinstand mit Anlauf* um 6,3% ab (vgl. Abb. 23 u. Abb. 24).

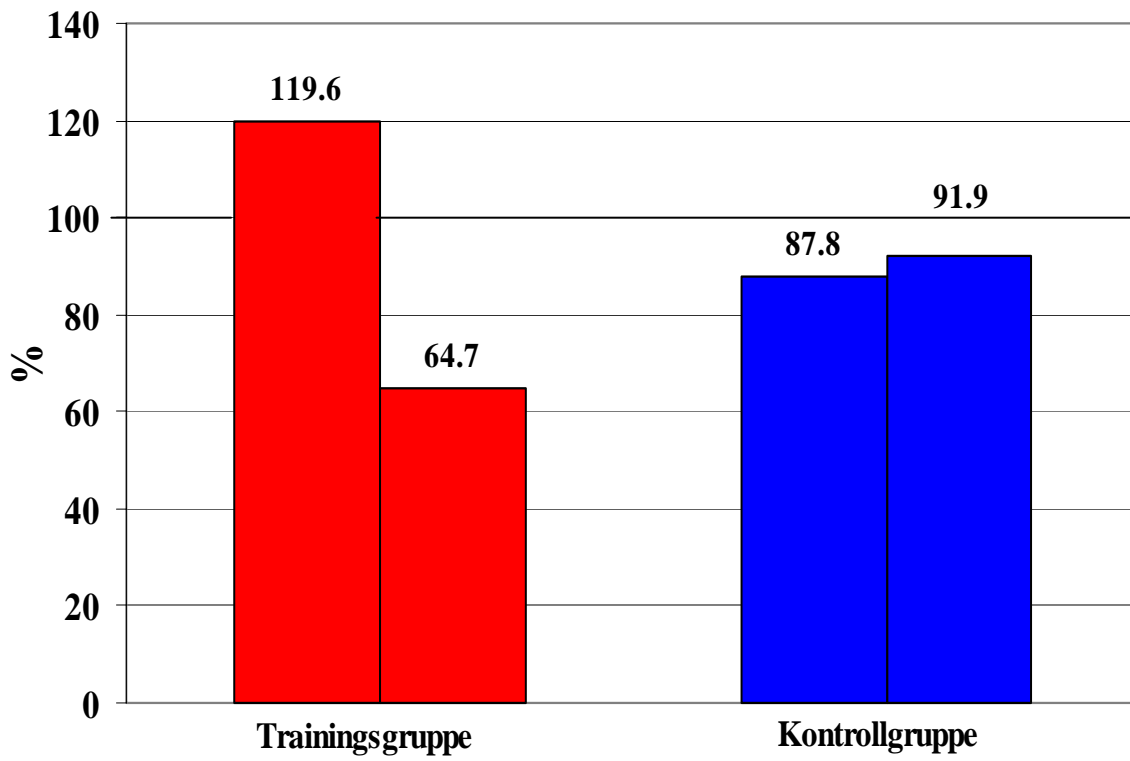


Abb. 23: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand in Prozentangaben (bezogen auf Median der Gesamtgruppe bei Messung Eins)

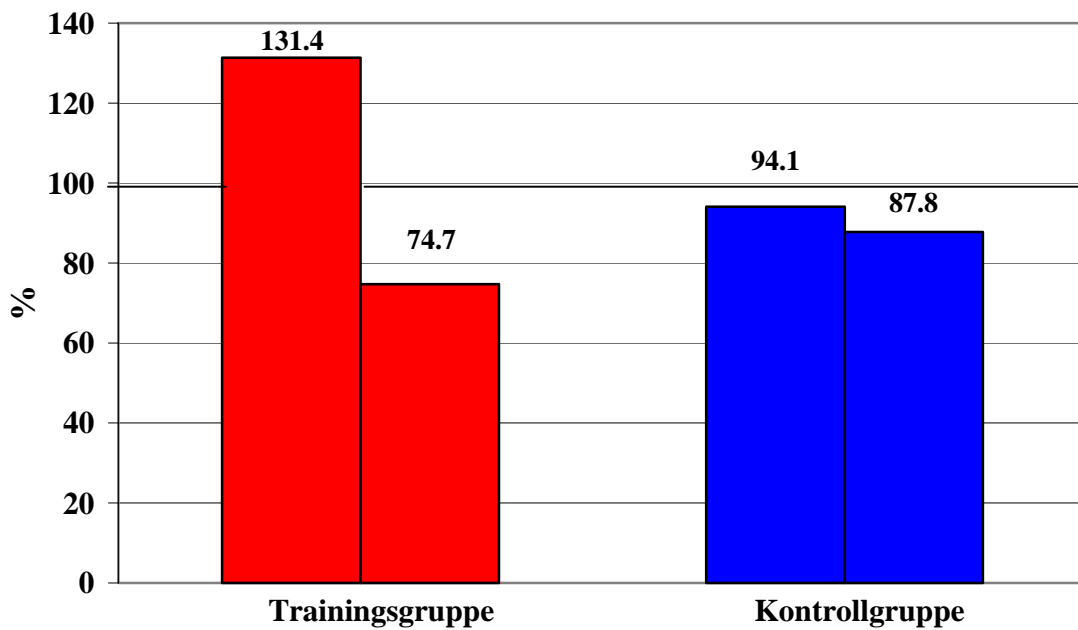


Abb. 24: Ergebnisse Posturomed Einbeinstand mit Anlauf in Prozentangaben (bezogen auf Median der Gesamtgruppe bei Messung Eins)

4.4 Koordination: Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit

4.4.1 Sternschritt

Beim Sternschritt kam es in der Trainingsgruppe zu einer Abnahme des Medianwertes um 0,7 Sekunden (von 6,7 auf 6,0 Sek., =-10,45%), das graphisch ebenfalls durch eine Verschiebung der Boxplot zu niedrigeren Werten hin unterstrichen wird (vgl. Abb. 25). In der Kontrollgruppe blieben dagegen Ausgangs- und Endzeit gleich (6,5 Sek.) Eine Betrachtung der arithmetischen Mittelwerte entsprach ebenfalls diesen Ergebnissen (vgl. Tab.16 u. Tab. 17).

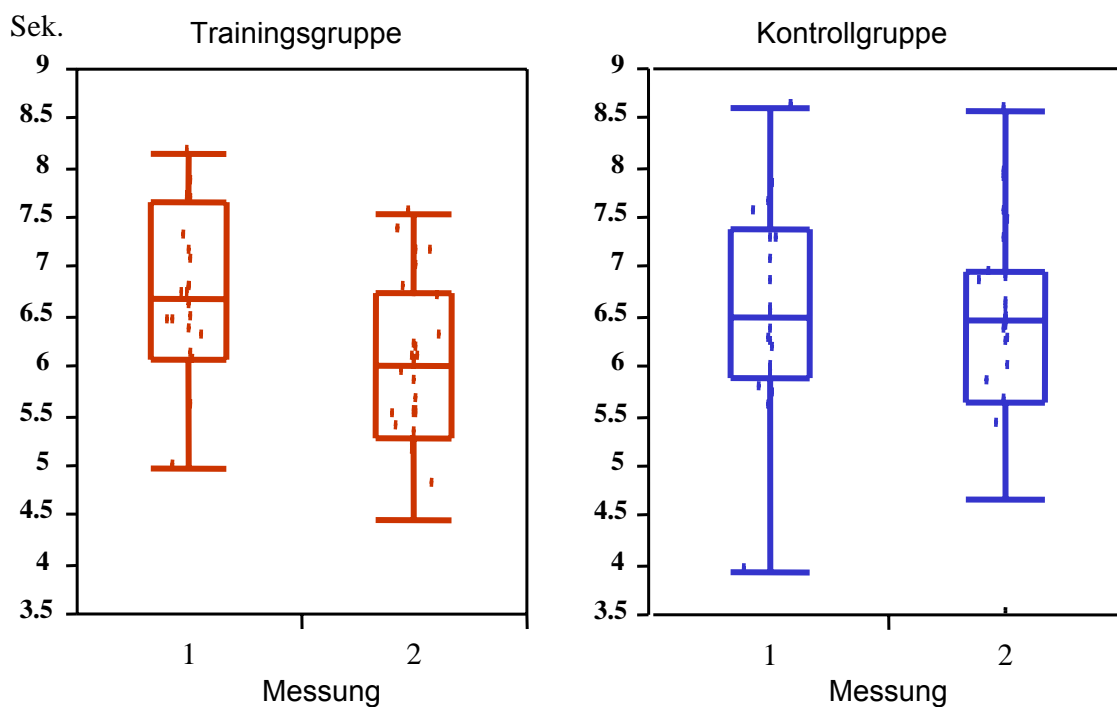


Abb. 25: Ergebnisse Sternschritt in Sekunden

Tab.16: Ergebnisse Sternschritt Trainingsgruppe in Sekunden

n=30	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	4.97	5.51	6.10	6.68	7.67	7.84	8.16	6.72	0.87
Ende	4.47	4.71	5.30	6.03	6.74	7.35	7.56	6.00	0.88

Tab. 17: Ergebnisse Sternschritt Kontrollgruppe in Sekunden

n=27	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	3.93	5.26	5.90	6.52	7.40	7.69	8.62	6.53	1.00
Ende	3.51	5.00	5.66	6.47	6.96	7.91	8.60	6.40	1.09

4.4.2 Freegatespeed

Die Messung der Ganggeschwindigkeit (Freegatespeed) zeigte bei Betrachtung des Medianwertes eine geringfügige Erhöhung der Geschwindigkeit in beiden Gruppen. Bei ähnlichem Ausgangswert beider Gruppen (Trainingsgruppe 4,19 Sek.; Kontrollgruppe 4,2 Sek.) lief die Trainingsgruppe in Messung zwei durchschnittlich um 0,07 Sek. (4,12 Sek.) und die Kontrollgruppe um 0,18 Sek. (4,02 Sek.) zügiger (vgl. Abb. 26). Eine Betrachtung des arithmetischen Mittels zeigte bei der Trainingsgruppe nur eine Erhöhung der Geschwindigkeit um 0,03 Sek. und bei der Kontrollgruppe um 0,08 Sekunden (vgl. Tab. 18 u. Tab. 19).

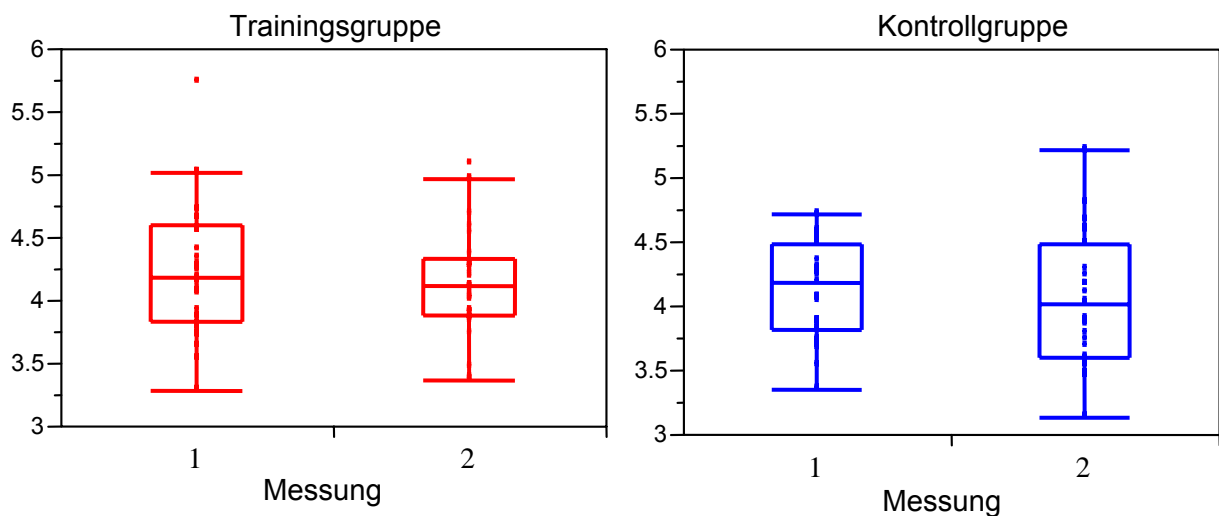


Abb. 26: Ergebnisse Freegatespeed in Sekunden

Tab. 18: Ergebnisse Freegatespeed Trainingsgruppe in Sekunden

n=29	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	3.30	3.65	3.85	4.19	4.61	5.03	5.57	4.25	0.53
Ende	3.37	3.47	3.89	4.12	4.34	4.97	6.88	4.22	0.65

Tab. 19: Ergebnisse Freegatespeed Kontrollgruppe in Sekunden

n=27	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	3.36	3.65	3.83	4.20	4.49	4.57	4.72	4.14	0.37
Ende	3.14	3.47	3.61	4.02	4.50	4.89	5.23	4.06	0.53

4.5 Kraftausdauer

Ebenfalls zu einer Verbesserung beider Gruppen kam es beim Kraftausdauer- test. Der Median der Trainingsgruppe steigerte sich um 13 Wiederholungen von 87 auf die maximale Wiederholungszahl von 100. Auch die Kontrollgruppe konnte sich von 65 auf 80 Wiederholungen um 15 Wdh. steigern (vgl. Abb. 27). Die Betrachtung des arithmetischen Mittels ergab lediglich eine Steigerung von 7,3 Wiederholungen (Trainingsgruppe) bzw. von 8,7 Wiederholungen (Kontrollgruppe) (vgl. Tab. 20 u. Tab. 21).

Wdh.

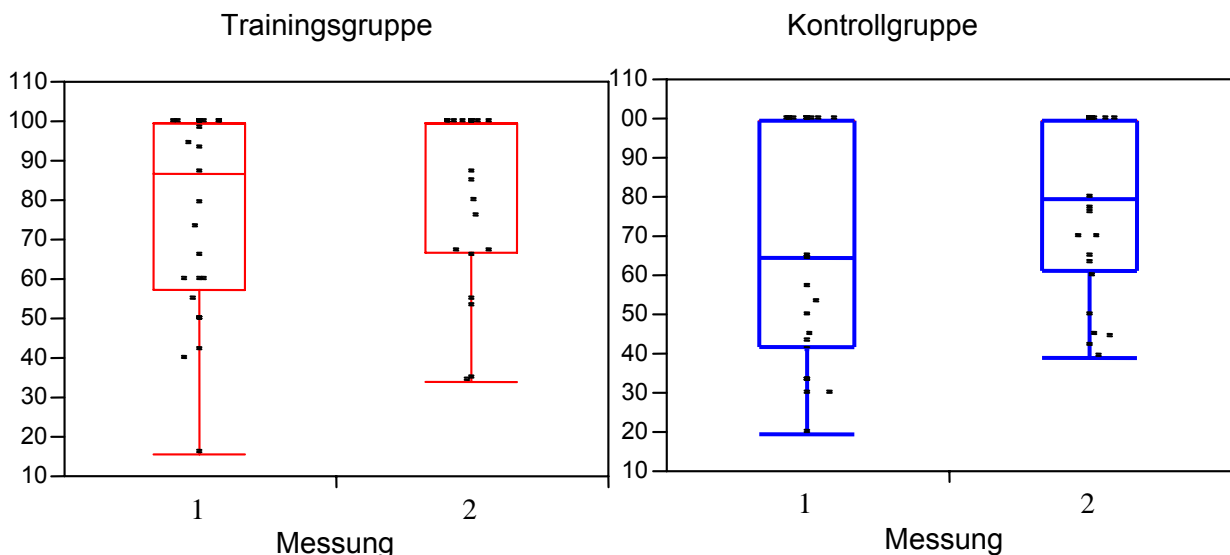


Abb. 27: Ergebnisse Kraftausdauer in Wiederholungen

Tab. 20: Ergebnisse Kraftausdauer Trainingsgruppe in Wiederholungen

n=25	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	16	41.2	57.5	87	100	100	100	76.9	25.09
Ende	34	45.8	67	100	100	100	100	84.2	21.68

Tab. 21: Ergebnisse Kraftausdauer Kontrollgruppe in Wiederholungen

n=25	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	20	30	42	65	100	100	100	70.6	30.5
Ende	39	43.2	61.5	80	100	100	100	79.2	22.8

4.6 Beweglichkeit und Dehnfähigkeit

4.6.1 Hüftgelenksflexion

Die Tests der Flexion im Hüftgelenk nach der Neutral-Null-Methode erbrachte für beide Gruppen im Median eine Verbesserung um 5°. Die Trainingsgruppe steigerte sich dabei von 110° nach 115°, die Kontrollgruppe von 115° auf 120° in Messung Zwei (vgl. Tab. 22 u. Tab. 23). Auch bei der Betrachtung der Mittelwerte fiel auf, dass die Trainingsgruppe mit einer geringeren Beweglichkeit bei Messtag eins startete. Jedoch konnte sich die Beweglichkeit der Trainingsgruppe im Mittelwert um 5° erhöhen (107,5° auf 112,8°), während dagegen der Wert der Kontrollgruppe konstant bei 115° stagnierte. Die minimalen Veränderungen konnten jedoch innerhalb eines Messfehlers liegen.

Tab. 22: Ergebnisse Hüftflexion Trainingsgruppe in Graden

n=30	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	60	71	100	110	120	130	130	107.5	18.09
Ende	70	90	108.75	115	125	135	140	112.83	17.05

Tab. 23: Ergebnisse Hüftflexion Kontrollgruppe in Graden

n=29	Min.	10%	25%	Median	75%	90%	Max.	Mittelwert	Std.
Beginn	65	90	102.5	115	130	135	135	115.35	18.46
Ende	80	90	100	120	130	135	140	115	17.27

Die Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskulatur, des M. iliopsoas und des M. rectus femoris wurde auf Ordinalskalen-Niveau erhoben. Die Ergebnisse anhand der Häufigkeiten der Klassen ausgewertet und interpretiert. In folgenden drei Diagrammen sind jeweils die Klassenhäufigkeiten nach Trainings- und Kontrollgruppe im Vorher-Nachher-Design dargestellt. Fehlende Säulen in einer Gruppe bedeuten keine Mitglieder in dieser Klasse.

4.6.2 Ischiocrurale Muskulatur

Bei der ischiocruralen Muskulatur wurden in der Trainingsgruppe zu Beginn der Studie 13 Patienten als normal beweglich, 12 als leicht eingeschränkt und 5 als deutlich eingeschränkt eingestuft. Von der Kontrollgruppe konnten 14 normaler Beweglichkeit, 13 leicht eingeschränkter und 2 deutlich eingeschränkter Beweglichkeit zugewiesen werden. Nach der Trainingsintervention konnten in der Trainingsgruppe 3 mehr als zuvor als normal beweglich eingestuft werden, wobei 2 weniger leicht eingeschränkt und 1 weniger der deutlich eingeschränkten Beweglichkeit zu verzeichnen waren. In der Kontrollgruppe verbesserten sich 6 Probanden in ihrer Dehnfähigkeit: 6 mehr als bei Messung Eins wurden eine normale Beweglichkeit zugeschrieben, ebenfalls 1 weniger in der Kategorie der deutlich eingeschränkten Beweglichkeit (vgl. Abb. 28).

