



HOCHSCHULE
für Management
University of Applied Sciences

Masterarbeit

*Die Auswirkungen von spiraldynamischen Übungen auf das mediale
Längsgewölbe und das Gangbild bei einem Knicksenkfuß - eine
randomisierte kontrollierte Pilotstudie*

vorgelegt der IST-Hochschule für Management

von: Heyn, Larissa
Jahnstraße 10, 93413 Cham
159748

Gutachterin: Knittel, Katharina
Zweitprüfer: Dr. Peters, Stefan

Master of Arts
in Prävention, Sporttherapie und Gesundheitsmanagement

eingereicht Wintersemester 2022/23

Danksagung

Vorab möchte ich mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mir die Umsetzung dieser Masterarbeit ermöglicht und mich während der Anfertigung unterstützt haben.

Zuerst gebührt mein Dank meinen beiden Betreuern, Katharina Knittel und Dr. Stefan Peters, für die hilfreichen Anregungen, der konstruktiven Kritik und die Ermutigung auf dem richtigen Weg zu sein.

Des Weiteren danke ich Anne Teichmann, Physiotherapeutin MSc. - Spiraldynamik® Med. Center Zürich, für die Unterstützung bei der Ausarbeitung des Stundenaufbaus, den ständigen Austausch und die Korrektur meiner Masterarbeit.

Ich bedanke mich bei meinen Kollegen und dem ganzen Team des Rehazentrums Uschi Martin für die Mithilfe bei der Rekrutierung der Patienten.

Ein großer Dank geht an alle Teilnehmenden, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern und meinem Partner bedanken, die mich während meines Studiums und besonders neben meiner Masterarbeit tatkräftig unterstützt haben. Danke für euer offenes Ohr und all die motivierenden Gespräche.

Zusammenfassung

Hintergrund: Es besteht ein Mangel an Interventionsstudien für den Knicksenkfuß, die in der Trainingstherapie des Fußes den gesamten Körper miteinbeziehen. Zudem bleiben die Gangschulung und das Verhaltenstraining in den Studien weitestgehend unerwähnt.

Ziel: Die vorliegende Masterarbeit untersucht, inwieweit die physiotherapeutische Intervention nach dem Konzept der Spiraldynamik® Auswirkungen auf das mediale Längsgewölbe und das Gangbild bei einem Knicksenkfuß hat. Darüber hinaus wurden die Durchführbarkeit, die Relevanz, die Limitationen und die Schwachpunkte dieser Studie eruiert.

Methode: Die Pilotstudie wurde in Form einer randomisierten Kontrollstudie durchgeführt. Dabei wurden die Daten von 20 Proband:innen ausgewertet, die zum einen die Spiraldynamik®-Therapie und zum anderen Heimübungen in Form der „Kurzer Fuß“-Übung erhielten. Dabei wurden die Parameter des medialen Längsgewölbes (Navicular-Drop und Rückfußwinkel), des Gangbildes (Schrittlänge, dynamischer Fußrotationswinkel und COP-Verlauf) mittels eines Laufbandes mit inkludierter Druckmessplatte und des Schmerzempfindens (VAS) vor und nach der Therapie intraindividuell miteinander verglichen und analysiert.

Ergebnisse: Das mediale Längsgewölbe (Navicular-Drop und Rückfußwinkel) hat sich in beiden Interventionsgruppen innerhalb der ersten fünf Wochen signifikant verbessert. Das Gangbild hat sich in der Spiraldynamik®-Gruppe bezüglich des dynamischen Fußrotationswinkels und des Abrollmechanismus (Ganglinie) signifikant verbessert. Auch der Schmerz (VAS 0 – 10) konnte nach der Spiraldynamik®-Intervention signifikant reduziert werden und ging nach den fünf Wochen bereits gegen Null.