Beweglichkeit der Ischiocruralen Muskulatur

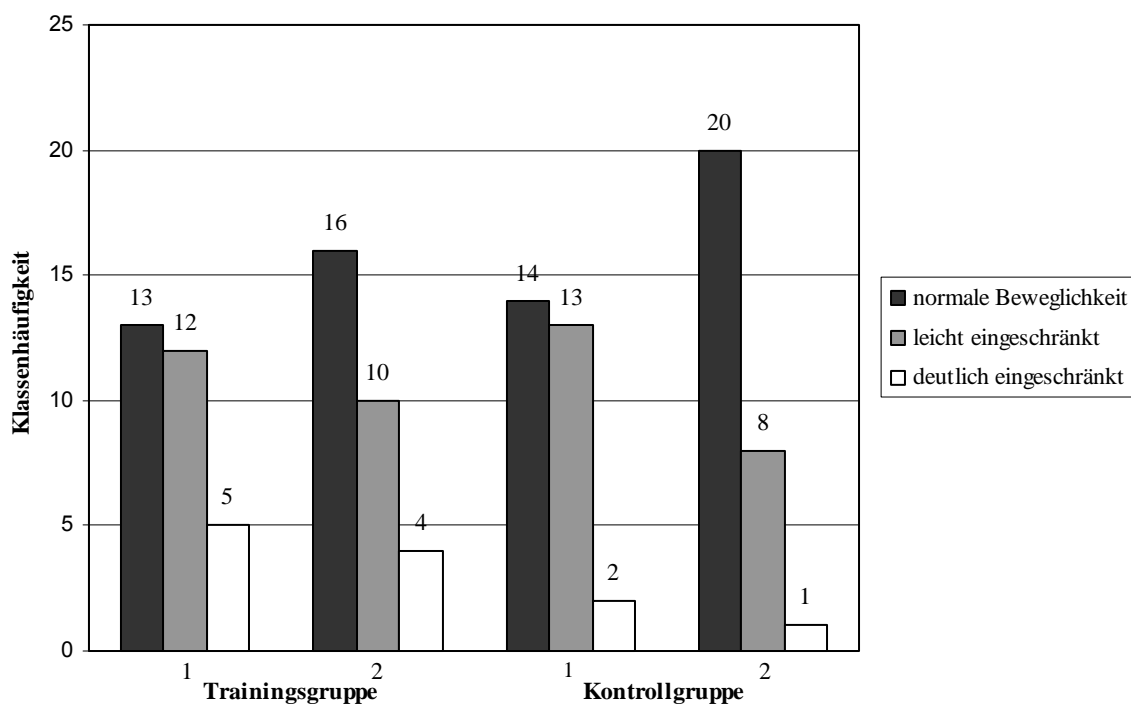


Abb. 28: Ergebnisse Mm. ischiocrurale in Klassenhäufigkeiten

4.6.3 M. iliopsoas

Für den M. iliopsoas als eingelenkigen Hüftbeuger ergab sich folgendes Bild: In Messung Eins wurden von der Trainingsgruppe 14 als normal, 8 als leicht und 8 als deutlich eingeschränkt eingestuft während die Verteilung in der Kontrollgruppe 13 als normal, 9 als leicht und 6 als deutlich eingeschränkt gemessen wurden. Am Ende der Studie konnte in der Trainingsgruppe eine Verbesserung von 6 Personen festgestellt werden. Davon 4 mehr als zuvor in der Kategorie normale Beweglichkeit und 3 weniger bei den deutlich eingeschränkten Personen. Bei den Teilnehmern der Kontrollgruppe wechselten lediglich 2 aus der leicht eingeschränkten in eine normal testierte Beweglichkeit (vgl. Abb. 29).

Beweglichkeit des M. Iliopsoas

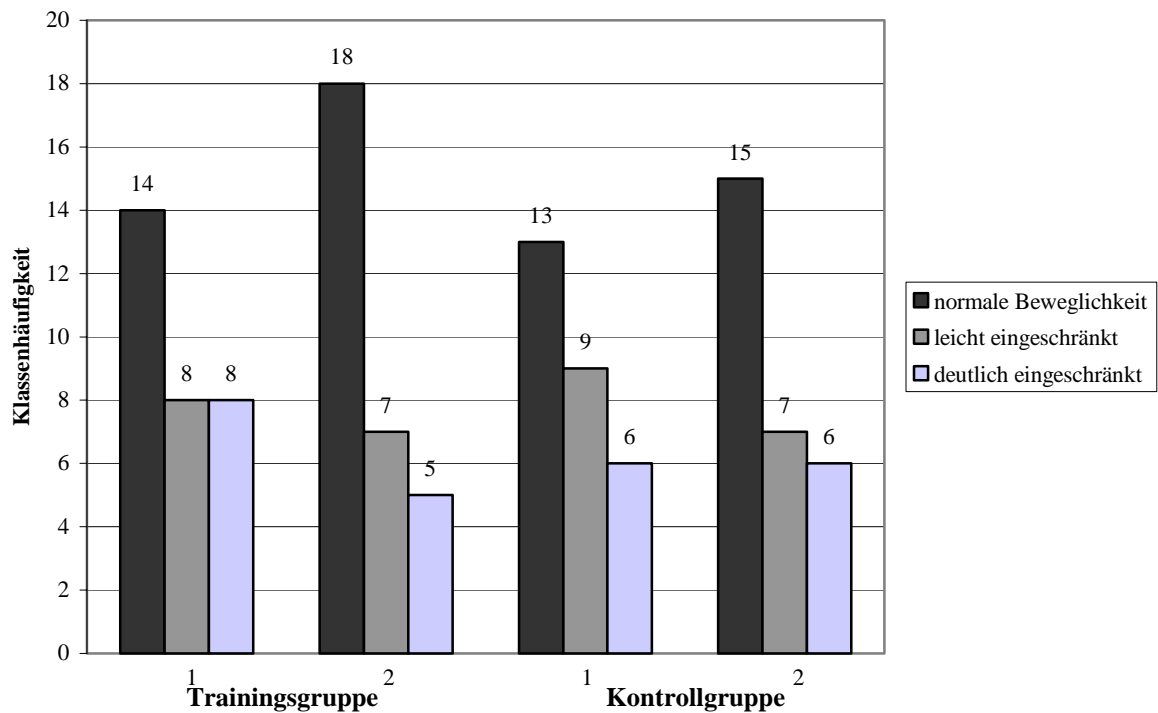


Abb. 29: Ergebnisse M. iliopsoas in Klassenhäufigkeiten

4.6.4 M. rectus femoris

Der zweigelenkige Hüftbeuger zeigte bei der Betrachtung der Trainingsgruppe 18 normale und 12 leicht eingeschränkte Seiten während von der Kontrollgruppe 25 der normalen, 2 der leicht und 1 der deutlich eingeschränkten Beweglichkeit zugeordnet werden konnten. Bei der zweiten Messung zeigte die Trainingsgruppe eine Verbesserung 1 Person hin zur normalen Beweglichkeit, wogegen es in der Kontrollgruppe zu einer Verschlechterung von 7 Probanden aus der Kategorie normale Beweglichkeit hin zur leicht eingeschränkten Beweglichkeit und von 1 Probanden in die deutlich eingeschränkte Beweglichkeit notiert werden musste (vgl. Abb. 30).

Beweglichkeit des M. rectus femoris

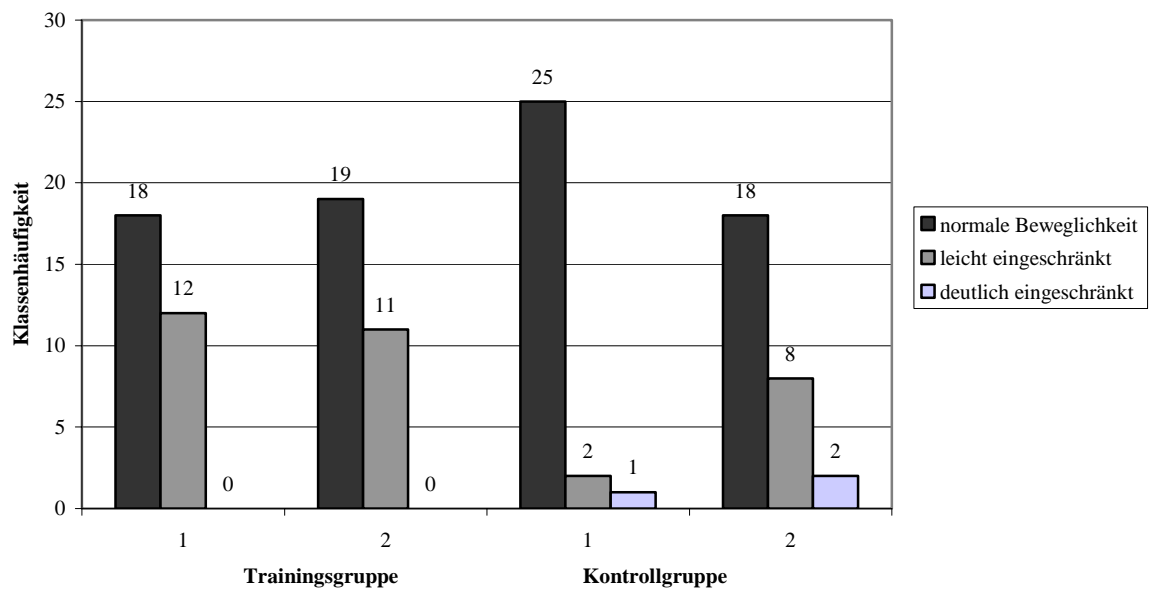


Abb. 30: Ergebnisse M. rectus femoris in Klassenhäufigkeiten

5 Diskussion

Es galt in dieser Studie die Auswirkungen des Trainings mit dem Trainingsgerät MBT® auf Patienten mit Hüftproblemen zu überprüfen. Die Herstellerfirma verspricht durch die Veränderung des Laufbildes hin zu einem aktiven Gehen und dem dadurch ständigen Mitwirken ganzer Muskelketten neben der Kräftigung der Muskulatur ebenfalls eine Linderung der Schmerzen. Des Weiteren wird von einer Verbesserung des Gleichgewichtes, der Ausdauer und dem Erreichen einer umfassend besseren Fitness gesprochen, die es zu überprüfen galt.

Bei der Stichprobe ist zu berücksichtigen, dass die Probanden freiwillig und aus eigenem Interesse an der Studie teilnahmen und somit bereits eine Vorselektion anzunehmen war. Denn eben die von vornherein aktiveren Patienten fühlten sich von diesem Angebot, an einer Studie teilzunehmen, angesprochen. Dies ist bei der Interpretation der Messwerte, vor allem bei Vergleichen mit anderen Populationen zu beachten. Um eine weitere Vorselektion zu vermeiden, galt als Voraussetzung eine Teilnahme an dem wöchentlichen Gruppentraining von mindestens 70%, d.h. höchstens drei Fehltermine waren erlaubt, wobei kein Proband aus diesem Grunde von der Studie ausgeschlossen werden musste. Durchschnittlich lag die Compliance zur Trainingsteilnahme bei 85%. Eine mittlere Tragedauer von 19,3 Stunden pro Woche (entsprechend 2 h 45 Minuten pro Tag) spiegelt die Kontinuität des Trainings über die gesamte Studiendauer wider, die weit über das wöchentliche Trainingspensum unter Anleitung von einer Stunde zu liegen kam.

Die folgende Diskussion gliedert sich in die Komponenten Methodenkritik und Interpretation der Ergebnisse. Es werden wieder jeweils die unterschiedlichen Teile der Untersuchung nacheinander besprochen. Nach einer Methodenkritik der jeweils angewandten Untersuchung werden im Ergebnisteil die Befunde näher betrachtet und interpretiert. Im Anschluss folgt eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Studienergebnisse.

5.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Schmerzverlauf

5.1.1 Methodenkritik

5.1.1.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Als Messinstrument der gesundheitsbezogenen Lebensqualität kam bei vorliegender Untersuchung der SF-36 Health Survey zum Einsatz. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um latentes Konstrukt handelt, das nicht direkt beobachtbar, sondern indirekt über die Benützung von Indikatoren erschlossen werden kann [14]. Ferner stellt die gesundheitsbezogene Lebensqualität keine statische, ein für allemal feststehende Größe dar, sondern vielmehr ein änderungssensitives Phänomen. Die Intension des SF-36 liegt in einer Darstellung der Änderung des subjektiven Befindens und Handlungsvermögens im Verlauf einer Krankheit oder dem Wirksamwerden therapeutischer Maßnahmen. Der Subjektbezug, der in der Regel den Realitätsgehalt der Lebensqualitätsmessung definiert, wurde durch die Verwendung der Selbstbeurteilungsform gewährleistet. Zudem gilt der SF-36 Health Survey als das meistgenutzte Instrument in der Lebensqualitätsforschung und weist eine hohe Reliabilität und Validität auf [79]. Es fand eine ausführliche Überprüfung und Evaluation der Reliabilität und Validität des SF-36 bei dem Patientengut mit Hüft- und Knieprothese sowie bei älteren Populationen statt [9] [12] [60] [77] [83]. Folglich kann der SF-36 als ein geeignetes Messinstrument bei der Untersuchung der vorliegenden Population angesehen werden. Der SF-36 wie auch der WOMAC als ein weiteres Messinstrument eignen sich sehr gut zur Darstellung von Veränderungen bei Hüft- und Kniepatienten [3], die es in vorliegender Untersuchung zu überprüfen galt.

Eine Beeinflussung durch äußere Bedingungen können bei der Durchführung der Fragebogenerhebung als gering angesehen werden. Die Teilnehmer füllten den Fragebogen selbstständig von Hand aus. Bei Unklarheiten, die selten auftraten, stand der Testleiter zur Beantwortung bereit. In die Studie flossen dabei nur die Ergebnisse der Patienten ein, von denen beide Fragebögen aus der ersten und zweiten Messung vorlagen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte bei den Netzdiagrammen unter Verwendung des arithmetischen Mittelwertes unter der Annahme, dass die Skalenwerte des SF-36 mit hoher Wahrscheinlichkeit als intervallskaliert angesehen werden können [13], auch wenn sie im Grunde ordinalskaliert sind [64].

5.1.1.2 Schmerzverlauf

Die Thematik der körperlichen Schmerzen, die ebenfalls Inhalt des Fragebogens SF-36 darstellte, wurde anhand der Beurteilung des Schmerzverlaufes weitergehend vertieft.

Die bereits angesprochene freiwilliger Teilnahme an dieser Studie kann hinsichtlich des Schmerzverlaufes dazu geführt haben, dass sich Patienten mit staken körperlichen Schmerzen von dem Angebot an einer Studie mit körperlichem Training nicht angesprochen gefühlt haben, wodurch ein insgesamt niedriges Ausgangs-Schmerzniveau resultierte. Durch die Skalierung nach d'Aubigné et al. [69] von 1-10 Schmerzpunkten sind bei vorliegendem Wert 1 keine Verbesserungen mehr zum Messtag Eins möglich (Bodenbildungseffekt), das mögliche Therapieeffekte verschleiern konnte.

Zu berücksichtigen war, dass dieses Schema wie auch schon bei der Verwendung des SF-36 genannt, das subjektive Befinden des Patienten zu dem jeweiligen Zeitpunkt darstellte und somit einer Momentaufnahme entsprach. Um ein möglichst durchgängiges Bild der Schmerzsymptomatik zu bekommen, wurde der Patient dazu angehalten den Schmerzscore täglich und zu einem bestimmten Zeitpunkt, wenn möglich vor dem zu Bett gehen in dieser Weise zu protokollieren. Das Schema des Schmerzverlaufes wurde gewählt um nicht nur Aussagen über zwei definierte Zeitpunkte (Messung Eins und Zwei) machen zu können, sondern um eine kontinuierliche Entwicklung und Veränderungen im Bereich der Schmerzeinschätzung wiedergeben zu können. Da dies einfache Schema (vgl. Kap. 3.1) wenig Zeit in Anspruch, stieß es bei den Probanden auf eine hohe Akzeptanz. Die verschiedenen Schmerzqualitäten bezogen sich auf den Allgemeinen Schmerz, den Schmerz beim Gehen, beim Treppensteigen und den Ruheschmerz bei Nacht.

5.1.2 Interpretation der Ergebnisse

5.1.2.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität – SF-36

Bei der Interpretation der Daten sollte berücksichtigt werden, dass es zur klinischen Relevanz der Ergebnisse in der Literatur unterschiedliche Angaben gibt. Bisher liegt keine akzeptierte Definition von klinisch wirksamen Veränderungen der Skalenwerte vor. Jones et al. sprechen ab einer Veränderung des arithmetischen Mittels der Skalenwerte von über zehn Punkten von einer klinischen Wirksamkeit [57], wobei die empfohlene Stichprobengröße höher als die in der Untersuchung verwendete Größe liegt. Demnach würden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung als klinisch nicht relevant eingestuft werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass sich diese Angaben auf eine Untersuchung beziehen, in der Patienten in einem Zeitfenster bis sechs Monate nach einer Hüftoperation beobachtet wurden. In diesem Zeitraum ergaben sich die größten Veränderungen im Bereich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, die in folgenden Studien mehrfach belegt wurde: Bachmeier et al. wiesen drei Monate nach Hüft- und Knieprothesen-Operation anhand des SF-36 und WOMAC signifikante Verbesserungen vor allem in der Hüftprothesengruppe nach [3]. Auch Chiu et al. bestätigten die stärksten Veränderungen im Bereich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in den ersten drei bis sechs Monaten nach einer Hüftoperation unter Verwendung des SF-36 und des Harris Hip Score [21]. Nach Hopman et al stabilisierte sich der funktionelle Status und der Schmerz drei Monate nach der Operation [44]. Vor allem im Bereich der Körperlichen Funktionsfähigkeit und beim Schmerz verbessern sich über 80% der Patienten in einem Zeitraum bis sechs Monate nach einer Hüftoperation. Ebenfalls Verbesserungen im Bereich *Schmerz, körperliche Funktionsfähigkeit und körperliche Rollenfunktion* bestätigten die Ergebnisse von Jones et al. [57]. In die gleiche Richtung deuten die Untersuchungen von Kiebzak et al. hin, die von signifikanten Verbesserungen in allen Skalen des SF-36 drei Monate nach einer Hüftoperation sprachen [64] [65]. McGuigan et al. zeigten auch noch zwei Jahre

nach einer Operation im Vergleich zum präoperativen Zustand statistisch signifikante Unterschiede auf [82].