Schlussfolgerung: Physiotherapie nach dem Konzept der Spiraldynamik® stellt eine mögliche Option in der konservativen Behandlung eines Knicksenkfußes dar. Weitere Studien mit höherer Daten- und Methodikqualität sind erforderlich.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	1
Zusammenfassung.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
1 Einleitung.....	10
1.1 Forschungsfrage.....	12
1.2 Knicksenkfuß – Definition und Epidemiologie.....	13
1.3 Klassifizierung und Ätiologie eines Knicksenkfußes.....	14
1.4 Diagnostik: konservativ vs. Spiraldynamisch.....	15
1.5 Anatomie und Biomechanik des Fußes.....	20
1.5.1 Einteilung des Fußes.....	20
1.5.2 Bewegungsebenen und -achsen am Fuß.....	21
1.5.3 Bewegungsrichtungen am Fuß.....	23
1.5.4 Physiologie des Gehens – Kinetik, Kinematik und Muskelaktivitätsmuster der einzelnen Gangphasen.....	23
1.5.5 Funktionelle Anatomie der in- und extrinsischen Fußmuskulatur.....	25
1.5.6 Die Phasen des Gangzyklus.....	28
1.6 Pathogenese und -mechanik des Knicksenkfußes.....	33
2 Messsysteme der Fußstatik, des Gangs und des Schmerzes...	37
2.1 Rückfußwinkel.....	37
2.2 Navicular-Drop Test.....	38
2.3 Instrumentelle Ganganalyse und Druckverteilung.....	39
2.3.1 Dynamischer Fußrotationswinkel.....	40
2.3.2 Schrittlänge.....	40
2.3.3 COP-Verlauf.....	41
2.3.4 Visuelle Analogskale (VAS).....	43
3 Therapiemöglichkeiten.....	44
3.1 Einlagen- und Schuhversorgung.....	44
3.2 Medikation.....	44
3.3 Orthesen.....	44
3.4 Training der Fußmuskulatur.....	45

3.5 Physiotherapie nach den Prinzipien der Spiraldynamik®.....	47
3.5.1 Definition des Spiraldynamik®-Konzeptes.....	47
3.5.2 Therapieprinzipien.....	50
3.5.3 Auswahl therapeutischer Übungen bei dem Knicksenkfuß..	53
4 Methodik.....	63
4.1 Studiendesign.....	63
4.2 Studienablauf.....	63
4.3 Ein- und Ausschlusskriterien.....	66
4.4 Drop-out-Kriterien.....	66
4.5 Einverständniserklärung.....	66
4.6 Outcome-Parameter.....	68
4.6.1 Navicular-Drop-Test.....	68
4.6.2 Rückfußwinkel.....	68
4.6.3 Ganganalyse.....	68
4.6.4 Visuelle Analogskala (VAS).....	69
4.6.4 Fragebogen.....	69
4.7 Statistische Analyse.....	70
4.8 Intervention.....	71
5 Ergebnisse.....	72
5.1 Deskriptive Beschreibung der erhobenen Daten.....	72
5.2 Statistische Analyse der primären und sekundären Outcome- Parameter.....	74
6 Diskussion.....	80
6.1 Hypothese H _{0_1} Veränderungen des medialen Längsgewölbes	80
6.2 Hypothese H _{0_2} Veränderungen des Gangbildes.....	81
6.3 Hypothese H _{0_3} Veränderungen des Schmerzempfindens...	84
7 Schlussfolgerung.....	90
Literaturverzeichnis.....	91
Internetquellen.....	98
Eigenständigkeitserklärung.....	99
Anhang.....	100
Teil I Spiraldynamische Intervention.....	100
Teil II Einverständniserklärung.....	138
Teil III Fragebogen.....	144
Teil IV Newsletter.....	146