Ein direkter Vergleich mit den beschriebenen Studien ist jedoch nicht möglich, da als Einschlusskriterium für die vorliegende Untersuchung ein Mindestzeitabstand zu einer Hüftendoprothesen- Operation von sechs Monaten festgesetzt wurde und die Teilnehmer unterschiedlich lange mit einer Hüftprothese versorgt sind. So beschrieben Chiu et al. in ihrer Studie keine nennenswerten Veränderungen im weiteren Verlauf bis zwölf Monaten nach der Hüftoperation [21]. Neben der Tatsache, dass es sechs Monate postoperativ nur noch zu geringen Veränderungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität kommt [3] [21] [44] [57] [64] [65], sollte zudem berücksichtigt werden, dass es sich bei dem progredienten Krankheitsverlauf einer Arthrose bereits bei einer Stagnation der Beschwerden um eine erfolgreiche Intervention handeln kann. Bei der vorliegenden Studie wurden Patienten mit Hüftprothese, deren Operation mindestens sechs Monate zurückliegt, und Hüftarthrose eingeschlossen. Deshalb kann in der vorliegenden Untersuchung nicht die gleiche Veränderung erwartet werden, wie bei den zuvor genannten Untersuchungen.

Bei der Auswertung wurde auf Differenzierung der Gruppen hinsichtlich Beschwerdebild (Arthrose versus TEP), Alter und Geschlecht aufgrund der sich daraus ergebenden reduzierten Stichprobengröße keine Rücksicht genommen.

Für das fast durchgängig schlechtere Ausgangsniveau der Trainingsgruppe ließ sich keine Begründung finden, denn die Einteilung in die betreffenden Gruppen fand erst zum Abschluss des ersten Messtages statt (vgl. Abb. 31). Die Belastungsfähigkeit in der Voruntersuchung wies ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Durch die Verbesserung der Interventionsgruppe über das Niveau der Kontrollgruppe hinaus wird der Therapieerfolg zusätzlich verdeutlicht (vgl. Abb. 32).

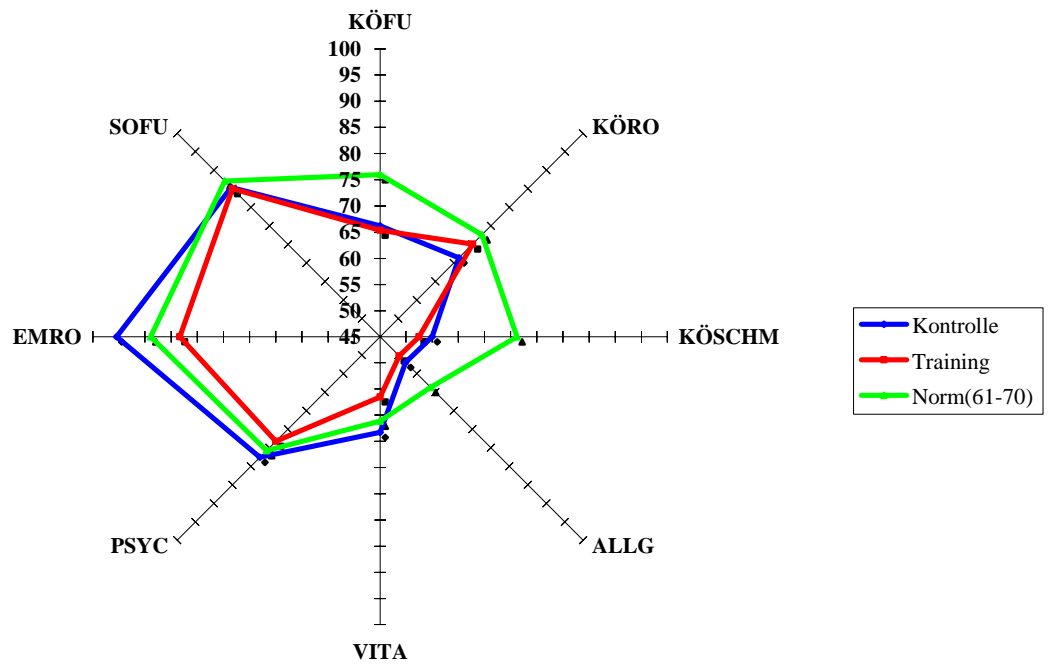


Abb. 31: SF-36 Netzdiagramm Vergleich Trainings-, Kontroll- und Normgruppe am Messtag Eins (arithmetisches Mittel)

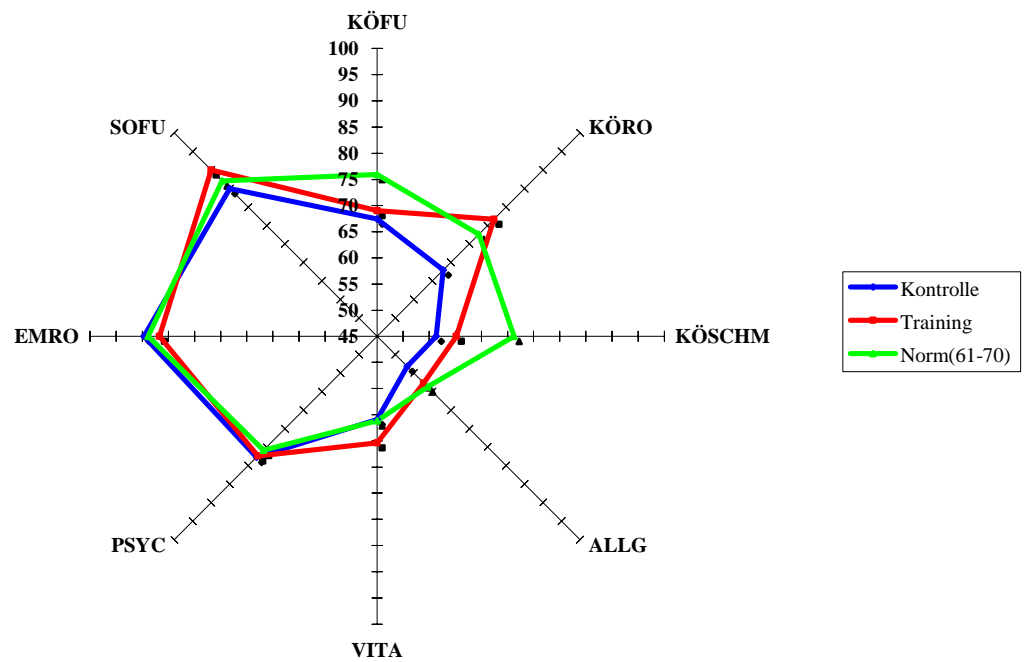


Abb. 32: SF-36 Netzdiagramm Vergleich Trainings-, Kontroll- und Normgruppe am Messtag Zwei (arithmetisches Mittel)

Während die Trainingsgruppe in allen Bereichen am Messtag zwei eine höhere Punktzahl erreicht, zeigt die Kontrollgruppe nur kleine Veränderungen in beide Richtungen. Dabei festzustellen sind Verschlechterungen in den Bereichen *körperliche Rollenfunktion* (-3,5 P.), *Vitalität* (-2,4 P.) und *emotionaler Rollenfunktion* (-5,7 P.), und leichte Verbesserung um 1,2 Punkte in folgenden Dimensionen: *körperliche Funktionsfähigkeit*, *körperliche Schmerzen* und *allgemeine Gesundheit*.

Bei einer genaueren Betrachtung der einzelnen Skalen der Trainingsgruppe fällt auf, dass sich die größten Veränderungen im Bereich Allgemeine Gesundheit und *Vitalität* abspielen (Verbesserung > 7,5 Punkte) gefolgt von dem körperlichen Schmerz und der körperlichen Rollenfunktion (> 6,7 Punkte). In den anderen Bereichen *körperliche Funktionsfähigkeit*, *psychisches Wohlbefinden*, *emotionale Rollenfunktion* und *soziale Funktionsfähigkeit* liegen die Verbesserungen gleich oder kleiner 5 Punkte.

Bei der Interpretation der Daten sollte jedoch in Betracht gezogen werden, dass es zu so genannten Boden- und Deckenbildungseffekten kommen kann [64] aufgrund der Skalierung des SF-36 von 0-100 Punkten sind bei vorliegendem Maximalwert am Messtag eins keine weitere Verbesserung zum Messtag zwei mehr möglich (Deckenbildungseffekt), analog bei vorliegendem Wert „Null“ keine Verschlechterung (Bodenbildungseffekt). Es gibt jedoch noch keine Interpretationshilfe, was eine kritische Marke für solche Effekte darstellt. Ein ähnliches Phänomen ist bei den Ergebnissen des Kraftausdauerstest zu beobachten. Einen Überblick über die Effekte bei der vorliegenden Untersuchung geben folgende Tabellen (vgl. Tab. 24 u. Tab. 25). Aufgeführt sind die Skalen für jede Gruppe, bei denen mindestens 25 Prozent der Patienten 100 Punkte erreichen (entspricht dem 75%-Quantil) beziehungsweise null Punkte (entspricht dem 25%-Quantil).

Tab. 24: Effekte bei SF-36 Messwerte Trainingsgruppe

Training n=30		25%	Median	75%	Effekte
Körperliche Rollenfunktion	Beginn	0	100	100	Boden- und Deckenbildungseffekt
	Ende	0	100	100	Boden- und Deckenbildungseffekt
Soziale Funktions- fähigkeit	Beginn	71,2	87,5	100	Deckenbildungseffekt
	Ende	87,5	100	100	Deckenbildungseffekt
Emotionale Rollenfunktion	Beginn	66,7	100	100	Deckenbildungseffekt bei 50% aller Patienten
	Ende	100	100	100	Deckenbildungseffekt bei 75% aller Patienten

Tab. 25: Effekte bei SF-36 Messwerte Kontrollgruppe

Kontrolle n=29		25%	Media n	75%	Effekte
Körperliche Rollenfunktion	Beginn	25	75	100	Deckenbildungseffekt
	Ende	0	100	100	Boden- und Deckenbildungseffekt
Soziale Funktionsfähig keit	Beginn	75	87,5	100	Deckenbildungseffekt
	Ende	75	87,5	100	Deckenbildungseffekt
Emotionale Rollenfunktion	Beginn	100	100	100	Deckenbildungseffekt bei 75% aller Patienten
	Ende	100	100	100	Deckenbildungseffekt bei 75% aller Patienten

Dieser Deckenbildungseffekt zeigt sich demnach in der vorliegenden Studie in den Bereichen *körperliche Rollenfunktion*, *soziale Funktionsfähigkeit* und *emotionale Rollenfunktion*, welches unter anderem eine Ursache für geringere Veränderungen in diesen Bereichen sein kann. Da diese Kategorien zudem noch eine weitaus größere Stichprobenanzahl benötigen, um Veränderungen nachzuweisen [13], müssen diese Werte vorsichtig interpretiert werden. Dass diese Skalen generell anfällig für solche Effekte sind, zeigten Kiebzak et al. bei der *sozialen Funktionsfähigkeit* und der *emotionalen Rollenfunktion* und Mayer

zusätzlich bei der *körperlichen Rollenfunktion*, bei denen es schon zu Beginn der Untersuchung ebenfalls zu Deckenbildungseffekten kam [64] [81].

Die im Rahmen der vorliegenden Studie erzielten Verbesserungen der Trainingsgruppe in den Bereichen *Vitalität, körperliche Schmerzen* und *allgemeine Gesundheitswahrnehmung* sind unter Berücksichtigung des gewählten Studiendesign als klinisch relevant zu beurteilen. Dies bezieht sich sowohl auf die Mittelwerte, als auch auf die berechneten Effektgrößen.

Die Verwendung der Effektgröße kann nach Kazis et al. ein nützliches Hilfsmittel bei der Interpretation von Veränderungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität darstellen [63]. Dabei wird der Quotient aus der Differenz der Messwerte zu unterschiedlichen Zeitpunkten und aus der Standardabweichung zum ersten Testzeitpunkt gebildet. Eine Effektgröße von „1“ zeigt somit eine Veränderung um eine Standardabweichung an. Einsatz findet die Verwendung von Effektgrößen vor allem in der klinischen Forschung mit Arthrose oder anderen chronischen Krankheiten. Da bei der Entwicklung der Messinstrumente zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität bisher das Hauptaugenmerk auf die Reliabilität und Validität gelegt wurde, erfolgte kaum eine Auseinandersetzung mit der Sensivität der Messinstrumente im Hinblick auf klinisch wirksame Veränderungen mit der Fragestellung wie genau Veränderungen zwischen verschiedenen Testzeitpunkten dargestellt werden und ab wann von einer klinischen Relevanz gesprochen werden kann.

Die im Vergleich zur deutschen Normstichprobe geringer ausfallenden Werte vor allem in den körperlichen Bereichen *körperlicher Schmerz* und *körperliche Funktionsfähigkeit*, aber auch bei der *allgemeinen Gesundheitswahrnehmung* sind auf die Grunderkrankung der Studienteilnehmer zurückzuführen. Während nach der Trainingsintervention die *allgemeine Gesundheit* ähnlich eingeschätzt wird wie bei der vergleichbaren Normgruppe, reichen die Verbesserungen im Körperlichen Bereich nicht aus um an die Werte der deutschen Normstichprobe heranzukommen. Jedoch wird das deutliche Defizit zu Anfang von 19 auf 11 Punkte minimiert. Eine Verbesserung der Körperlichen Schmerzen ist in Hinblick auf die Tatsache, dass es sich bei dem progredienten Krankheits-

verlauf einer Arthrose bereits bei einer Stagnation der Beschwerden um erfolgreiche Intervention handeln kann, noch höher zu bewerten.

In den psychischen Bereichen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität *psychisches Wohlbefinden, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale und körperliche Rollenfunktion* ist auffallend, dass die Teilnehmer ähnliche Werte wie die Vergleichsgruppe aufweisen, aber nach Beendigung der Interventionsphase sogar die Werte der deutschen Normgruppe übersteigen. Dieses Phänomen lässt sich durch die Bereitschaft der Teilnehmer zur aktiven Teilnahme an einer solchen Untersuchung erklären, welches Eigenengagement, Interesse an der Bewegung und Kontaktfreudigkeit einschließt. Die gesteigerte Vitalität der Trainingsgruppe am zweiten Messtag kann mit dem wöchentlich stattfindenden Training und der daraus gesteigerten Motivation zum eigenverantwortlichen Handeln beim Heimtraining erklärt werden.

Ginge man noch einen Schritt weiter und würde versuchen die Verbesserungen der Trainingsgruppe in Verbindung mit den Durchschnittswerten jüngerer Normgruppen zu bringen, ergäben sich weitere Schlussfolgerungen: Demnach fühlten sich die Teilnehmer der Trainingsgruppe in Hinsicht auf die Vitalität wie mit 40 Jahren. Auch angesichts der Reduzierung der Schmerzen im körperlichen Bereich könnte von einer „Verjüngung“ um 8 bis 10 Jahre gesprochen werden. Jedoch muss mit diesen Schlussfolgerungen vorsichtig umgegangen werden, da sicher ein Teil der Verbesserungen auf dem Erfolg des Trainings beruhen, jedoch spielen - wie oben schon genannt – auch gesellig- kommunikative und motivationale Aspekte eine gewisse Rolle. Diese bisher kaum betrachteten Bereiche sollte in der weiteren wissenschaftlichen Beschäftigung berücksichtigt werden.

5.1.2.2 Schmerzverlauf

Die körperlichen Schmerzen, die schon Gegenstand des SF-36 waren, werden hier erneut aufgegriffen und in verschiedene Dimensionen und Belastungsformen eingeteilt.

Die zehnwöchige Trainingsintervention zeigt in der Trainingsgruppe eine deutliche Reduzierung der subjektiv empfundenen Schmerzen anhand der Selbsteinschätzungskurven im Schmerzverlauf. Durchweg kommt es bei der Trainingsgruppe in jeder Schmerzkategorie (*allgemeiner Schmerz, Schmerz beim Gehen, Schmerz beim Treppensteigen und bei Nacht*) zu einer Reduzierung um 5-7%. Auffällig ist eine deutliche Abnahme der Schmerzintensität nach einer Eingewöhnungsphase mit dem Trainingsgerät nach etwa fünf Wochen. Dagegen zeigen sich in der Kontrollgruppe nur sehr geringe Unterschiede (0-1%) beim Vergleich der Ergebnisse zu Beginn und am Ende der Studienzeit.

Auch Freiwald et al. konnte am Ende einer vierwöchigen Studie an Kniegelenks-Patienten eine signifikant höhere Schmerzreduktion der Versuchsgruppe nachweisen, das sich insbesondere in einem verminderten Schmerz beim Treppensteigen ausdrückte [31]. Als Folge abgelaufener degenerativer Gelenkprozesse muss eine veränderte nozizeptive Rezeptorenaktivität angenommen werden, die dem Gelenk als Schutzfunktion gegen weitere Schädigung durch erhöhte Kräfte dient [31]. Zusätzlich verbesserte sich die Gelenkstabilität durch physiologischere Kraftverhältnisse im Bereich des Kniegelenks.

Zu berücksichtigen ist ebenfalls, dass eine Reduktion der Schmerzintensität nicht nur der Verbesserung der Lebensqualität dient, sondern auch einem sog. Schmerz-Schonhinken vorbeugen kann, das wiederum durch eine starke Gangasymmetrie zu einer Mehrbelastung des Hüftgelenkes führt. Um die Schrittlänge trotzdem beibehalten zu können, erfolgt bei Patienten mit vorhandenem Hüftextensionsdefizit die Kompensation durch eine verstärkte Hüftflexion, wodurch ein „nach vorne Fallen“ und eine größere Beschleunigung mit einer verstärkten Belastung des Hüftgelenks resultieren. Daher sollte eine teilweise Abschwächung der Mehrbelastung durch geeignetes Schuhwerk oder Korrektur des Gangbildes geleistet werden, damit ein Ausgleich des Hüftextensionsdefizits mit einer verstärkten Hüftflexion nötig wird.

Bei nicht beherrschbarer Schmerzsymptomatik und fortgeschrittener Arthrose kann eine Hüftendoprothesenversorgung zur Schmerzlinderung bzw. Schmerzausschaltung führen und Schäden des Hüftgelenks durch Beseitigung der Gangasymmetrie vorbeugen.

5.2 Koordination

Bei vorliegender Untersuchung kamen Tests zur Operationalisierung der Gleichgewichtsfähigkeit im Bereich der Koordination zur Anwendung. Voraussetzung für einen Test als wissenschaftlich begründetes Untersuchungsverfahren ist die Erfüllung der geforderten Gütekriterien wie die Hauptgütekriterien Reliabilität, Objektivität und Validität sowie die Nebengütekriterien Normierung, Vergleichbarkeit und Ökonomie [86]. Um eine möglichst hohe Objektivität, Normierung und Vergleichbarkeit zu erreichen, wurde versucht eine standardisierte Testsituation bei den einzelnen Tests zu gewährleisten. Bei der Durchführung der Tests war dies aufgrund verschiedener äußerer Störgrößen jedoch nicht immer gegeben. Forderungen wie ein abgeschlossener Testraum und Befinden des Testleiters außerhalb des Blickfeldes konnten nicht immer eingehalten werden. Häufig erfolgten die Tests im Beisein anderer Teilnehmer, das gerade bei den Gleichgewichtstests die Konzentrationsfähigkeit negativ beeinflussen kann. Außerdem ist es möglich, dass es dabei zu motivationsfördernden oder -hemmenden Effekten durch gruppenspezifische Prozesse kommt.

5.2.1 Methodenkritik

Die Gleichgewichtsfähigkeit spielt in der Forschung aufgrund ihrer Relevanz für sämtliche Aktivitäten im täglichen Leben eine entscheidende Rolle. Von Bedeutung ist daher die statische und dynamische Gleichgewichtsfähigkeit beim Stehen ebenso wie für den sicheren Gang [37] [100] [139]. Um die Gleichgewichtsfähigkeit zu operationalisieren wurden sportmotorische Tests mit und ohne Messinstrumente durchgeführt.

5.2.1.1 Statische Gleichgewichtsfähigkeit

In der medizinischen Literatur finden sich etliche Untersuchungen, die allesamt die Gleichgewichtsfähigkeit testen. Zum Einsatz kommen dabei häufig dynamometrische bzw. stabilometrische Kraftmessplatten, auf denen die Körperschwankungen anhand des Weges oder der Fläche gemessen werden, die der Körperschwerpunkt oder das Fußdruckzentrum zurücklegt bzw. umschreibt [91] [121].

Ein weiteres Messgerät zur Bestimmung der Gleichgewichtsfähigkeit stellt das Posturomed dar. Ott führte auf dem Posturomed Tests mit Teilnehmern einer Hüftsportgruppe im Vergleich zu einer Kontrollgruppe durch, wobei die Kontrollgruppe deutlich schlechtere Werte bezüglich der Gleichgewichtsfähigkeit aufwies. Zusätzlich erfolgte eine Überprüfung der Reproduzierbarkeit der durchgeführten Koordinationstests auf dem Posturomed [96]. Weitere Untersuchungen auf dem Posturomed wurden von Ilg zur Erweiterung der Testmethode durchgeführt [53]. Ein Vergleich mit anderen Testmethoden zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit erbrachte dabei in Bezug auf die verbesserten Resultate nur unwesentliche Unterschiede. Beyerlein benützte das Posturomed bei Kniepatienten nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes zum Nachweis einer verbesserten Gleichgewichtsfähigkeit [4].

In vorliegender Untersuchung kamen die Messgeräte Kraftmessplatte und Posturomed zum Einsatz. Die Überlegung dabei war, die Ergebnisse auf der Kraftmessplatte, die in der wissenschaftlichen Forschung schon länger Bestandteil ist, mit den Resultaten des Posturomed zu vergleichen. Dabei sind die verschiedenen Schwierigkeitstest zu beachten. Der *Einbeinstand* auf einer starren Kraftmessplatte ist wesentlich leichter zu absolvieren als derselbe auf dem schwingungsfähigen Posturomed. Eine weitere Erschwerung stellte hier der *Einbeinstand mit Anlauf* dar. Die Betrachtung der Ergebnisse macht deutlich, dass vor allem bei den schwierigeren Formen des Einbeinstandes die Messergebnisse deutlich weiter streuen. Je schwieriger das Anforderungsprofil der Übung war, desto deutlicher zeigte sich eine Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit in der Trainingsgruppe im Gegensatz zur Kontroll-

gruppe. Auffällig bei den Testformen auf dem Posturomed war ein deutlich schlechteres Ausgangsniveau der Trainingsgruppe trotz gleicher Belastungsfähigkeit der Teilnehmer während der Eingangsuntersuchung, sowie erfolgter Randomisation nach Messtag Eins. Durch die Verbesserung der Interventionsgruppe über das Niveau der Kontrollgruppe wird der Therapieerfolg jedoch zusätzlich verdeutlicht.

Allerdings darf dabei nicht das Leistungsniveau der Teilnehmer außer Acht gelassen werden, an denen die optimale Schwierigkeitsstufe zu wählen ist. So ist eine zusätzliche Auslenkung am Posturomed sicherlich nur bei koordinativ gut geübten Personen anzuwenden, da eine zu hoch gewählte Leistungsstufe zu vorzeitigem Abbruch bzw. einer zur Hilfenahme anderer Extremitäten führen würde.

Da sicher bei regelmäßigem Üben auf dem Posturomed eine gewisse Gewöhnung stattfindet wurde - um Lerneffekte zu vermeiden - nur ein einmaliger Probedurchgang mit korrekter Ausführung erlaubt.

Es wurden jeweils drei Versuche mit einer Messdauer von sechs Sekunden auf den Messgeräten durchgeführt. Bei nicht korrekter Ausführung des Einbeinstandes durch Festhalten oder zu Hilfenahme eines zweiten Fußes wurde dieser Versuch gesondert vermerkt. Da auffiel, dass durch den kurzen Einsatz einer Extremität, das lediglich ein Umfallen verhinderte, keine Vorteile bzw. bessere Ergebnisse erzielt werden konnten sondern das Resultat sogar verschlechterte, flossen nach reiflicher Überlegung diese Messwerte in das Mittel der Ergebnisse mit ein. Bei der Ausführung wurde vor allem darauf geachtet, dass kein Anpressen des Spielbeins an das Standbein stattfand, das einen deutlich ruhigeren Stand zur Folge hatte.

5.2.1.2 Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit

Sportmotorische Test zur Beurteilung der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit wurden von Gehrman und Ott mit einer zusätzlichen Überprüfung der Testgütekriterien entwickelt [33] [96]. Dem ebenfalls in vorliegender Untersuchung durchgeführte Sternschritt sprach Gehrman eine gute Objektivität und Reproduzierbarkeit nach [33].

In der praktischen Durchführung erwies sich der Sternschritt als das am einfachsten zu handhabende Testinstrument. Nach einer Erläuterung des Tests mit praktischem Probedurchgang, wurden zwei Versuche durchgeführt, von denen der bessere in die Auswertung kam. Ein Problem liegt in der kurzen Ausführungszeit des Tests, die am Ende bei der Trainingsgruppe im Bereich von 5,3 bis 6,5 Sekunden und bei der Kontrollgruppe 5,9 bis 7,4 Sekunden liegt. Ein mehrmaliges Durchlaufen der Schrittfolge (drei bis viermal) ohne Pause könnte zu einer höheren Trennschärfe führen.

Der ebenfalls durchgeführte Ganggeschwindigkeitstest zielt weniger auf das Erreichen einer Maximalgeschwindigkeit ab wie bei Gehrman, Bohannon oder Ruhleder [17] [33] [105], sondern vielmehr auf die Geschwindigkeit, die im Alltag normalerweise zurückgelegt wird. Denn der Test „freies Gehen“ testet nach Gehrman in dieser Form weniger die Koordination als die Maximalgeschwindigkeit [33]. Um den Zusammenhang zwischen Gangsicherheit und Ganggeschwindigkeit darzustellen, sollten die Probanden ihr normales Gangtempo über sechs Meter in drei Durchgängen absolvieren. Der Testleiter bat zu Beginn jeweils die individuelle Ganggeschwindigkeit einzuhalten und sich nicht durch andere Teilnehmer zu höheren Leistungen treiben zu lassen.

5.2.2 Interpretation der Ergebnisse: Koordination

Im Bereich der koordinativen Fähigkeiten konnten in der Trainingsgruppe im Vergleich zur ersten Messung Verbesserungen nicht nur der statischen Gleichgewichtsfähigkeit (Kraftmessplatte und Posturomed), sondern auch der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit (Sternschritt) festgestellt werden. Eine Erhöhung der Ganggeschwindigkeit, die ebenfalls als Parameter der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit definiert wurde, war nicht zu beobachten, auf die im Weiteren jedoch noch näher eingegangen wird.

5.2.2.1 Statische Gleichgewichtsfähigkeit

Eine Betrachtung der Ergebnisse aller Einbeinstandtest- unabhängig ob auf stabilen (Kraftmessplatte) oder instabilen Untergründen (Posturomed) - wies in

der Trainingsgruppe am Ende der Studienzeit im Vergleich zur ersten Messung positive Veränderungen auf. Schon allein die Tatsache, dass bei den Nachttests insgesamt deutliche weniger Fehlversuche bei den einzelnen Testformen auftraten könnte darauf hindeuten, dass die Probanden eine bessere Balance aufwiesen als beim Vortest oder dass sie sich zumindest sicherer fühlten und sich daher nicht so schnell festhalten mussten oder das Bein abstellten. Dies betraf vor allem die Untersuchungen auf dem Posturomed, die vom Schwierigkeitsgrad her durch die schwingende Aufhängung deutlich höher als die der Kraftmessplatte einzustufen ist. Ob sich innerhalb dieser unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen abzeichnet, dass die Trainingsgruppe bei den koordinativ schwierigeren Ausführungen besser im Vergleich zur Kontrollgruppe abschneidet, lässt sich aufgrund der Ergebnisse diskutieren.

Bei der Auswertung des mittleren Abstandes zum Flächenschwerpunkt auf der Kraftmessplatte ergab sich bei gleichem Ausgangswert beider Gruppen eine deutliche Verringerung des Medianwertes der Trainingsgruppe um 1,04 mm (7,4 mm nach 6,36 mm), während bei der Kontrollgruppe eine geringere Abnahme von 0,33 mm (7,4 mm nach 7,07mm) stattfand.

Eine Angabe in Prozenten, die sich dabei jeweils auf den Median der Gesamtgruppe (Trainings- und Kontrollgruppe) bei der ersten Messung beziehen, zeigte nach der Trainingsintervention in der Trainingsgruppe eine Abnahme um 14,7 % im Vergleich zu 4,5% in der Kontrollgruppe.

Die Untersuchungen auf dem Posturomed ergaben beim einfacheren *Einbeinstand* eine deutliche Reduzierung des Gesamtweges anhand des Medianwertes in der Trainingsgruppe um 21,53 mm und fielen dabei bei anfangs höherem Ausgangswert deutlich unter den Endwert der Kontrollgruppe, die eine Erhöhung des Gesamtweg um 1,57 mm aufwies. Ausgedrückt in Prozenten konnte bei der Trainingsgruppe eine Abnahme von 54,3% und bei der Kontrollgruppe eine Zunahme von 4,1% festgestellt werden. Ein ähnliches Bild ergab sich bei dem koordinativ noch anspruchsvolleren *Einbeinstand mit Anlauf*. Bei wiederum höherem Ausgangswert des Medianwertes in der Trainingsgruppe trat eine Verringerung des Gesamtweges von 50,66 mm im

Vergleich zu 5,57 mm in der Kontrollgruppe auf. In Prozenten angegeben ergab sich folgendes Bild: Eine Verringerung des Gesamtweges bei der Trainingsgruppe um 56,7% und 6,3% bei der Kontrollgruppe.

Auffällig bei den Testformen auf dem Posturomed war ein deutlich schlechteres Ausgangsniveaus der Trainingsgruppe, das jedoch nicht zu erklären war. In Anbetracht, dass die Ergebnisse bei dem Test auf der Kraftmessplatte bei der ersten Messung identisch waren, konnte auch anhand der Leistungsdiagnostik auf dem Laufband kein Unterschied zwischen der Belastungsfähigkeit der beiden Gruppen festgestellt werden. Auch scheint es abwegig, dass aufgrund mangelnder Motivation oder Konzentration die Tests auf dem Posturomed schlechter ausfielen, da die Einteilung in die verschiedenen Gruppen erst im Anschluss an den ersten Messtag geschah und die Teilnehmer gleiche Bedingungen bei der Durchführung der Tests vorfanden. Bei einer Betrachtung der Mittelwerte im Test *Einbeinstand mit Anlauf* ist dieser Unterschied im Ausgangsniveau nicht nachzuweisen, wobei beide Gruppen ein Mittel von 127 mm aufweisen. Jedoch ergeben sich bei der Beurteilung des arithmetischen Mittelwertes Probleme in Form einer starken Beeinflussung durch Ausreißer, die bei dieser Messmethode vorkommen und auf starke Leistungsunterschiede innerhalb der Gruppe hinweisen. Deshalb erfolgte bei den Messungen der Gleichgewichtsfähigkeit, die aufgrund technischer Schwierigkeiten zusätzlich auf der Kraftmessplatte und dem Posturomed eine geringere Probandengröße aufwies, die Beurteilung anhand des Medianwertes.

Da sowohl das Gerät Posturomed als auch das Trainingsgerät MBT[®] auf einem ähnlichen Prinzip beruhen, nämlich auf einem Vortäuschen instabiler Untergründe wie sie auf unebenen Wegen oder beim versehentlichen Stolpern oder Vertreten in der Natur auftreten [84] [102], kann davon ausgegangen werden, dass sich bei der Trainingsgruppe eine Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten einstellt und sie somit die Schwingungen des Posturomed besser kompensieren konnten.

Die vorliegenden Ergebnisse sind nur bedingt mit den Ergebnissen anderer Studien zu vergleichen, da entweder eine Auswertung nach Mittelwerten erfolgte bzw. andere Testformen auf dem Posturomed durchgeführt wurden.

Nach Ilg kam es so im Rahmen der Hüftsportgruppe zu einer Verbesserung um 9,8% im Vergleich zum Ausgangswert, wobei dieser Wert den Mittelwert aller drei durchgeführten Testformen darstellt [53]. Beyerlein führte bei Kniepatienten nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes einen Einbeinstandtest auf dem Posturomed mit 25 Sekunden Messzeit nach einer sechswöchigen Trainingsperiode mit dem Trainingsgerät MBT[®] durch, dessen Ergebnisse eine Verbesserung der x- und y- Mittelwerte zwischen 26% und 52% ergaben [4].

5.2.2.2 Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit

Sternschritt

Der Sternschritt-Test, der erstmalig von Wiek/Verdonk als allgemeiner Koordinationstest mit dem Geltungsbereich Reaktionsfähigkeit, Schnelligkeit und Gesamtkörperkoordination bei Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen beschrieben wird [131], wurde von Bork/Hahn/Horstmann bei Patienten mit knieendoprothetischem Gelenkersatz unter Verwendung von vier aktiven Kontaktplatten und einer Zeitmesseinrichtung durchgeführt [11]. Gehrman modifizierte diesen Test im Hinblick auf die Zielgruppe Hüftpatienten um mit einfachen Mitteln diesen Test an jedem Ort durchführen zu können [33]. Der Sternschritt misst nach Gehrman die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit, da sich es bei der Bewegungsabfolge des Tests um ein kontrolliertes Auslenken und Wiederherstellen des Gleichgewichts handelt [33].

Auf der Grundlage von Gehrman ermittelten Ilg und Mayer die Testwerte zu Beginn und am Ende eines Hüftsportkurses beim Sternschritt [53] [81]. In beiden Untersuchungen konnten Verbesserungen in Form eines schnelleren Absolvierens der Schrittfolge im Verlauf des Kurses feststellen, wobei bei Mayer die Verbesserung der Prothesengruppe stärker ausfiel. Nallegdowa et al. berichteten im Rahmen einer Untersuchung der statischen und dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit bei Patienten nach einer Hüftoperation von Defizite vor allem im Bereich der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit, der Propriozeption um des Gangbildes im Vergleich zu einer Kontrollgruppe [90]. Die Messung

erfolgte mittels Kraftschwerpunktsbestimmung auf einer Kraftmessplatte. Als Ursachen für diese Defizite werden Verletzungen der Kapsel, schwache Abduktoren, eine Beinlängendifferenz, eine eingeschränkte Beweglichkeit und altersbedingtes Übergewicht angeführt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen bei der Trainingsgruppe eine deutliche Verbesserung um 0,7 Sekunden (entspr. 10,45%), während in der Kontrollgruppe keine Änderung festgestellt werden konnte. Die genannte positive Entwicklung lässt sich durchgehend bei der gesamten Trainingsgruppe erkennen, unabhängig vom Leistungsgrad.

Ganggeschwindigkeit

Eine deutliche Erhöhung der Ganggeschwindigkeit in der Trainingsgruppe konnte nicht erzielt werden. Postoperativ wurde in Studien nach Implantation von Hüftendoprothesen in den ersten Wochen eine deutliche Erhöhung der Ganggeschwindigkeit beschrieben [33]. Da jedoch als Ausschlusskriterium zur Teilnahme an dieser Studie eine Mindestzeit von sechs Monaten postoperativ nach Hüftimplantation festgesetzt war, konnte dieser Effekt nicht eintreten.

Als Ausdruck des Zusammenhangs von Gangsicherheit und Ganggeschwindigkeit wäre eine Erhöhung der Geschwindigkeit zu erwarten. Jedoch eine Umstellung des Gangbildes, die im Rahmen des Trainings mit dem Trainingsgerät erfolgte, ging einher mit einem verkürzten aber aktiven Schritt um eine Mehrbelastung auf die Hüfte und den Schmerz zu verringern [132] und einer vermehrten Hüftstreckung, die sicher bei Patienten mit Hüftproblemen einen limitierenden Faktor darstellten. Somit kann zwar eine Gangstabilisation mit einer daraus resultierenden höheren Ganggeschwindigkeit stattgefunden haben, die jedoch durch diese Gangumstellung größtenteils aufgehoben wurde.

In diesem Falle fand eine getrennte Betrachtung nach Arthrose- und Prothesengruppe trotz der geringen Gruppengröße statt, in der sich eine wesentlich langsamere Ganggeschwindigkeit der Prothesengruppe (+ 0,5 Sekunden) in der ersten Messung im Vergleich zur Arthrosegruppe zeigte. Gründe für dieses Phänomen lassen sich einerseits schon im höheren

Altersdurchschnitt finden, andererseits ebenfalls Ausdruck für ein vorsichtigeres Gehen nach einer Hüftoperation stehen. Während sich die Prothesenträger der Trainingsgruppe um 0,3 Sekunden in der zweiten Messung steigern konnten, trat keine Verbesserung in der Kontrollgruppe auf. Jedoch war ebenfalls bei den Arthrosepateuten der Kontrollgruppe ein schnelleres Zurücklegen der Gehstrecke bei der Abschlussmessung um 0,25 Sekunden zu beobachten, wogegen die Trainingsgruppe gleiche Werte aufzeigte wie beim ersten Messdurchgang.

Inwieweit die Ganggeschwindigkeit bei den Arthrosepateuten von den Schmerzen beeinflusst wird und ob bei den im Durchschnitt älteren Patienten mit Hüftprothese eine Trainingsintervention eine stärkere Verbesserung in der Ganggeschwindigkeit zur Folge hat, sollte in weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen anhand einer größeren Stichprobenanzahl überprüft werden. Die Ergebnisse belegen deutlich, dass die Ganggeschwindigkeit bei den im Durchschnitt älteren Patienten, die bereits mit Hüftendoprothese versorgt wurden, deutlich unter den Werten der Hüftarthrose-Patienten liegt.