Abbildungsverzeichnis

Abb.1 Klassifikation der Tibialis-Posterior-Dysfunktion nach Johnson & Strom (1989) und Myerson (1996).....	15
Abb. 2 Rückfußwinkel (Larsen, 2014).....	17
Abb. 3 Unterschenkel torsion (Larsen, 2014).....	18
Abb. 4 Supination und Pronation (Larsen, 2014).....	18
Abb. 5 OSG - Extension (Larsen, 2014).....	19
Abb. 6 A) Bewegung des Subtalgelenks um die Sagittalebene B) und die Transversalebene (Perry & Burnfield, 2010).....	22
Abb. 7 Achsen des Rückfußes (Schünke et al., 2014).....	22
Abb. 8 Gangzyklus (Götz-Neumann, 2016).....	25
Abb. 9 Erste Schicht der IFM (Earls, 2021).....	26
Abb. 10 Zweite Schicht der IFM (Earls, 2021).....	26
Abb. 11 Dritte Schicht der IFM (Earls, 2021).....	27
Abb. 12 Vierte Schicht der IFM (Earls, 2021).....	27
Abb. 13 Extrinsische Muskulatur von hinten, der Seite und von vorne (Earls, 2021).....	27
Abb. 14 Unterteilung des Gangzyklus (Götz-Neumann, 2016).....	28
Abb. 15 Bodenkontaktmuster des Fußes beim Gehen (Götz-Neumann, 2016).....	32
Abb. 16 Forefoot-rocker Funktion (Götz-Neumann, 2016).....	36
Abb. 17 Rückfußwinkel (Mølgaard et al., 2013).....	37
Abb. 18 Navicular-Drop-Test (Earls, 2021).....	38
Abb. 19 Toe-out Angle (Nagano & Begg, 2020).....	40
Abb. 20 Beispiel Fußrotation und Schrittlänge (zebris, 2019).....	41
Abb. 21 Gangzyklus, Schrittlänge und Spurbreite (Götz-Neumann, 2016).....	41
Abb. 22 Beispiel Schmetterlingsdiagramm (zebris, 2019).....	42
Abb. 23 Ganglinien (zebris, 2019).....	43
Abb. 24 VAS (Visuelle Analogskala, 2017).....	43
Abb. 25 „Short foot-Manöver“ (McKeon et al., 2015).....	46
Abb. 26 Spiralprinzip im Sinne der Helix (Larsen, 2014).....	47
Abb. 27 a) Keilprinzip b) Spiralprinzip (Larsen, 2014).....	49
Abb. 28 Druckverteilung im Fuß (Larsen, 2014).....	54
Abb. 29 Fersenbeinstellung: Fersen-Lot (Larsen, 2014).....	55

Abb. 30 Erleben des funktionellen Zusammenhangs zwischen der Großzehe und dem Hüftgelenk (Larsen, 2014).....	55
Abb. 31 Psoas-Relax zur vollständigen Beinstreckung (Larsen, 2014)....	55
Abb. 32 Wirken von Gangarten auf das Großzehengrundgelenk: Spurtreue (Larsen, 2014).....	56
Abb. 33 3D-Mobilisation Fußspirale konzentrisch (Larsen, 2014).....	56
Abb. 34 3D-Mobilisation C-Bogen (Larsen, 2014).....	56
Abb. 35 3D-Kräftigung Zehenraupen (Larsen, 2014).....	57
Abb. 36 3D-Stabilisation Flamingo (Larsen, 2014).....	57
Abb. 37 3D-Stabilisation Fußschraube (Larsen, 2014).....	57
Abb. 38 3D-Stabilisation Sumo (Larsen, 2014).....	58
Abb. 39 Rotationsstabilität im Flamingo (Larsen et. al, 2019).....	58
Abb. 40 Außenrotatorentraining (Larsen, 2014).....	58
Abb. 41 Turmspringer: Kräftigung der Mm. tibiales und Mm. peronei (Larsen, 2014).....	59
Abb. 42 Aktive Vorfußpronation gegen den Widerstand des Therabandes (Larsen et al., 2019).....	59
Abb. 43 Zehenraupen (Larsen, 2019).....	60
Abb. 44 Aktivierung des Vorfußimpulses beim Gehen - Sternensammler/Spurenleger (Larsen, 2019).....	60
Abb. 45 Zeitlupengehen: vom weichen Fersenaufsatz über das orthograde Abrollen bis zum Vorfußimpuls (Larsen, 2019).....	61
Abb. 46 Beckendynamik auf der Treppe (Larsen, 2014).....	61
Abb. 47 Rotationsstabilität Beinachse im Einbeinstand (Larsen, 2014)....	62
Abb. 48 Beckenbewegung „Longissimo“ (Larsen & Miescher, 2020).....	62
Abb. 49 Übersicht Studienablauf (Quelle: Eigene Darstellung).....	65
Abb. 50 FLOW-Diagramm (Quelle: eigene Darstellung).....	67
Abb. 51 Sporthäufigkeit während der Intervention.....	72
Abb. 52 Tragen von Einlagen im Prä-/Post-Vergleich.....	73
Abb. 53 Prä-/Post-Vergleich Navicular-Drop links zwischen den beiden Gruppen.....	74
Abb. 54 Prä-/Post-Vergleich Navicular-Drop rechts zwischen den beiden Gruppen.....	75
Abb. 55 Prä-/Post-Vergleich Rückfußwinkel links zwischen den beiden Gruppen.....	75