Die Ganggeschwindigkeit wird dabei von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst: Die Ergebnisse von Bohannon et al. wiesen signifikante Korrelationen zwischen der Kraft der unteren Extremitäten und der Ganggeschwindigkeit auf [17]. Der Zusammenhang zwischen der maximalen Ganggeschwindigkeit und der Muskelkraft der unteren Extremität waren deutlich höher als bei normaler Ganggeschwindigkeit, wobei bei dieser Untersuchung das Körpergewicht, das Geschlecht und die Kraft der Hüftextensoren auf der dominanten Seite die besten Indikatoren darstellten. Eine von Bohannon et al. [17] beschriebene Abhängigkeit vom Alter konnte in den Untersuchungen von Williams/Bird [135], Laukkanen et al. [74] und Lord et al. [76] nicht belegt werden. Ein weiterer beeinflussender Faktor stellt laut Mathias et al. und Ekdahl et al. das Körpergleichgewicht dar [80] [27]: bei gesunden Probanden zwischen 20 und 94 Jahren wiesen sie ein Zusammenhang zwischen der Körperschwankung, die mittels Kraftmessplatte gemessen wurde, und der Ganggeschwindigkeit nach. Die beiden Parameter Schrittlänge und Dauer der Stützphase beim Gang beeinflussen nach Judge et

al., Lord et al., Mathias et al. und Ekdahl et al. ebenfalls die Ganggeschwindigkeit [27] [59] [76] [80]. Mit zunehmendem Alter kommt es dabei zu einer Verkleinerung der Schrittlänge und zu Erhöhung der Zeit, die in der Stützphase des Ganges verbracht wird. Die Auswirkungen eines Trainings auf die Ganggeschwindigkeit werden unterschiedlich diskutiert. Zu berücksichtigen sind dabei die unterschiedlichen Zusammensetzungen der Stichproben, die Dauer der Interventionsphase, die Inhalte und deren Gewichtung sowie die Erhebung der Ganggeschwindigkeit. Während Harada et al. und Wolfson et al. keine Veränderung der Ganggeschwindigkeit bewirken konnten [38] [137], verbesserte sich bei Judge et al, Galindo-Ciocon et al. und Lord et al. durch ihre Interventionsmaßnahmen den Gang bzw. die Ganggeschwindigkeit [59] [32] [76].

Dass koordinative Fähigkeiten auch im Alter trainierbar sind, zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie. In wieweit eine gut ausgebildete Gleichgewichtsfähigkeit auch im Alltag von Bedeutung ist wird im Folgenden beschrieben:

Schon in früheren Studien wurde ein Zusammenhang zwischen Stürzen und verschiedenen Risikofaktoren beschrieben [106]. Risikofaktoren waren unter anderem ein gestörtes Balancevermögen [120], Beeinträchtigungen der Aktivitäten des täglichen Lebens, eine Hüftschwäche und explizit die Arthroseerkrankung [94] [103] [123] [124]. Da die Sturzwahrscheinlichkeit mit steigender Anzahl der Risikofaktoren zunimmt und bereits von den 65-Jährigen nahezu jeder Dritte mindestens einmal im Jahr stürzt [106], ist die wichtigste Konsequenz zur Verhinderung einer drohenden Hüftfraktur die multifaktorielle Intervention um die Sturzhäufigkeit zu reduzieren [123] [124]. Eine Verbesserung des Gleichgewichtes und Balancevermögen kann somit als Prävention und Sturzprophylaxe angesehen werden [140]. Auch in der Rehabilitation von Verletzungen und Operationen ist die Schulung der Koordination von großer Bedeutung [16], da funktionelle Defizite bei arthrotischen und arthritischen Patienten nach der Implantation einer Prothese festgestellt wurden [50].

Hier könnte der MBT[®] als Trainingsgerät zur Koordinationsschulung dazu beitragen, das Risiko für Stürze bei Arthrosekranken zu minimieren. Der Einsatz in der Rehabilitation sollte jedoch erst erfolgen, wenn das Implantat sicher verankert ist und keine Gangunsicherheit mit erhöhter Sturzgefahr besteht. Da keine weiteren Hilfsmittel für das Training erforderlich sind, kann es von den Patienten auch gut zur Eigentherapie genutzt werden. Dabei ist auf eine qualifizierte Einführung und Nachkontrolle bei der Verwendung des Trainingsgerätes zu achten.

5.3 Kraftausdauer

5.3.1 Methodenkritik Kraftausdauer

Auf Grundlage eines Kraftausdauertests, der in den Hüftsportgruppen Tübingen zum Einsatz kamen, wurde durch Modifikation dieses Tests in Hinblick auf eine noch gezieltere Messung der hüftumgreifenden Muskulatur - vor allem der Hüftabduktoren - angestrebt. Da keine Prüfung der Testgütekriterien erfolgte, können keine Aussagen über die Reliabilität oder die Validität gemacht werden. Durch eine genaue Übungsbeschreibung mit Abbruchkriterien sollte jedoch ein hohes Maß an Objektivität erreicht werden. Bei der Betrachtung der Ergebnisse sollte dies berücksichtigt werden. Aufgabe der Teilnehmer war ein Absolvieren so vieler Wiederholungen wie möglich, wobei das Tempo durch ein Metronom vorgegeben war. Äußere Störgrößen wie beispielsweise Anfeuerung durch andere Teilnehmer beeinflussten wie auch die Motivation alles zu geben das Ergebnis entscheidend. Beim zweiten Test konnten teilweise negative Vorbehalte der Teilnehmer in Hinblick auf den Kraftausdauer test beobachtet werden, aufgrund von schmerzhaften Vorerfahrungen in der ersten Messung. Dies führte zu einer erhöhten Ausfallrate in diesem Test. Als Abbruchkriterien galten neben lokaler Ermüdung der Muskulatur, ein Nichteinhalten der vorgegebenen Geschwindigkeit und auftretende Schmerzen sowie eine schlechte Ausführung zum Beispiel aufgrund mangelnder Beckenrotation oder Festhalten an der Sprossenwand. Bei den Ergebnissen sollte berücksichtigt werden, dass der Schmerz einen sehr starken Einfluss auf das Testergebnis

hat. Eine Verringerung der Schmerzen wie auch ein verbessertes Körpergefühl und gesteigertes Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit kann schon alleine zu einer höheren Wiederholungszahl führen, ohne dass sich die Krafftfähigkeiten verändern.

5.3.2 Interpretation Ergebnisse: Kraftausdauer

Einige Autoren bezeichnen die Glutealmuskulatur als wichtigsten Parameter für das Gangbild [10] [54] [93], das Anlass dafür gab die Kraftkomponente der hüftumgreifenden Muskulatur zu messen. Es findet eine Einteilung in eine abduktorische und eine extensorische Kraftkomponente statt, wobei in vorliegender Untersuchung die Hüftabduktion beurteilt wurde. Da im alltäglichen Leben selten die Maximalkraft zur Anwendung kommt, erschien es sinnvoll die Kraftausdauer in diesem Bereich zu untersuchen. Bisher wurde der Parameter Kraftausdauer hauptsächlich bei Studien zur Trainingswirksamkeit im Bereich des Kniegelenks betrachtet. Erst in jüngster Zeit erfolgte eine vermehrte Hinwendung bei Patienten mit Hüftbeschwerden, wobei der Schwerpunkt vor allem bei Patienten mit Prothesen der Schwerpunkt lag.

Jerosch/Heisel sahen ein Gewinn an Bedeutung einer Verbesserung der Kraft durch Muskeltraining sowohl im rehabilitativen als auch im präventiven Sinn bei Patienten mit Endoprothesen aufgrund zugrunde liegender Schwächen und Schäden am Haltungsapparat [55].

Im Bereich des Hüftgelenks wiesen Horstmann et al. auf verbleibende Defizite im Bereich Kraft, Kraftausdauer, Gangverhalten und elektrischer Ansteuerung bei arthrotischen und hüftendoprothetisch-versorgten Patienten hin [46]. Ekdahl und Broman wiesen in ihrer Studie bei Patienten mit rheumatoider Arthritis ebenfalls auf signifikante Defizite im Vergleich mit gesunden Probanden hin [26]. Dabei untersuchten sie die Knieflexoren und Knieextensoren der Patienten mittels isokinetischer Messung anhand ihrer Ausdauerfähigkeit.

Defizite der hüftumgreifenden Muskulatur bei Patienten im Endstadium einer Arthrose stellten Gilbey et al. fest [34]. Den Zusammenhang zwischen isokinetisch bestimmten Kraft- und Kraftausdauerwerten der hüftumgreifenden Muskulatur und einer Störung des Gangbildes vor und nach erfolgreich

durchgeführter Hüfttotaloperation untersuchte Jörger [56]. Demnach liegt das Hauptdefizit der hüftumgreifenden Muskulatur im Bereich der Extensoren und nicht in der Maximalkraft der Abduktoren [56]. Durch die Tatsache, dass bei Cahalan et al. die Extension als stärkste Komponente gemessen wurde, ist davon auszugehen, dass die extensorische Komponente die Führende vor der abduktorischen Komponente darstellt [19]. Nach Horstmann et al. verhindert eine Steigerung der Kraftausdauer, insbesondere der Extensoren, das frühe Auftreten des Hinkmechanismus bei Hüftpatienten [48]. Gilbey et al. wiesen auf ein gutes Tolerieren eines Trainingsprogramms unmittelbar vor einer Operation und ein schnelleres Wiedererlangen der körperlichen Funktionsfähigkeit bei Patienten im Endstadium einer Arthrose hin [34]. Die von Lin et al. entwickelte Testbatterie zur Untersuchung der Körperlichen Funktionsfähigkeit, beinhaltet unter anderem eine Prüfung der Krafftfähigkeiten wie beispielsweise Treppensteigen. In Verbindung mit dem WOMAC Index, einem krankheitsbezogenen Fragebogen, scheinen die Ergebnisse einen reliablen und nützlichen Testapparat darzustellen.

Eine Vielzahl von Studien beschäftigt sich mit dem unmittelbaren Zustand vor und nach einer Hüftoperation. Dabei lässt sich postoperativ variierend von einem halben bis einem Jahr deutliche Verbesserungen in der Kraftausdauer beziehungsweise der Maximalkraft [49] erkennen. Studien, die eine längerfristig angelegte Trainingsstudie bei Patienten mit Hüftprothese und Hüftarthrose untersuchen, stehen noch aus.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung ergaben eine ähnliche Verbesserung beider Gruppen, wobei sich die Trainingsgruppe bei der zweiten Messung auf die maximale Anzahl von 100 Wiederholungen verbesserte und so eine weitere Steigerung nicht möglich war. Zu Beginn der Studie ließ sich ein Deckenbildungseffekt beider Gruppen erkennen, der sich bei der Trainingsgruppe in der zweiten Messung sogar auf die Hälfte der Gruppe ausdehnte. Zu berücksichtigen sind sehr große interne Gruppendifferenzen, so unterscheidet sich das beste Testergebnis vom schlechtesten Ergebnis um 66 Wiederholungen am Ende der Untersuchung. Wie schon bei der Testdurchführung beschrieben, war die Überprüfung der Kraft der Hüftabduktoren stark abhängig

von der Qualität der Ausführung im Hinblick auf ein sauber gestrecktes Standbein, Festhalten mit den Händen, fehlende Beckenbeweglichkeit und Tempoeinhaltung. Ein ungenügende Beckenbeweglichkeit, Ermüdung und Schmerz beeinflussten und verfälschten die Messungen ebenso wie ein Übungseffekt beim zweiten Durchgang, das in einer Verbesserung beider Gruppen Ausdruck fand. Aufgrund dieser Gegebenheiten lassen sich erschwert Aussagen über die Entwicklung der Kraftausdauer im Bereich der Hüftabduktoren machen.

5.4 Beweglichkeit und Dehnfähigkeit

5.4.1 Methodenkritik Beweglichkeit und Dehnfähigkeit

Das Krankheitsbild der Arthrose bringt schmerzbedingt eine Schonhaltung und eine daraus resultierende Beweglichkeitseinschränkung und eventuellen Muskelatrophien mit sich. Eine entscheidende Rolle für das Gangbild des Patienten stellen somit neben einer ausreichend stabilisierenden hüftumgreifenden Muskulatur ebenfalls eine ausreichende Beweglichkeit und Dehnfähigkeit dar. Einerseits entsteht eine größere Belastung des Gelenks durch eine Muskelinsuffizienz infolge des Abkippen des Beckens zur Spielbeinseite hin (Trendelenburgzeichen) und zu einer kompensatorischen Verlagerung des Rumpfes seitlich auf das Standbein.

Andererseits ergibt sich eine weitere Belastung des Hüftgelenks durch das Extensionsdefizit des Koxarthrotikers, wenn dieses Defizit mit einer vermehrten Hüftflexion kompensiert wird. Durch einen vermehrten Aufprall des Körpers auf die Extremität und eine Mehrbelastung des Hüftgelenks, beschleunigt sich der Verschleiß des Gelenkes. Erst eine zusätzlich verminderte Hüftflexion und die daraus resultierende starke Bewegungsumfangminderung im Hüftgelenk und eine Gangasymmetrie, die auf Kosten der Schrittlänge und Geschwindigkeit ausgeglichen wird, haben den Vorteil einer geringeren Belastung des Hüftgelenks. Da der Körper beim Gehen weniger weit nach vorne gebeugt ist vermindert sich der Aufprall des Körpers auf das Hüftgelenk [132].

Die Überprüfung der Beweglichkeit und Dehnfähigkeit in vorliegender Studie war schon allein die Durchführung im Hinblick auf unser Probandengut schwierig, bei dem teilweise die Messung durch vermehrte Schmerzen im Bereich der Hüfte eingeschränkt zu beurteilen war. Zusätzlich waren die Einteilungskriterien in *normal*, *leicht* und *stark* eingeschränkt beweglich (anhand Gradzahlen) sehr weit gefasst, sodass daraus eine Schwellenproblematik resultierte. Bei den Dehnfähigkeitstests musste von einer aktiven Teilnahme des Probanden ausgegangen werden, die zu einem maximalen Anbeugen des Gegenbeines angehalten wurden um keine verfälschten Ergebnissen zu erhalten. Dadurch spielte wiederum der Schmerzfaktor eine bedeutende Rolle. Zudem war die Trainingsdauer von zehn Wochen relativ kurz um eine Verbesserung der Beweglichkeit zu erzielen, die aber auch nicht als Hauptschwerpunkt des Trainings angesehen wurde.

Aufgrund der Durchführung bei beiden Messungen durch denselben Untersucher kann von einem möglichen relativen Vergleich ausgegangen werden.

5.4.2 Interpretation der Ergebnisse: Beweglichkeit und Dehnfähigkeit

Aufgrund der Tatsache, dass das Training mit dem Trainingsgerät MBT[®] eine vermehrte Hüftextension erfordert, stellte sich die Überlegung, ob im Bereich vor allem der ventralen Muskulatur (M. iliopsoas und M. rectus femoris) nach der Trainingsphase eine verbesserte Dehnfähigkeit bestätigt werden kann. Im Bereich der dorsalen Muskulatur (M. ischiocrurale) und der Hüftflexion war keine Beweglichkeitsverbesserung zu erwarten

Die für die Hüftflexion erhobenen Werte beim Nachtest liegen trotz einer leichten Verbesserung beider Gruppen im Bereich des Ausgangswertes. Unter Berücksichtigung der Messungenauigkeit von 5° des Tests kann hier nicht von einer Veränderung gesprochen werden [56]. Dass bei den Prothese- Patienten im Allgemeinen eine deutliche Verbesserung der Beweglichkeit gerade bei der Hüftflexion in den ersten Monaten nach der Operation erzielt werden kann und anschließend keine großen Veränderungen mehr erwartet werden können [49]

[88], erklärt ebenfalls das Ergebnis, da die TEP-Patienten erst nach einem Zeitraum von sechs Monaten zu der Studie zugelassen wurden.

Bei den Tests der Dehnfähigkeit konnten anhand der Klassenhäufigkeiten nach Ausmaß der Einschränkung tendenziell leichte Verbesserungen der ventralen Muskelgruppen festgestellt werden. Bei der Dehnfähigkeit des M. iliopsoas wechselten in der Trainingsgruppe sechs Probanden in eine bessere Kategorie, während die Kontrollgruppe Verbesserungen bei zwei Teilnehmern verzeichnete.

Die Verteilung der Klassenhäufigkeiten erbrachte bei der Untersuchung des M. Rectus femoris in der Trainingsgruppe eine Verbesserung eines Probanden, wogegen sich in der Kontrollgruppe eine Verschlechterung von sechs Teilnehmern abzeichnete.

Bei Ausmessung der Ischiocruralen Muskulatur schnitten in der zweiten Messung von der Trainingsgruppe drei Probanden und von der Kontrollgruppe sogar sechs Probanden ab.

Allerdings zu berücksichtigen ist, dass bereits wenige „Wechsler“ in den Klassen genügten um die Ergebnisse zu erreichen. Daher kann man nur von einer tendenziellen Verschlechterung bzw. Verbesserung sprechen. Bei der groben Einteilung der Klassen besitzt der Test nur eine geringe Trennschärfe.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen steigender Zahlen an degenerativen Erkrankungen des Hüftgelenks stellt die präventive und rehabilitative Behandlung eine der Hauptforderungen dar. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Überprüfung der Effektivität einer zehnwöchigen Trainingsintervention mit einem speziellen Trainingsgerät (MBT=Masai Barfuß Technologie®) in Hinblick auf das statische und dynamische Gleichgewicht, sowie auf Lebensqualität und Schmerzsymptomatik von Patienten mit Hüftarthrose bzw. Hüftendoprothese gewesen. Des Weiteren wurden Auswirkungen des Trainings auf Kraftausdauer der hüftumgreifenden Muskulatur und Beweglichkeit des Hüftgelenkes evaluiert.

Die Studienpopulation bestand aus insgesamt 59 Patienten mit Hüftarthrose bzw. Hüftendoprothese, die nach Randomisation einer Trainingsgruppe (30 Probanden) und einer Kontrollgruppe (29 Probanden) zugeordnet wurden. Zu Beginn und am Ende der zehnwöchigen Trainingsphase wurden folgende Tests zur Evaluation des Trainingseffektes durchgeführt: Der Verlauf der Schmerzsymptomatik wurde anhand standardisierter Fragebögen erfasst. Die Überprüfung des dynamischen Gleichgewichtes erfolgte anhand des sportmotorischen Sternschritt-Tests. Die Auswirkungen auf das statische Gleichgewicht wurden auf dem Posturomed-Messgerät und auf der Kraftmessplatte bestimmt, die den zeitlichen Verlauf der Bodenreaktionskraft bzw. den Gesamtweg aufzeichneten.