Abb. 56 Prä-/Post-Vergleich Rückfußwinkel rechts zwischen den beiden Gruppen.....	76
Abb. 57 Prä-/Post-Vergleich dynamischer Fußrotationswinkel links zwischen den beiden Gruppen.....	77
Abb. 58 Prä-/Post-Vergleich dynamischer Fußrotationswinkel rechts zwischen den beiden Gruppen.....	77
Abb. 59 Prä-/Post-Vergleich VAS zwischen den beiden Gruppen.....	78

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Klassifizierung Fußdeformitäten (WHO DIMDI, 2014)	14
Tab. 2 Die Raum- und Bewegungskomponenten im oberen Sprunggelenk (Klein & Sommerfeld, 2012)	23
Tab. 3 NDT-Werte zusammengefasst (Quelle: eigene Darstellung)	68
Tab. 4 Zwischengruppeneffekte auf die primären und sekundären Outcomes.....	78

Abkürzungsverzeichnis

ABH	abductor hallucis
COP	center of pressure
FDB	flexor digitorum brevis
IC	initial contact/Initialer Kontakt
IDLS	Initial double limb support
IFM	intrinsische Fußmuskulatur
ISw	Initial swing/initiale Schwungphase
LR	Loading response/Stoßdämpfungsphase
MSt	Mid stance/mittlere Standphase
MSw	Mid swing/mittlere Schwungphase
ND-Test	Navicular-Drop-Test
PSw	Pre-swing/Vorschwungphase
PTTD	Posterior Tibial Tendon Dysfunction
QP	quadratus plantae
SFE	Short foot exercises
TSt	Terminal stance/terminale Standphase
TSw	Terminal schwing/terminale Schwungphase

1 Einleitung

Jeder sechste Erwachsene weist eine Plattfußstellung auf, die stadienhaft verläuft und behandlungsbedürftige Beschwerden hervorruft (Gutteck et al., 2020). Charakteristisch für einen Knicksenkfuß ist der partielle oder vollständige Verlust des medialen Längsgewölbes und eine übermäßige Valgusstellung der Ferse (Toepfer, 2016). Die Pronation des Fersenbeins (Kalkaneus), ist eine natürlich auftretende Bewegung während des Gehens, die aus der Dorsalextension, Abduktion und Eversion des Sprunggelenks besteht (Massé Genova & Gross, 2000). Durch das übermäßige Einknicken des Kalkaneus verteilt sich das Gewicht auf die Innenseite des Fußes (Kim & Lee, 2020). Die strukturelle und funktionelle Verformung reduziert die Fähigkeit, Stöße zu absorbieren und vermindert den Gleichgewichtssinn (Kim & Kim, 2016). Dies kann in der späten Standphase im Gangzyklus zu einer verminderten Kraftübertragung und Antriebsfähigkeit führen (Massé Genova & Gross, 2000). Dadurch nimmt die Stabilität beim Gehen ab, was sich in Gehschwierigkeiten äußern kann (Kim & Kim, 2016). Dies löst indirekt verschiedene Probleme in proximalen Körperbereichen wie Kniegelenk, Hüftgelenk und Wirbelsäule aus (Kim & Lee, 2020). Die individuellen Ausprägungen eines Knicksenkfußes erschweren die Diagnose und das weitere Behandlungsverfahren (Toullec, 2015). Eine konservative Behandlung sollte als Erstes durchgeführt werden. Dabei gibt es derzeit eine ganze Reihe verschiedener Möglichkeiten: spezifisches Schuhwerk, Einlagen, Keile, Tapes des Fußgewölbes oder Bewegungsübungen (Ngoc-Tuyet-Trinh et al., 2021). Die meisten Studien zum Thema „Übungen bei Senk-/Plattfüßen oder auch pronierten Füßen“ beschäftigten sich mit den Effekten der „short foot exercises“ (SFE), die meistens mit Orthesen oder Einlagen kombiniert oder verglichen wurden (Hashimoto & Sakuraba, 2014). Beschriebene Übungsparameter wie Ruhe-, Erholungs- und Wiederholungszeit wurden meist ignoriert. Allerdings können geringfügige Veränderungen von Parametern zu großen Unterschieden in physiologischen Wirkungen führen (Ngoc-Tuyet-Trinh et al., 2021). Die Ergebnisse zeigten, dass sich durch die SFE-Methode die intrinsische Fußmuskulatur, das Längsgewölbe und das Quergewölbe im Stehen signifikant verbessert haben (Hashimoto & Sakuraba, 2014). Die SFE-Methode ist im Vergleich zu anderen Interventionen mit dem Fokus auf die intrinsische Muskulatur, die effektivere in Bezug auf das Halten des Gleichgewichts und übermäßiger Pronation. Sie wurde zur Verbesserung der Sprunggelenkspropriozeption und globaler Bewegungsmuster entwickelt (Pabón-Carrasco et al., 2020). Nach ma-

nualmedizinischer Vorstellung sollte eine Korrektur der Fußstellung durch Aktivierung und Kräftigung der Fußmuskulatur erfolgen, denn diese ist ein wichtiges Teilsystem der statischen und dynamischen Haltungskontrolle. Diese funktionell zu trainieren, sollte laut Pfaff in jedem therapeutischen Ansatz berücksichtigt werden (Pfaff, 2014). Die therapeutischen Übungen sollten über die untere Extremität hinausgehen, wie auch Sánchez-Rodríguez et al. bestätigen. Durch das Trainieren der Core-Muskulatur und der Hüftaußenrotatoren verlangsamt sich die Innenrotation der unteren Extremitäten. Dadurch kann eine exzessive Pronation vermieden werden. Somit sollte sich ein Behandlungsprogramm auf alle Muskeln beziehen, die auf die an der Kontrolle der Körperstabilität beteiligt sind, um maximal mögliche Ergebnisse auf distaler Ebene zu erzielen. Zudem ist es wichtig, dass die Übungen unter professioneller Anleitung und mit individuellen Anpassungen durchgeführt werden (Sánchez-Rodríguez et al., 2020). Die meisten aktiven Behandlungsprogramme beziehen sich ausschließlich auf das Training der intrinsischen und extrinsischen Fußmuskulatur. Weitere physiotherapeutische Optionen wie das Verhaltenstraining oder die Gangschulung bleiben ebenfalls unerwähnt. In jungen Jahren ist ein Knicksenkfuß meist noch asymptomatisch ohne Schmerzäußerung. Populationsstudien zeigen jedoch, dass 24% der Menschen über 45 Jahre häufig über Fußschmerzen berichten und mindestens zwei Drittel dadurch im Alltag mäßig eingeschränkt sind (Menz et al., 2013). Mit zunehmendem Alter entsteht häufig nach der Belastung ein diffuser Fußsohlenschmerz. Durch die andauernde und erhöhte Spannung der Wadenmuskulatur und Fußmuskulatur können zudem Schmerzen in der Wade auftreten (Schünke et al., 2014). Somit steht auch die Schmerzlinderung durch die Therapie im Vordergrund. Vereinzelt taucht der Begriff Spiraldynamik® in Zeitschriftenartikeln als physiotherapeutische Empfehlung von Ärzten auf, allerdings auf marginal vorhandener evidenzbasierter Grundlage. Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich daher neben den bereits bekannten Behandlungsmöglichkeiten mit der Wirksamkeit des Spiraldynamik®-Konzeptes bei Knicksenkfüßen. Es wird die Hypothesen aufgestellt, dass Spiraldynamik® Auswirkungen auf das mediale Längsgewölbe (primärer Outcome) hat. Darüber hinaus werden Veränderungen im Gangbild, wie die Schrittlänge, dynamischer Fußrotationswinkel, Ganglinie, anteriore/posteriore Position, seitliche Verlagerung und des Schmerzempfindens (sekundäre Outcomes) erwartet.

1.1 Forschungsfrage

Inwiefern wirken sich spiraldynamische Übungen auf das mediale Längsgewölbe und das Gangbild bei einem Knicksenkfuß aus?

Aus dieser Fragestellung lassen sich folgende Hypothesen ableiten:

Nullhypothese N_{0_1}: Es gibt keinen Unterschied in der Veränderung des medialen Längsgewölbes zwischen zwei Gruppen einer Spiraldynamik®-Intervention und einer Intervention der kurzen Fußmuskulatur.

Gegenthese H_{0_1}: Es gibt einen Unterschied in der Veränderung des medialen Längsgewölbes zwischen zwei Gruppen einer Spiraldynamik®-Intervention und einer Intervention der kurzen Fußmuskulatur.