Das Training führte zu keiner eindeutigen Verbesserung im Bereich Beweglichkeit, Kraftausdauer und Ganggeschwindigkeit. Doch anders als bei der Kontrollgruppe verbesserte sich bei der Trainingsgruppe die Gleichgewichtsfähigkeit. Bei den Tests auf dem Posturomed verringerte sich der Gesamtweg, der eine Aussage über die Standstabilität zulässt, um bis zu 56,7%. Ebenfalls konnte eine deutliche Verbesserung des Schmerzverlaufes in allen Kategorien beobachtet werden: Vom allgemeinen Schmerz über den Schmerz beim Gehen und Treppensteigen bis hin zum Nachtschmerz sanken

die Selbsteinschätzungs-Kurven der Trainingsgruppe (5-7 %) unter die der untrainierten Kontrollgruppe, die am Ende auf ähnlichem Niveau wie zu Studienbeginn blieb.

Anhand des Gesundheitsfragebogens SF- 36 konnte neben einer deutlichen Verringerung der *körperlichen Schmerzen* (7,7 Punkte) eine verbesserte *allgemeine Gesundheit* (7,5 Punkte) und *Vitalität* (8,8 Punkte) festgestellt werden. Auch die anderen Bereiche wie *soziale Funktionsfähigkeit*, *emotionales* und *psychisches Wohlbefinden* ließen eindeutig positive Ergebnisse erkennen, während es in der Kontrollgruppe allenfalls zu einer geringen Verschlechterung in einigen Bereichen kam.

Zusammenfassend lässt die vorliegende Untersuchung darauf schließen, dass die zehnwöchige Trainingsintervention mit dem MBT[®] in Hinblick auf Lebensqualität und Schmerzsymptomatik sowie im Bereich der Gleichgewichtsfähigkeit klinisch relevante Verbesserungen hervorrufen konnte. Dagegen zeigten sich keine eindeutig positiven Ergebnisse bei der Kraftausdauer, der Ganggeschwindigkeit und der Beweglichkeit. Das MBT[®]-Konzept scheint in Hinblick auf Lebensqualität, Schmerzintensität und koordinativen Fähigkeiten demnach eine geeignete Therapiemaßnahme zu sein, da angesichts des progredienten Krankheitsverlaufes der Arthrose zu berücksichtigen ist, dass es bereits eine Stagnation der Beschwerden eine erfolgreiche Intervention darstellt.

Grundsätzlich zeigt diese Untersuchung, dass bei der Behandlung von Patienten mit Arthrose bzw. bereits implantiertem künstlichen Hüftgelenk eine Form der Bewegungstherapie unbedingt berücksichtigt werden sollte, da diese zwar die Grunderkrankung nicht beseitigen, den Umgang mit dieser aber nachweislich verbessern kann.

7 Ausblick

Aus den Ergebnissen dieser sehr umfangreichen Studie mit Schwerpunkten auf gesundheitsbezogene Lebensqualität und Schmerz, Koordination aber auch Kraftausdauer und Beweglichkeit lassen sich folgende Handlungsstrategien für ein weiteres Vorgehen ableiten:

Die vorliegende Studie stellt einen ersten Überblick über die Effekte mit dem Trainingsgerät MBT[®] dar, der anhand einer kleinen Stichprobengröße durchgeführt wurde. Eine Überprüfung im Rahmen einer größeren Probandenzahl und einem speziellen Untersuchungsgebiet (z.B. gesundheitsbezogene Lebensqualität) erscheint sinnvoll. Zu dem in vorliegender Studie gewählten Untersuchungsdesign mit einer Kontrollgruppe wäre sicher das Abschneiden einer zusätzlichen Gruppe interessant, die das gleiche Training erhält nur ohne das Trainingsgerät. Denn es bleibt unklar, inwieweit eine Trainingsintervention ohne Berücksichtigung der Masai Barfuss Technologie[®] zu ähnlichen Erfolgen geführt hätte. Die vorliegende Studie bietet die Grundlage für weitere gezielte Untersuchungen wie beispielsweise die Auswirkungen auf Patienten mit Rückenbeschwerden oder anderen Gelenkerkrankungen. Bei Vorliegen einer größeren Probandenzahl könnte eine Anwendung geeigneter statistischer Verfahren erfolgen. Um Veränderungen im Verlauf darzustellen erscheint eine Beurteilung nach Effektgrößen sinnvoll. Die methodische Vorgehensweise in der Literatur, vor allem was die Verwendung statistischer Tests angeht, ist jedoch oftmals widersprüchlich und kann nur grobe Anhaltspunkte liefern.

Die Beurteilung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität sollte als Erfolgskriterium einer Behandlung angewandt werden. Zu Überlegen ist eventuell eine Ergänzung durch einen beschwerdespezifischen Fragebogen, wie z.B. den Western Ontario an McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), da dieses Messinstrument sensibler als der SF-36 Veränderungen im körperlichen Bereich misst und speziell für Arthrosepatienten ausgelegt ist. Deshalb ist bei Durchführung mit einer größeren Stichprobenanzahl eine Trennung nach Arthrose- und Prothesepatienten - auch über einen längeren

Zeitraum – sinnvoll. Zudem sollten mögliche Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen sportmotorischer Tests, dem Alter der Patienten und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität untersucht werden.

Bei Durchführung der verschiedenen Tests ist auf die Leistungsfähigkeit der untersuchten Probanden näher einzugehen (bezogen auf Gleichgewichtsfähigkeit und Kraftausdauer) und dementsprechend die maximale Anzahl bzw. Schwierigkeitsgrad anzupassen.

Bisher kaum betrachtete Bereiche wie gesellig-kommunikative und motivationale Aspekte als Phänomen eines Gruppentrainings sollten bei den weiteren wissenschaftlichen Arbeiten berücksichtigt werden.

8 Literaturverzeichnis

1. Apfelbaum M (1995). Effektivität eines Koordinationstrainings für Patienten mit künstlichem Hüftgelenk im Rahmen einer AHB. Diplomarbeit, DSHS Köln.
2. Appell HJ, Stang-Voss C (1986). Funktionelle Anatomie: Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung. München; 76-77.
3. Bachmeier CJ, March LM, Cross MJ, Lapsley HM, Tribe KL, Courtenay BG & Brooks PM (2001). A comparison of outcomes in osteoarthritis patients undergoing total hip and knee replacement surgery. *Osteoarthritis Cartilage* 9 (2); 137-46.
4. Beyerlein C (2003). Auswirkung eines neuro-muskulären Trainings auf die Koordinationsfähigkeit nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes: Theoretische Grundlagen und Ergebnisse der Masai Barfuss Technologie (MBT).
5. Birbaumer N, Schmidt RF (1999). Biologische Psychologie. Berlin, Heidelberg; 254-66:431.
6. Bizzini M, Mathieu N, Steens JC (1991). Propriozeptives Training der unteren Extremität auf instabilen Ebenen. *Manuelle Medizin* 29; 14-20.
7. Blume D (1984). Einige Bemerkungen zur Bestimmung des Begriffs "sportmotorischer Test". *Wiss Z Dt Hochsch Körperkultur Leipz* 25 (2); 45-60.
8. Bös K (1987). Handbuch sportmotorischer Tests. Göttingen: o.V.; 377ff.
9. Bombardier C, Melfi CA, Paul J (1995). Comparison of a generic and a disease-specific measure of pain and physical function after knee replacement surgery. *Med Care* 33; 131-44.
10. Borja F, Latta LL, Stinchfield FE, Oberon L (1985). Abductor muscle performance in total hip arthroplasty with and without trochanteric osteotomy. *Clin Orthop* 197; 181-90.
11. Bork H, Hahn F, Horstmann T (2001). Sensomotorische/Koordinative Defizite nach Knieendoprothetischem Gelenkersatz. *Med Orth Tech* 121; 79-83.
12. Brazier JE, Harper R, Jones NM (1992). Validating the SF-36 health survey questionnaire: New outcome measure for primary care. *BMJ* 305; 160-64.
13. Bullinger M, Kirchberger I (1998). Der SF 36-Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handbuch für die deutsche Fragebogenversion 1998; 7-30.
14. Bullinger M, Ravens-Sieberer U, Siegrist J (2000). Gesundheitsbezogene Lebensqualität in der Medizin - Eine Einführung. In: Bullinger M, Siegrist J, Ravens-Sieberer U. (Hrsg.),

Lebensqualitätsforschung - aus medizinpsychologischer und -soziologischer Perspektive. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe; 11-382.

15. Bohannon RW (1994). One-legged balance test times. *Percept Mot Skills* 78, 801-02.
16. Bohannon RW (1995). Standing balance, lower extremity muscle strength and walking performance of patients referred for physical therapy. *Percept Mot Skills* 80; 379-385.
17. Bohannon RW, Andrews AW, Thomas MW (1996). Walking Speed: Reference Values and Correlates for Older Adults. *JOSPT* 24 (2); 86-90.
18. Bork H, Hahn F, Horstmann T (2001). Sensomotorische/Koordinative Defizite nach Knieendoprothetischem Gelenkersatz. *Med Orth Tech* 121; 79-83.
19. Cahalan TD, Johnson ME, Liu S, Chao EYS (1989). Quantitative measurements of hip strength in different age groups. *Clin Orthop* 246; 136-45.
20. Cevette MJ, Puetz B, Marion MS, Wertz ML, Muentzer MD (1995). Aphysiologic performance in dynamic posturography. In: *Otolaryngology – Head and Neck Surgery* 112; 676-88.
21. Chiu HC, Mau LW, Hsu YC, Chang JK (2001). Postoperative 6-month and 1-year evaluation of health-related quality of life in total hip replacement patients. *J Formos Med Assoc* 100 (7); 461-5.
22. Cohan J (1977). *Statistical power analysis for behavioural sciences*. New York: Academic Press: 8.
23. Deetjen P, Speckmann EJ (1992). *Physiologie*. München, Wien, Baltimore; 266.
24. De Mares H (1996). *Sportphysiologie Köln*.
25. Ehram R, Zahner L (1996). Kraft und Krafttraining im Alter. In: Denk H Hrsg.), *Alterssport - Aktuelle Forschungsergebnisse*. Schorndorf: Hofmann; 191-205.
26. Ekdahl C, Broman G (1992). Muscle strength, endurance, and aerobic capacity in rheumatoid arthritis: a comparative study with healthy subjects. *Ann Rheum Dis* 51; 35-40.
27. Ekdahl C, Jarnlo GB, Holliday PJ (1989). Standing Balance Tests in 76-year-olds in relation to Performance, Activities of Daily Living and Platform Tests. *Scand J Rehabil Med* 21; 187-95.
28. Philipp, SH, Mayer AK (2002). Gesundheitsbezogene Lebensqualität alter und hochbetagter Frauen und Männer. In: Deutsches Zentrum für Altersfragen (Hrsg.), *Das hohe Alter: Konzepte, Forschungsfelder, Lebensqualität*. Hannover: Vincentz; 368.

29. Forsberg H, Nashner LM (1982). Ontogenetic Development of Postural Control in Man: Adaption to Altered Support and Visual Conditions During Stance. *J of Neuroscience* 2; 545-55.
30. Fransen M, McConnell S, Bell M (2002). Therapeutic exercise for people with osteoarthritis of the hip or knee. A systematic review. *J Rheumatol* 29 (8); 1737-45.
31. Freiwald JS, Starischka S, Engelhardt M (1993). Rehabilitatives Krafttraining. *Dt Z f Sportmed* 44; 368-78.
32. Galindo-Ciocon DJ, Ciocon JO, Galindo DJ (1995). Gait training and falls in the elderly. *J of Gerontol Nursing*; 11-17.
33. Gehrman E (1999). Überprüfung der Reliabilität an neun ausgewählten sportmotorischen Koordinationstests für Hüftpatienten; 53-64:94.
34. Gilbey H, Ackland T, Wang A, Morton A, Trouchet T, Tapper J (2003). Exercise improves early functional recovery after total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 408; 193-200.
35. Gusowski K (1983). Krankengymnastische Behandlung der Knie- und Hüftarthrose. *Krankengym* 35; 648-657.
36. Hackenbroch MH (1992). Periphere Arthrosen. In: Jäger, M/Wirth CJ (Hrsg.): Praxis der Orthopädie. Stuttgart, New York; 557-603.
37. Hanster RL (1998). Grundlagen des normalen Ganges und Analyse pathologischer Gangmuster. *Krankengym* 50; 1503-11.
38. Harada N, Chiu V, Fowler E, Lee M, Reuben DB (1995). Physical Therapy to Improve Functioning of Older People in Residential Care Facilities. *Phys Ther* 75 (9); 830-38.
39. Harms V (1998). Biomathematik, Statistik und Dokumentation. Kiel: Harms; 34-35.
40. Heitkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth HH (2001). Gain in Strength and Muscular Balance After Balance Training. *Int J of Sports Med* (22); 285-290.
41. Hepp WR (1997). Weiterbehandlung nach Implantation einer Hüftendoprothese. *Krankengym* 49; 1114-1124.
42. Hill JA (1995). The aging knee. In: *J of Back Musculoskeletal Rehabil* 5; 27-32.
43. Hollmann W & Hettinger T (2000). *Sportmedizin*. Stuttgart, New York: Schattauer; 132.
44. Hopman WM, Mantle M, Towheed TE, MacKenzie TA (1999). Determinants of health-related quality of life following elective total hip replacement. *Am J Med Qual* 14 (3); 110-16.
45. Hörster G (1998). Die Muskulatur in Sport und Medizin. In: Zichner L, Engelhardt M, Freiwald J: Die Muskulatur. Novartis Verla, Nürnberg; 9-39.

46. Horstmann T, Haupt G, Koch P, Mayer F, Jörger G, Heitkamp HC (1999). Sporttherapeutisches Konzept für Patienten mit Koxarthrose oder Hüftendoprothese- Die Tübinger Hüftsportgruppen. *Krankengym* 51 (11); 1870-1876.
47. Horstmann T, Heitkamp HC, Haupt G, Koch P, Merk J, Mayer F, Dickhuth HH (2001). Möglichkeiten und Grenzen der Sporttherapie bei Coxarthrose- und Hüftendoprothesen- Patienten. *Dt Z Sportmed* 52 (10); 274-78.
48. Horstmann T, Jörger G, Heitkamp HC, Mayer F, Winter E, Dickhuth HH (2001). Auswirkungen von Hüftsport auf Gangbild Kraftverhalten und Lebensqualität von Koxarthrotikern. *Akt Rheumatol* 26; 162-68.
49. Horstmann T, Martini F, Mayer F, Sell S, Knack J, Zacher J (1995). Kraftverhalten der hüftumgreifenden Muskulatur und Gehfähigkeit bei Patienten nach Implantation einer zementfreien Hüfte. *Z Orthop* (133); 562-67.
50. Horstmann T, Mayer F, Niess A, Roecker K, Dickhuth HH (2000). Neue Aspekte der Rehabilitation bei Arthrose- und Endoprothesenpatienten. *Med Welt* 51 (6); 193-200.
51. Horstmann T, Roecker K, Vornholt S, Niess A, Heitkamp HC, Dickhuth HH (2002). Konditionelle Defizite bei Coxarthrose- und Hüftendoprothesen – Patienten. *Dt Z Sportmed* 53 (1); 17-21.
52. Hurley MV, Newham DJ (1993). The influence of arthrogenous muscle inhibition on quadriceps rehabilitation of patients with early, unilateral osteoarthritic knees. *Br J Rheum* 32; 127-131.
53. Ilg M. Veränderung der Balance und Beweglichkeit- Hüftsportteilnehmern und Erweiterung der Testmethode auf dem Posturomed 2000; 50-59:83.
54. Inman VT ,Ralston HJ, Todd F (1981). Human walking. Williams and Wilkins, Baltimore.
55. Jerosch J, Heisel J (1996) Endoprothesenschule. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln; 9;84.
56. Jörger G (2000). Auswirkungen des Hüftsports auf Gangbild, Kraftverhalten und subjektive Befindlichkeit von Coxarthrotikern. Dissertationsschrift, Universität Tübingen, Medizinische Fakultät; 56:102-104.
57. Jones CA, Voaklander DC, Johnston DW, Suarez-Almazor ME (2001). The effect of age on pain, function and quality of life after total hip and knee arthroplasty. *Arch Intern Med* 161 (3); 454-60.
58. Jones CA, Voaklander DC, Johnston DW, Suarez-Almazor ME (2000). Health related quality of life outcomes after total hip and knee arthroplasties in a community based population. *J Rheumatol* 27 (7); 1745-52.
59. Judge JO, Underwood M, Gennosa T (1993). Exercise to Improve Gait Velocity in Older Persons. *Arch Med Rehabil* 74; 400-06.

60. Kantz JN, Harris WJ, Levitzky K, Ware JE, Davies AR (1992). Methods for assessing condition-specific measure of pain and physical function after total knee replacement. *Med Care* 3; 240-52.
61. Kapandji IA (1992). Funktionelle Anatomie der Gelenke, Band 2, 2. Aufl., Enke, Stuttgart.
62. Katthagen BD, Zeidler H. Verbesserung der Lebensqualität als Therapieziel. Maßnahmen am Beispiel der Arthrose und Arthritis. *Dt Ärztebl* 98 (23), 2001, A 1564-65.
63. Kazis L, Anderson J, Meenan R (1989). Effect Sizes for Interpreting Changes in Health Status. *Med Care* 27; 178-189.
64. Kiebzak GM, Campbell M, Mauerhan DR (2002). The SF-36 general health status survey documents the burden of osteoarthritis and the benefits of total joint arthroplasty: but why should we use it? *Am J Manag Care* 8 (5); 463-74.
65. Kiebzak GM, Vain PA, Gregory AM, Mokris JG, Mauerhan DR (1997). SF-36 general health status survey to determine patient satisfaction at short-term follow-up after hip and knee arthroplasty. *J South Orthop Assoc* 6 (3); 169-72.
66. Kirchner G (1994). Der Automatismus "Körpergleichgewicht" im Alter. *Praxis Psychomot* 19; 10-12.
67. Klinke R, Silbernagl S (Hrsg.) (1996). Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart, New York; 632-38.
68. Kosinski M, Keller SD, Hatoum HT, Kong SX, Ware JE (1999a). The SF-36 Health Survey as a generic outcome measure in clinical trials of patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis: tests of a data quality, scaling assumptions and score reliability. *Med Care* 37; 10-12.
69. Kosinski M, Keller SD, Ware JE Jr., Hatoum HAT, Kong SX (1999b). The SF-36 Health Survey as a generic outcome measure in clinical trials of patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis: relative validity of scales in relation to clinical measures of arthritis severity. *Med Care* 37; 23-39.
70. Krämer J, Maichl FP (1993). Scores, Bewegungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie. Stuttgart; 190-191.
71. Krämer KL, Thomson M (1996). Endoprothesen. In: Cotta H, Wentzensen A, Holz F, Krämer KL, Pfeil J: Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart.
72. Küsswetter W. Endoprothetik und körperliche Belastung. *Dt Z Sportmed* 49 (6), 1998: 249-51.
73. Kuster M (2002). Exercise recommendations after total joint replacement. *Sports Med* 32 (7); 433-45.