Nullhypothese H_{0_2}: Es gibt keinen Unterschied in der Veränderung des Gangbildes zwischen zwei Gruppen einer Spiraldynamik®-Intervention und einer Intervention der kurzen Fußmuskulatur.

Gegenthese H_{0_2}: Es gibt einen Unterschied in der Veränderung des Gangbildes zwischen zwei Gruppen einer Spiraldynamik®-Intervention und einer Intervention der kurzen Fußmuskulatur.

Nullhypothese H_{0_3}: Es gibt keinen Unterschied in der Veränderung des Schmerzempfindens zwischen zwei Gruppen einer Spiraldynamik®-Intervention und einer Intervention der kurzen Fußmuskulatur.

Gegenthese H_{0_3}: Es gibt einen Unterschied in der Veränderung des Schmerzempfindens zwischen zwei Gruppen einer Spiraldynamik®-Intervention und einer Intervention der kurzen Fußmuskulatur.

1.2 Knicksenkfuß - Definition und Epidemiologie

Der Knicksenkfuß ist eine Fußdeformität unterschiedlicher Ätiologie, die durch eine Eversion des Rückfußes, eine Abflachung des medialen Längsgewölbes, eine Abduktion und Supination des Vor- und Mittelfußes gekennzeichnet ist (Fuhrmann et al., 2017). Dadurch kommt es zu einer vermehrten Valgusstellung der Ferse. Bei dieser Fußfehlstellung gibt es eine Abgrenzung zwischen dem adulten Pes planovalgus (erwachsener Knicksenkfuß) und dem Kindlichen (Toepfer, 2016). Die Definition erfolgt zudem über die Fuß-Boden-Kontaktfläche. Der Fußabdruck kann als ein indirektes Maß für die funktionelle Gewölbehöhe dienen.

Das Auftreten eines Knickfußes beim Erwachsenen ist so häufig wie bei einem Kind und wird als „Durchschnittsfuß“ angesehen, wodurch dieser Pathologie kaum Bedeutung beigemessen wird. Erst durch spätere Langzeitfolgen in Kombination mit anderen (Folge-)Erscheinungen kommt es zu einer Krankheitsbewertung (Larsen, 2006). Die Prävalenz eines Knicksenkfußes liegt bei 3-19% und ist weltweit nicht einheitlich (Gutteck et al., 2020). Bestimmte Volksgruppen, wie die Ureinwohner Neuseelands oder Afroamerikaner scheinen häufiger betroffen zu sein. Das typische Alter einer Erstdiagnose liegt bei circa 40 Jahren und ist heterogen verbreitet, wobei Frauen häufiger einen Knicksenkfuß diagnostiziert bekommen als Männer. Häufige Nebendiagnosen wie Übergewicht und Diabetes mellitus erhöhen das Risiko einen Knicksenkfuß zu entwickeln (Toepfer, 2016).

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Knicksenkfuß klassifiziert und mögliche Ätiologien erläutert.

1.3 Klassifizierung und Ätiologie eines Knicksenkfußes

Durch die ICD-10-Klassifizierung lässt sich die Fußdeformität Knicksenkfuß einordnen und ist unter dem Punkt M21.61 als erworbener Knick-Plattfuß (Pes planovalgus) zu finden:

Tab. 1 Klassifizierung Fußdeformitäten (WHO DIMDI, 2014)

Code	Bezeichnung
M21.6-	Sonstige erworbene Deformitäten des Knöchels und des Fußes
Exkl.	Deformitäten der Zehe (erworben) (M20.1-M20.6)
M21.60	Erworbener Hohlfuß (Pes cavus)
M21.61	Erworbener Knick-Plattfuß (Pes planovalgus)
M21.62	Erworbener Spitzfuß (Pes equinus)
Exkl.	Hängefuß (erworben) (M21.37)
M21.63	Erworbener Spreizfuß
M21.68	Sonstige erworbene Deformitäten des Knöchels und des Fußes