74. Laukkanen P, Heikkinen E, Kappinen M (1995). Muscle Strength and Mobility as predictors of Survival in 75-84 -Year old People. *Age and Ageing* 24; 468-73.
75. Lin JC, Davey RC, Chocrane T (2001). Tests for physical function of the elderly with knee and hip osteoarthritis. *Scand J Med Sci Sports* 11; 280-86.
76. Lord SR, Ward JA, Williams P (1996). Exercise Effect on Dynamic Stability in Older Women: A Randomized Controlled Trial. *Arch of Phys Med and Rehabil* 77; 232-36.
77. Lyons RA, Perry HM, Littlepage BN (1994). Evidence of the validity of the short-form 36 questionnaire: new outcome measure for primary care. *Age Ageing* 23; 182-84.
78. Mankovskij NB, Minc AJ (1978). Das Nervensystem. In: Cebotarev DF, Brüscke G, Schmidt UJ, Schulz FH (Hrsg.): Handbuch der Gerontologie. Grundlagen der Gerontologie. Jena; 263-84.
79. March, LM, Cross MJ, Lapsley H, Brnabic AJ, Tribe KL, Bachmeier CJ, Courtenay BG, Brooks PM (1999). Outcomes after hip or knee replacement surgery for osteoarthritis. A prospective cohort study comparing patients quality of life before and after surgery with age-related population norms. *Med J Aust* 171 (5); 235-38.
80. Mathias S, Nayak USL, Isaacs B (1986). Balance in Elderly Patients. The Get-up and Go-Test. *Arch Phys Med Rehabil* 67; 387-89.
81. Mayer J (2004). Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Koordination bei Patienten mit Hüftarthrose und –prothese im Verlauf eines sechsmonatigen Hüftschulkurses. Zulassungsarbeit, Inst. für Sportwissenschaft Tübingen.
82. McGuigan FX, Hozack WJ, Moriarty L, Eng K & Rothman RH (1995). Predicting quality-of-life outcomes following total joint arthroplasty. Limitations of the SF-36 Health Status Questionnaire. *J Arthroplasty* 10 (6); 742-47.
83. McHorney CA, Ware JE, Lu JF, Sherbourne CD (1994). The MOS 36 item short-form health survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups. *Med Care* 32; 40-66.
84. Matjacic Z, Voigt M, Popovic D, Sinkjaer T (2001). Functional postural responses after perturbations in multiple directions in a standing man: a principle of decoupled control. *J Biomech* 34; 187-196.
85. Mechlin H (1992). Koordinative Fähigkeiten. In: Röthig, P. (Hrsg.), Sportwissenschaftliches Lexikon. Schorndorf: Hofmann; 251-52.
86. Meinel K, Schnabel G (1998). Bewegungslehre - Sportmotorik. Berlin: Sportverlag; 217-221:359-372.
87. Murphy J (1996). Balance Assessment. *Advance for Physical Therapists*; 22-29.

88. Murray MP, Gore D, Brewer BJ, Mollinger LA, Sepic SB (1981). Joint function after total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 157; 119-24.
89. Najman, JM, Levine S (1981). Evaluating the impact of medical care and technology on quality of live. *Social Sci and Med* 15F; 105-15.
90. Nallegowda M, Singh U, Bhan S, Wadhwa S, Handa G, Dwivedi, SN (2003). Balance and gait in total hip replacement: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 82 (9); 669-77.
91. Nardone A, Tarantola J, Giordano A, Schieppati M (1997). Fatigue effects on body balance. *Electroencephalography and Clin Neurophys* 105; 309-20.
92. Nashner L (1995). Computerized Dynamic Posturography (CDP). Summary of Key Clinical Findings in the Literature. Clacamas, Oregon: NeuroCom® International Inc.; 295-297.
93. Neumann DA, Cook TM (1985). Effect of load and carrying psition in the electromyographic activity of the gluteaus muscle during walking. *Phys Ther* 65; 305-11.
94. Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk factors for Injurious Falls (1991): A Prospective study. *J Gerontol* 46; M164-M170.
95. Niethardt FU, Pfeil J (1997). Orthopädie. Stuttgart.Nürnberg F (1997). Lokalisation und Funktion von Rezeptoren im Gelenk-Muskel-Komplex. In: Zichner L, Engelhardt M, Freiwald J (Hrsg.): Muskuläre Dysbalancen. Wehr.
96. Ott H (1999). Evaluierung und Reproduzierbarkeit der Gleichgewichtsfähigkeit bei älteren Patienten mit dem Posturomed; 52-71.
97. Potter JM, Evans AL, Duncan G (1995). Gait speed and Activities of Daily Living Function in Geratric Patients. *Arch Phys Med Rehabil* 76; 997-99.
98. Rasev E, Haider E (1995). POSTUROMED – Therapiegerät für propriozeptive posturale Therapie. Haider Bioswing GmbH; 2.
99. Raussen W, Zichner L (2003). Endoprothese und Sport. *Sportorthop Sporttraumatol* (19); 207-13.
100. Rieder H (1996). Koordination. In: Rieder H, Huber G, Werle J (Hrsg.): Sport mit Sondergruppen. Ein Handbuch. Schorndorf 1996; 185-95.
101. Rieder H, Lehnertz K (1991). Bewegungslernen und Techniktraining. In: Trainerakademie Köln (Hrsg.), Studienbrief der Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes 21. Schorndorf. Hofmann; 86.
102. Rietdyk S, Patla AE, Winter DA, Ishac MG, Little CE (1999). Balance recovery from medio-lateral perturbations of the upper body during standing. *J Biomech*; 32:1149-1158.

103. Robbins AS, Rubenstein LZ, Josephson KR, Schulmann BL, Osterweil D, Fine G (1989). Predictors of falls among elderly people. Results of two population-based studies. *Arch Intern Med* 149; 1628-33.
104. Roth K, Willimczik K (1999). Bewegungswissenschaft. Reinbek: Rohwolt; 228.
105. Ruhleder M (1997). Einfluss eines vierwöchigen Bewegungsprogramms auf Körpergleichgewicht und Bewegung älterer Menschen. Diplomarbeit, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt: Inst. für Sportwissenschaft; 54.
106. Runge M (1998). Gehstörungen, Stürze, Hüftfrakturen; 70-87:188.
107. Schmidt RF (1995). Neuro- und Sinnesphysiologie. Berlin, Heidelberg, New York; 143-45:329.
108. Schmidt RF, Thews G (1995). Psychologie des Menschen. Berlin, Heidelberg, New York; 94.
109. Schomburg ED (1995). Multisensory control of movements at spinal levels and its supraspinal modulation. In Mergener T and Hlavacka F: Multisensory Control and posture. New York; 81-87.
110. Schubert E (1993). Medizinische Physiologie. Berlin, New York; 204.
111. Schubert A, Bös K (1996). Zur motorischen Leistungsfähigkeit älterer Menschen. In: Denk H (Hrsg.), Alterssport - Aktuelle Forschungsergebnisse. Schorndorf: Hofmann; 164-171.
112. Sell S, Zacher J, Lack S (1993). Propriozeptionsstörung am arthrotischen Kniegelenk, *J Rheumatol* 52; 150-55.
113. Shields RK, Enloe LJ & Leo KC (1999). Health related quality of life in patients with total hip or knee replacement. *Arch Phys Med Rehabil* 80 (5); 572-79.
114. Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, Liao S (1997). The Effect of Multidimensional Exercises on Balance, Mobility, and Fall Risk in Community-Dwelling Older Adults. *Phys Ther* 77; 46-57.
115. Silbernagl S/Despopulus A (1991). dtv-atlas der Physiologie. Stuttgart, New York, München; 284-85.
116. Skinner HB (1993). Pathokinesiology and total joint arthroplasty. *Clinical Orthop* 288; 78-86.
117. Södermann P, Malchau H (2000a). Validity and reliability of Swedish WOMAC osteoarthritis index. *Acta Orthop Scand* 71 (1); 39-46.
118. Södermann P, Malchau H, Herberts P (2000b). Putcome after total hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand* 71 (4); 354-59.
119. Straube A (1996). Visuelle, vestibuläre und somatosensorische Interaktion in der Gleichgewichtsregulation und Raumperception. In: Bartmus U (Hrsg.): Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport. Köln.

120. Suchodoll M (1998). Der Einfluss unterschiedlicher Trainingsprogramme auf das Koordinations-vermögen von Hüft-TEP-Patienten in der stationären Rehabilitation. Verlag Mainz, Wissenschaftsverlag, Aachen; 354.
121. Tarantola J, Nardone A, Tacchini E, Schieppati M (1997). Human stance stability improves with the repetition of the task: effect of foot position and visual condition. *Neurosci Letters* 228; 75-78.
122. Teipel D (1995). Studien zur Gleichgewichtsfähigkeit im Sport. Köln; 3-20.
123. Tinetti ME, Baker DI, Garrett PA, Gottschalk M, Koch ML, Horwitz RI. Yale FIC-SIT (1993): Risk factor abatement strategy for fall prevention. *J Am Geriatr Soc*; 41:315-20.
124. Tinetti ME, Baker DI, McAvay G, Claus EB, Garet P, Gottschalk M, Koch ML, Trainor K, Horwitz RI (1994). A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med*; 331:821-7.
125. Tittel, K. (1989). Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen. Stuttgart, New York: Fischer.
126. Van Baar ME, Dekker J, Oostendorp RA, Bijl D, Voorn TB, Lemmens JA & Bijlsma JW (1998). The effectiveness of exercise therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee: a randomized clinical trial. *J Rheumatol* 25 (12); 2432-39.
127. Ware JE, Kosinski M (2001). Interpreting SF-36 summary health measures: a response. *Qual Life Res* 10 (5); 405-20.
128. Wegener L, Kisner C, Nichols D (1997). Static and dynamic balance responses in persons with bilateral knee osteoarthritis. *J of Orthop Sports Phys Ther* 25; 13-18.
129. Weineck J (1997). Sportanatomie. Balingen: Spitta Verlag; 132-33.
130. Weineck J (2000). Sportbiologie. Balingen: Spitta Verlag; 290:438.
131. Wiek M, Verdonck A (1998). Komet Koordinations- Meß- und Trainingssystem, Handbuch. Lüdenscheid: o.V.
132. Wiedmer L, Langer T, Knüsel O (1992). Das Gangmuster von Patienten mit Hüftarthrose. *Ortho* 21; 35-40.
133. Wilke C, Froböse I (1998). Grundlagen der Bewegungssteuerung und des koordinativen Trainings in der Therapie. In: Froböse I, Nellessen G (Hrsg.): Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis. Wiesbaden; 51-77.
134. Wilkerson GB, Nitz AJ (1994). Dynamic Ankle Stability: Mechanical and Neuromuscular Interrelationships. *J of Sports and Rehabil* 3; 43-57.
135. Williams K, Bird M (1992). The aging mover: A preliminary report on constraints to actin. *Int'l J Aging and Human Development* 34 (3); 241-55.

136. Winter DA (1995). A.B.C. (Anatomy, Biomechanics and Control) of Balance During Standing and Walking. Waterloo (Canada); 2-15.
137. Wolfson L, Whipple R, Derrby C, Judge J, King M, Amerman P, Schmidt J, Smyers D (1996). Balance and Strength Training in Older Adults: Intervention Gains and Tai Chi Maintenance. *JAGS* 44 (5); 489-506.
138. Woollacott M, Shumway- Cook A (2002). Attention and control of posture and gait. a review of an emerging area of research. *Gait and Posture* 16/1; 1-14.
139. Woollacott M, Tang PF (1997). Balance Control During Walking in the Older Adult: Research and Its Implications. *Phys Ther* 77; 646-60.
140. www.biodyn.net: MBT- Informationsseite.
141. Yack HJ, Berger RC (1993). Dynamic Stability in the Elderly: Identifying a Possible Measure. *J of Gerontol Med Sci* 48; 225-30.

9 Anhang

9.1 Probandeninformation

Probandeninformation und Einverständniserklärung

Untersuchung zur Wirkungsweise eines speziellen Trainingsgerätes (MBT) bei Hüftarthrose und Hüftprothese.

Proband (vor-, Nachname): _____

Geburtstag: _____

Probandennummer: _____

In der medizinischen Klinik und Poliklinik, Abt. Sportmedizin der Universität Tübingen findet unter der Betreuung von PD Dr. Thomas Horstmann eine Untersuchung mit dem Ziel der Überprüfung der Effektivität einer dreimonatigen Trainingsintervention mit einem speziellen Trainingsgerät (MBT – Masai Barfuss Technologie) statt. Von Interesse sind hierbei die Auswirkungen des Trainings in Hinblick auf Fähigkeiten des statischen und dynamischen Gleichgewichts. Weitere Gesichtspunkte sind die Kraft der hüftstabilisierenden Muskeln, die Beweglichkeit der Hüfte, die Schmerzsymptomatik und die Lebensqualität von Patienten/Innen mit Hüftarthrose bzw. Hüftprothese.

Bei dem MBT handelt es sich um ein Trainingsgerät, das wie ein Schuh aufgebaut und auch als solcher getragen wird. Die Besonderheit liegt in der speziellen Sohlenkonstruktion, die aufgrund eines weichen Fersenpolsters ein aktives Stabilisieren des Ganges durch den Träger erforderlich macht. Dadurch kann also „schrittweise“ trainiert werden, denn die Muskelaktivität beim Gehen und die Berücksichtigung eines aufrechten und gelenkschonenden Gangbildes fließt in die normalen Alltagsbewegungen mit ein.

Als Hauptfragestellung wurde deshalb formuliert:

Kommt es durch ein dreimonatiges Training mit dem MBT zu einer Verbesserung des Balance- und Kraftverhaltens?

Um dies zu untersuchen, findet nach einer einmaligen Voruntersuchung sowohl vor, als auch nach der dreimonatigen Trainingsphase eine etwa zweistündige Messung statt. An diesen Messtagen werden verschiedene klinische Untersuchungen und Tests zu den oben genannten Kriterien durchgeführt. Zwischen den Messtagen wird mit einem Teil der Probanden ein einmal wöchentliches stattfindendes Training in den Räumlichkeiten der Sportmedizin absolviert, in dem das Gehen mit dem MBT erlernt und geschult wird. Die Probanden sollen während dieser Phase den MBT auch in zunehmenden Maße in ihren Alltag integrieren. Ein anderer Teil der Probanden nimmt lediglich an den drei Untersuchungs- bzw. Messtagen teil. Diese Kontrollgruppe trainiert zwischen den Messtagen nicht mit dem MBT. Die Zuteilung zu der Trainings- bzw. Kontrollgruppe erfolgt am ersten Messtag nach dem Zufallsprinzip.

Der Ablauf der einzelnen Untersuchungstage ist im Folgenden dargestellt:

An der einmalig stattfindenden **Eingangsuntersuchung** wird neben Größe, Gewicht, Alter und weiteren Maßen die Beschwerdesymptomatik des Patienten erhoben. Des Weiteren wird ein Ruhe-EKG (Elektrokardiogramm) und ein Belastungs-EKG durchgeführt, bei denen die Aktionspotentiale des Herzens registriert und dargestellt werden. Das Belastungs-EKG findet mittels Laufband statt, auf dem der Proband bei 3-5 km/h mit zunehmender Steigung belastet wird.

Der **Messtag 1** beinhaltet folgende Tests:

- *Tests zum statischen Gleichgewicht*
 1. Kraftmessplatte: mit der Kraftmessplatte wird der zeitliche Verlauf der Bodenreaktionskraft im Einbeinstand bestimmt.
 2. Posturomed: Das Posturomed ist eine Platte, die nur an Federn befestigt ist und somit frei schwingen kann. Dabei wird erfasst, welchen Schwingungsweg die Platte macht, wenn der Proband im Einbeinstand mit bzw. ohne zwei Schritten Anlauf darauf steht.

Abb. 33: Probandeninformation (1)

- *Test zum dynamischen Gleichgewicht:*
 1. Sternschritt: Das Standbein steht in der Mitte, während das Spielbein möglichst schnell diagonal vorwärts und rückwärts aufgestellt wird.
 2. Freegatespeed (frei gewählte Geschwindigkeit): hierbei wird die vom Probanden selbst gewählte Geschwindigkeit über sechs Meter mittels Lichtschrankenmessung ermittelt.
- *Beweglichkeitstest* der Hüft- und Kniegelenke
- *Dehnfähigkeit* der Hüftstrecker und Hüftbeuger
- *Kraftausdauer*test der hüftstabilisierenden Muskulatur
Das Standbein steht auf einem Treppenabsatz während das Spielbein seitlich abgesenkt und wieder angehoben wird, bis der Proband abbricht oder die Übungsausführung mangelhaft ist.
- *Fragebogen* zur Schmerzsymptomatik und Lebensqualität des Probanden.

Diese Auflistung ist als kurze Einführung zu verstehen, eine genaue Beschreibung der Testdurchführung findet an den jeweiligen Messtagen statt.

Zwischen den zwei Messtagen werden die Probanden, die am MBT-Training teilnehmen, dazu angehalten, ein Trainingstagebuch führen, welches neben der aktuellen Schmerzsymptomatik auch das Heimtraining dokumentieren soll.

Der **Messtag 2** schließt die Untersuchung ab. Inhaltlich werden die gleichen Tests durchgeführt, wie bereits oben unter Messtag 1 beschrieben.

Die Teilnahme an der Untersuchung ist freiwillig und kann jederzeit, ohne Angabn von Gründen und ohne, dass Ihnen daraus irgendwelche Nachteile entstehen, abgebrochen werden.

Wir bestätigen Ihnen ausdrücklich, dass Ihre Angaben absolut vertraulich behandelt werden. Alle am Projekt beteiligten Mitarbeiter unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Die Angaben werden ausschließlich anonymisiert statistisch ausgewertet.

Einverständniserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich über Ziel, Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Untersuchung aufgeklärt wurde. Diese Information habe ich gelesen und verstanden. Ich bin mit der Teilnahme an der Studie einverstanden und weiß, dass ich diese Einwilligung jederzeit ohne Angaben von Gründen widerrufen kann.

Tübingen, den

Datum

Unterschrift des Prüfarztes (PD Dr. Horstmann)

Datum

Unterschrift des Teilnehmers

Meine im Zusammenhang mit dieser Studie erhobenen persönlichen Daten dürfen in anonymisierter Form wissenschaftlich ausgewertet werden und anschließend entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen archiviert werden. Eine Kopie der Probandenaufklärung und Einverständniserklärung habe ich erhalten.