Laut Larsen kann eine Senkfußentwicklung verschiedener Ursachen unterliegen: familiäre Veranlagung, Hyperflexibilität der Bänder (Bandlaxizität), muskuläre Insuffizienz, frühes Tragen von Schuhen, chronische Fehlbelastung durch Übergewicht, Extremlastungen, Fehlrotationen in der Tibia oder Anomalien des Fußskeletts. Besonders im Kleinkindalter, in der Pubertät und das hohe Alter zählen zu den sensiblen Phasen einer Senk-Plattfuß-Entwicklung (Larsen, 2006). Des Weiteren tritt im Erwachsenenalter häufig ein Defekt der hinteren Schienbeinsehne, der sogenannten Tibialis-posterior-Sehne, auf. Sie gehört zu den Plantarflexoren und zieht somit den Rückfuß in die Inversion. Dadurch wirkt die Sehne dem Pathomechanismus eines Knicksenkfußes entgegen (Henry et al., 2019). Diese ist die zweitkräftigste Sehne des Fußes, die durch chronische Überbelastung progressiv an Kraft verlieren kann (Toepfer, 2016). Eine übermäßige Eversion während des Stands resultiert am häufigsten aus einer totalen Schwäche der Inverter (z. B. M.tibialis anterior, M.tibialis posterior, M.soleus), unabhängig davon, ob die primäre Pathologie eine schlaffe oder spastische Lähmung ist, und nicht aus einer exzessiven peronealen Aktion (Perry & Burn-

field, 2010). Zudem können mikromechanische Traumata zu einer Funktionsstörung der Sehne führen. Ein symptomatischer Senk-/Plattfuß steht häufig im Zusammenhang mit einem erhöhten BMI, Schmerzen entlang des medialen Längsgewölbes, Sehnenentzündungen, Deformitäten, lateralem Fußschmerz, talocalcanearem oder Sub fiublarem Impingement oder subtilerer Arthritis (Henry et al., 2019).

Die Tibialis-posterior-Dysfunktion kann nach Johnson&Strom und Myerson in vier Stadien unterteilt werden. Die Stadien I und II beschreiben eine flexible, redressierbare Fehlstellung und kann prinzipiell gelenkerhalten therapiert werden. Stadium III und IV beinhaltet rigide Deformitäten mit entsprechenden artrotischen Veränderungen, die meist nicht mehr gelenkerhaltend operiert werden können (Toepfer, 2016).

Stadium I	Tenosynovitis der Tibialis-posterior-Sehne ohne Deformität
Stadium II	Teilruptur der Tibialis-posterior-Sehne und flexibler Plattfuß/Rückfußvalgus
Stadium III	Kontrakter Rückfußvalgus
Stadium IV	Tibiotalare Arthrose mit Valgusfehlstellung des Talus

Abb.1 Klassifikation der Tibialis-Posterior-Dysfunktion nach Johnson & Strom (1989) und Myerson (1996)

1.4 Diagnostik: konservativ vs. spiraldynamisch

Eine konservative klinische Untersuchung des Knicksenkfußes findet meist durch eine Inspektion, Palpation und Funktionsprüfung zusammen mit bildgebenden Maßnahmen statt. In diesem Absatz werden einige mögliche Tests zur Diagnostik eines Knicksenkfußes und vereinzelte Ziele vorgestellt:

1. Finger-o-meter: Durch den Zeigefinger-Test kann der Schweregrad abgeschätzt werden.
2. Too-many-toes-Test (Betrachtung von dorsal): Dadurch kann eine vermehrte Vorfußabduktion festgestellt werden.
3. Palpation: Hiermit werden die Druckdolenz und Verkürzungen von Sehnen überprüft.
4. (Single-)Heel-rise-Test: Mit diesem Test sind die Unterscheidungen der Knick-Senk-Fuß-Stadien möglich. Kann sich die Ferse im (einbeinigen) Zehenspitzenstand aus dem Rückfußvalgus aufrichten, handelt es sich um eine flexible, aktiv korrigierbare Deformität. Ist der Zehenspitzenstand aktiv nicht mehr möglich und kann die Ferse durch die passive Reduktion des Untersuchers nicht mehr unter die Tibia gebracht werden, liegt eine rigide Deformität vor (Stadium III).
5. Röntgen: Der Fuß kann in zwei Ebenen geröntgt werden - dorsoplantar und streng seitlich. Beim dorsoplantaren Röntgenbild wird der Vorfuß und Rückfuß ohne Unterbrechung abgebildet. Mithilfe des streng seitlichen Bildes kann die Linie zwischen Talus und Längsachse des Metatarsale I bemessen werden. Durch die Kombination mit dem dorsoplantaren Bild, können hilfreiche Informationen zum Schweregrad und zur Lokalisation der Deformität herausgelesen werden.
6. MRT (= Magnetresonanztomographie): kann Informationen über den Zustand der Tibialis-posterior-Sehne liefern (Tendinose, Ruptur, Peritendinitis).
7. CT (= Computertomographie): ist kein fester Bestandteil der Diagnostik, kann bei bestimmten Fragestellungen allerdings hilfreich sein (Toepfer, 2016).