Datum

Unterschrift des Teilnehmers

Abb. 34: Probandeninformation (2)

9.2 Fragebogen SF-36 Health survey

Monika Bullinger und Inge Kirchberger Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF 36	
Selbstbeurteilungsbogen	Zeitfenster 1 Woche

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der (grau unterlegten) Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

	Derzeit viel besser	Derzeit etwas besser	Etwa wie vor einer Woche	Derzeit etwas schlechter	Derzeit viel schlechter
2. Im Vergleich zur vergangenen Woche, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	1	2	3	4	5

Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.			
3. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3.a anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
3.b mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
3.c Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
3.d mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
3.e einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
3.f sich beugen, knien, bücken	1	2	3
3.g mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
3.h mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.i eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.j sich baden oder anziehen	1	2	3

Abb. 35: Fragebogen SF-36 (1)

Hatten Sie <i>in der vergangenen Woche</i> aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja	Nein
4.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
4.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
4.c Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
4.d Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung	1	2

Hatten Sie <i>in der vergangenen Woche</i> aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?	Ja	Nein
5.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
5.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
5.c Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in der <i>vergangenen Woche</i> Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in der <i>vergangenen Woche</i> ?	1	2	3	4	5	6

	Überhaupt nicht	Ein bißchen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in der <i>vergangenen Woche</i> bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

Abb. 36: Fragebogen SF-36 (2)

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen <i>in der vergangenen Woche</i> gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht).	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
Wie oft waren Sie <i>in der vergangenen Woche</i>						
9.a ... voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
9.b ... sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
9.c ... so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitem konnte?	1	2	3	4	5	6
9.d ... ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
9.e ... voller Energie?	1	2	3	4	5	6
9.f ... entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
9.g ... erschöpft?	1	2	3	4	5	6
9.h ... glücklich?	1	2	3	4	5	6
9.i ... müde?	1	2	3	4	5	6

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in der <i>vergangenen Woche</i> Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

Inwieweit trifft <i>jede</i> der folgenden Aussagen auf Sie zu?	trifft ganz zu	trifft weitgehend zu	weiß nicht	trifft weitgehend nicht zu	trifft überhaupt nicht zu
11.a Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
11.b Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
11.c Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
11.d Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

Abb. 37: Fragebogen SF-36 (3)

9.3 Trainingstagebuch

Trainingstagebuch

MBT-Studie

Geburtsdatum: __ . __ . ____

Probanden-Nr.: ___

Initialen: __

Beginn Trainingstagebuch: __ . __ . ____

1. Messung __ . __ . ____
 __: __ Uhr

2. Messung __ . __ . ____
 __: __ Uhr

- Bitte füllen Sie den Fragebogen **jeden** Tag aus
- Bitte tragen Sie Besonderheiten (z.B. Erkrankungen, Urlaub etc.) auf Seite 2 in die Tabelle unter Angabe des Datums ein

Besonderheiten

Datum	Besonderheit

Abb. 38: Trainingstagebuch (1)

Trainingstagebuch: Tag ___ **Datum** ___ . ___ . ____

Beurteilen Sie bitte Ihr durchschnittliches Schmerzempfinden für den heutigen Tag.

	Schmerzeinschätzung									
	wenig									extrem stark
Allgemeiner Schmerz	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Schmerz beim Gehen	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Schmerz beim Treppensteigen	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Schmerz bei Nacht	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

Trainingstagebuch: Tag ___ **Datum** ___ . ___ . ____

Beurteilen Sie bitte Ihr durchschnittliches Schmerzempfinden für den heutigen Tag.

	Schmerzeinschätzung									
	wenig									extrem stark
Allgemeiner Schmerz	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Schmerz beim Gehen	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Schmerz beim Treppensteigen	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Schmerz bei Nacht	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

Abb. 39: Trainingstagebuch (2)

9.4 Sonstige

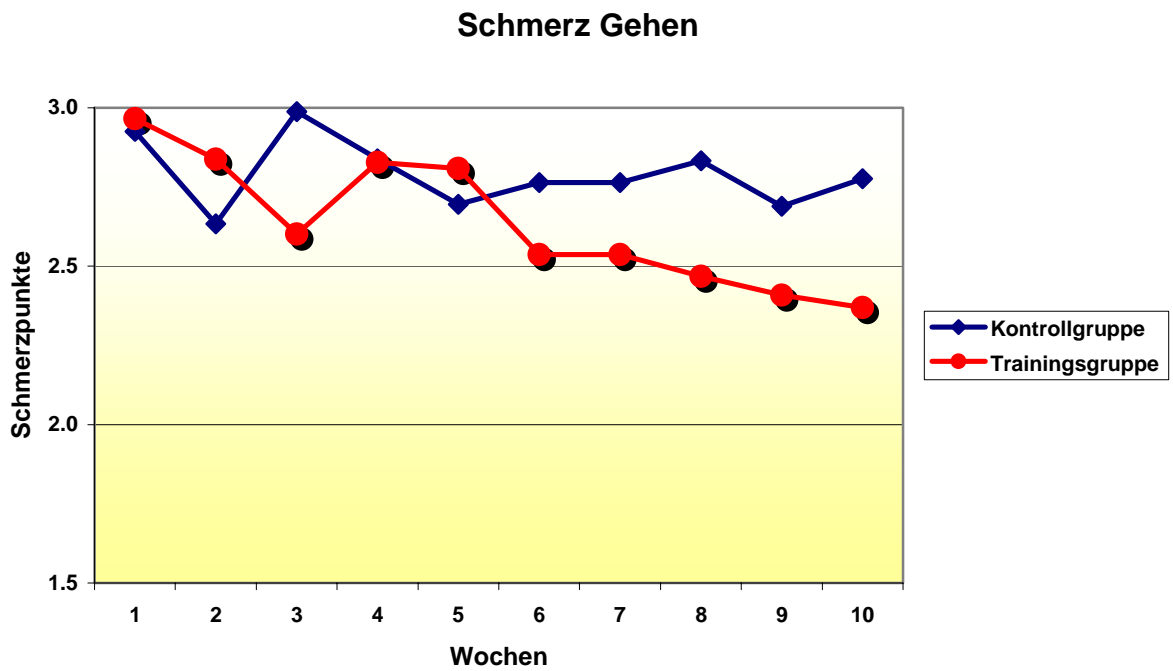


Abb. 40: Schmerzverlauf Gehen

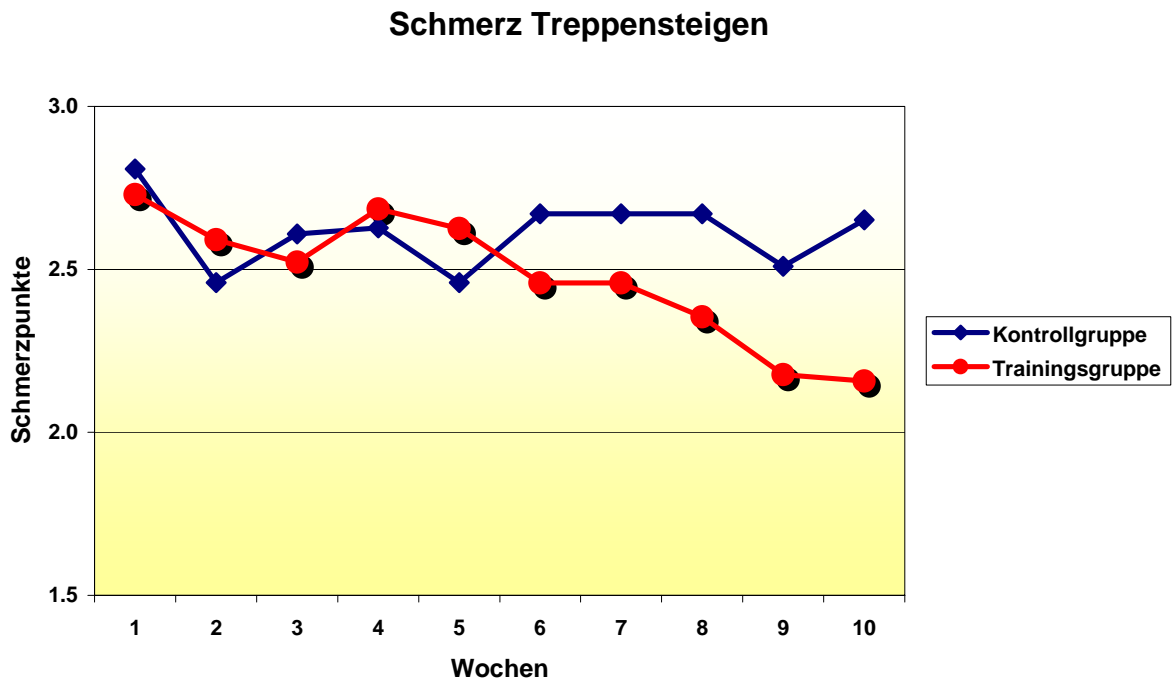


Abb. 41: Schmerzverlauf Treppensteigen

Schmerz Nacht

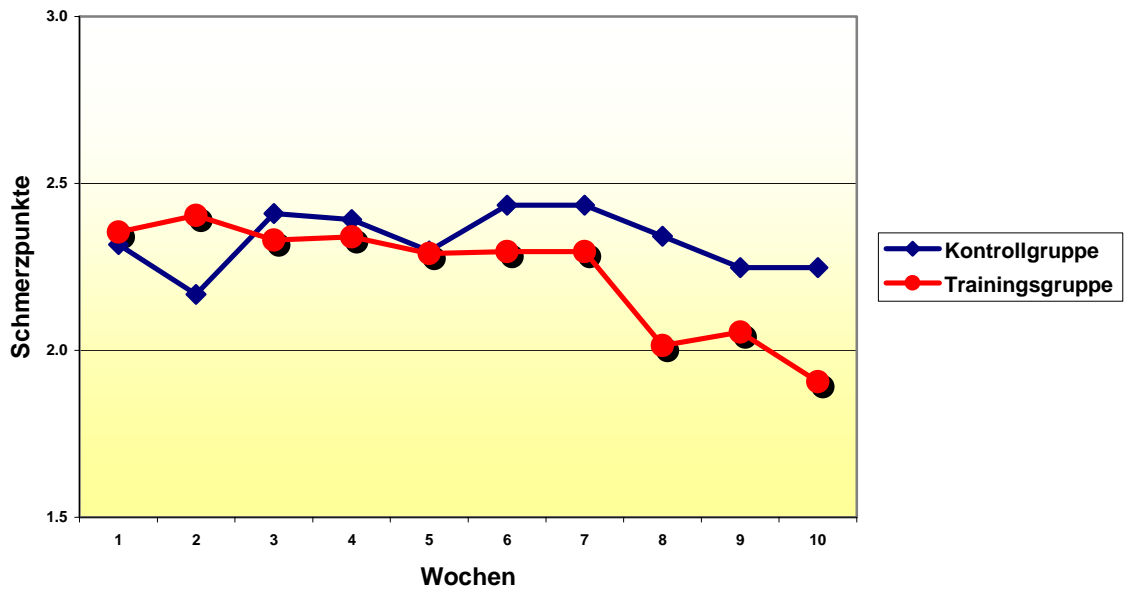


Abb. 42: Schmerzverlauf Nacht

Schmerz Gesamt

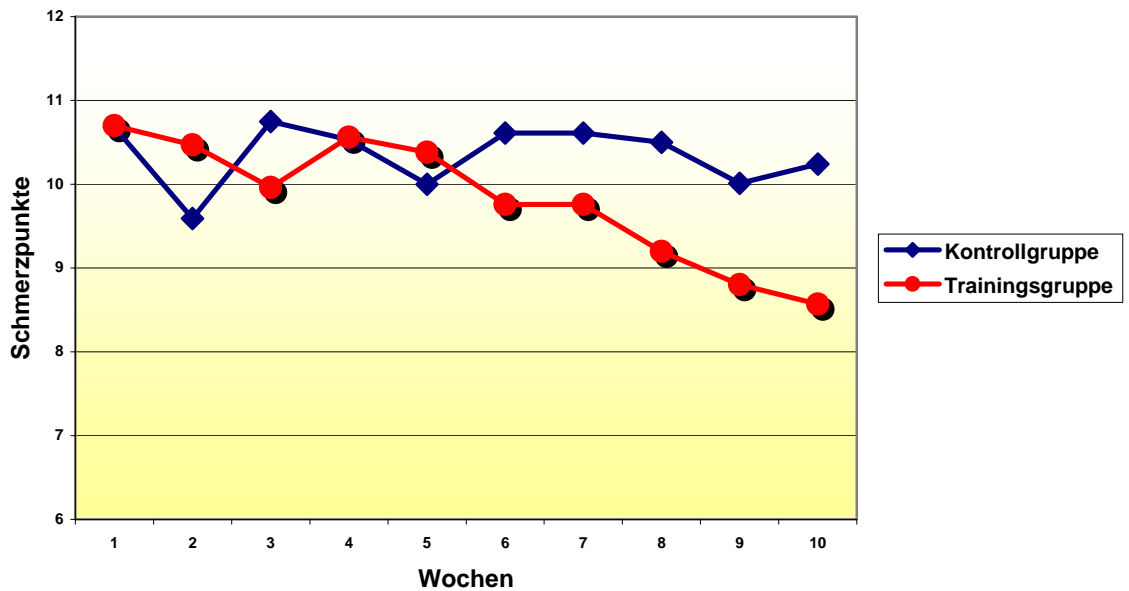


Abb. 43: Schmerzverlauf Gesamt

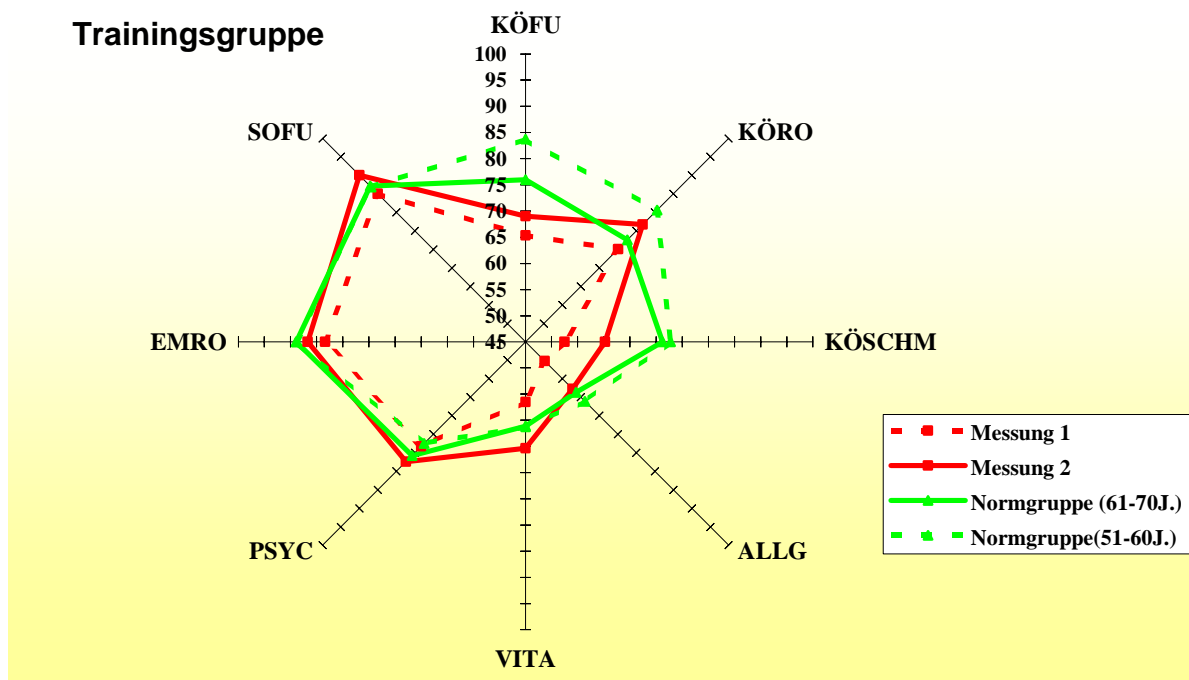


Abb. 44: Netzdiagramm Trainingsgruppe mit zusätzlichem Vergleich verschiedener dt. Normgruppen

9.5 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Th. Horstmann für die Überlassung des Themas. In seiner Arbeitsgruppe durfte ich ein sehr gute Integration und Unterstützung erfahren. Die Zeit in der Sportmedizinischen Abteilung war für mich sehr wertvoll und lehrreich.

Besonderer Dank gilt Frau Inga Krauss, die mich von Beginn an fachmännisch unterstützte und mich an das wissenschaftliche Arbeiten heranführte.

Ich danke allen, die mittelbar und unmittelbar an meiner Dissertation und den Messungen beteiligt waren, insbesondere für die Zusammenarbeit mit Herrn Dr. rer. nat. Otto Müller von der Orthopädischen Klinik Tübingen und Herrn Detlef Axmann für die Unterstützung in statischen Angelegenheiten.

Dank an alle Freunde und Bekannte, die mich während meiner Studien- und Dissertationsarbeit begleitet und unterstützt haben. Danke für wertvolle wissenschaftliche und auch nicht-wissenschaftliche Diskussionen, für mentalen Rückhalt, für's Korrekturlesen, Neuformatieren, kreative Schemazeichnungen und für den seelischen Beistand.

Zuletzt gebührt meiner Familie besonderer Dank für die Unterstützung in allen Lebenssituationen.

9.6 Curriculum vitae

Persönliche Daten

Name: Annette Carolin Bendig
Anschrift: Tamära 140
CH-7212 Seewis
Telefon: 081-3251970
Email: a.bendig@web.de
Geburtstag/-ort: 19.04.1980, 72622 Nürtingen
Staatsangehörigkeit: Deutsch
Familienstand: Ledig

Schulbildung

1986 – 1990 Grundschule, Raidwangen
1990 – 1999 Hölderlin-Gymnasium, Nürtingen

Studium

1999 – 2006 Medizinstudium, Universität Tübingen
2001: Physikum
29.08.2002: 1. Staatsexamen
31.03.2005: 2. Staatsexamen
17.05.2006: 3. Staatsexamen
2005 – 2006 Praktisches Jahr:
Radiologie: Paracelsus-Krankenhaus Ruit
Innere Medizin: Zürcher Höhenklinik Davos-Clavadel
Chirurgie: Paracelsus-Krankenhaus Ruit

Promotion

10/2002-07/2005 MBT[®] als Trainingsgerät in der Rehabilitation nach Hüftprothese
Prof. Dr. med. T. Horstmann, Abteilungsleiter Sportmedizin,
Medizinische Klinik Tübingen

Berufserfahrung und Praktika

09/2001 – 10/2001 Gynäkologie-Famulatur, Kreiskrankenhaus Nürtingen
03/2002 – 04/2002 Allgemeinmedizin-Famulatur, Praxis Dr. med. Blickle, Neckartailfingen
09/2002 – 10/2002 Anästhesie-Famulatur, Kreiskrankenhaus Nürtingen
08/2003 – 09/2003 Radiologie-Famulatur, Praxis Dr. med. Hiller, Metzingen
07/2003 – 08/2003 Orthopädie-/Präventivmedizin-Famulatur, Rehaklinik Damp2000
06/2006-06/2007 Assistenzärztin Innere Medizin (kardiol. Rehabilitationsklinik Seewis)

Sprachkenntnisse

Deutsch Muttersprache
Englisch Fließend
Französisch, Latein Grundkenntnisse