In der Spiraldynamik® wird bei einem Knickfuß die programmierte Diagnostik namens „Winkelmaß des Achilles“ eingesetzt. Dabei werden neun Punkte abgearbeitet, die über ein reines Prüfen der Fußstruktur hinausgehen und Ziele für die Statik formulieren.

1. Grundleiden: Entstand der Knickfuß im Rahmen eines Grundleidens wie Rheuma, Trauma, Operation, usw. oder ist es ein statisches Fußproblem?
2. Fußdeformitäten: Liegt eine komplexe statische Fehlbelastung mit Deformität vor?
 - Ja -> komplexe Fehlstatik wie Knickplattspreizfuß mit Hallux valgus
 - Ja -> Beinachsenabweichung wie O-Beine, X-Beine, Tibia varae
 - Nein -> Knickfuß isoliert
3. Statik: Betrifft der pathologische Rückfußwinkel die Ferse und/oder den Unterschenkel?



- Ja -> pes valgus $\geq 5 - 10^\circ$ klassischer Knickfuß mit Valgusfehlstellung der Ferse
- Ja -> pes varus $> 0^\circ$; Varusfehlstellung der Ferse
- Ja -> pes rectus mit Achsenfehlstellung des Unterschenkels z.B Tibia varae
- Nein -> orthograde Bein- und Fersenstatik

Abb. 2 Rückfußwinkel (Larsen, 2014)

Das angestrebte Ziel der Statik ist, dass die Fersen und Beinachsen im Lot sind. Das heißt der Rückfußwinkel ist 0° . Drei Winkel werden zur Beurteilung des Fußes bestimmt:

α = Fersenwinkel zum Lot,

β = Unterschenkelwinkel zum Lot und γ

γ = Rückfußwinkel zwischen Ferse und Unterschenkel.

4. Dynamik: Entsteht der pathologische Rückfußwinkel erst in der Dynamik?
 - Ja -> Hyperpronation: Hüftaußenrotation insuffizient, Rückfußsupination insuffizient
 - Ja -> Hypersupination: Hüftinnenrotation insuffizient, Vorfußpronation insuffizient
 - Nein -> Rückfuß dynamisch stabil

5. Torsion: Ist die Unterschenkel torsion verstärkt oder vermindert? Gibt es einen Seiterunterschied?

- Ja -> Unterschenkel torsion nach außen verstärkt $\geq 20^\circ$
- Ja -> Unterschenkel torsion nach außen vermindert $\leq 0^\circ$
- Ja -> Unterschenkel torsion asymmetrisch: Links-rechts-Unterschied $\geq 10^\circ$
- Nein -> Unterschenkel torsion im Normbereich



Das Ziel bei einer Torsion ist am Ende eine ausgeglichene Unterschenkel- und Femurtorsion bei orthograde Kniegelenksstellung und leicht divergierender Fußachsen. Die Differenzen zwischen links und rechts sollten gering ausfallen.

Abb. 3 Unterschenkel torsion (Larsen, 2014)

6. Mittelfuß: Ist der Bewegungsumfang Pronation-Supination eingeschränkt?

- Ja -> Pronation-Supination-ROM $\leq 45^\circ$: Kontrakter Knickfuß
- Ja -> Pronation $< 15^\circ$: Kontrakte Knickfuß
- Nein -> Mittelfuß beweglich, Knickfuß flexibel



Abb. 4 Supination und Pronation (Larsen, 2014)

Das angestrebte Ziel der Pronation liegt bei 15 - 30°, der Supination bei 30 - 60° und das Verhältnis der Pronation zu Supination sollte 1:2 sein. Die Norm der Pronation-Supination ROM (= range of motion): 35/0/50

7. Oberes Sprunggelenk (OSG): Ist die passive Dorsalextension unter Belastung eingeschränkt?

- Ja -> OSG-Extension $\leq 30^\circ$ Extensionsdefizit oberes Sprunggelenk
- Ja-> OSG-Extension $\leq 0^\circ$ massives Extensionsdefizit oberes Sprunggelenk
- nein -> OSG Extension funktionell ausreichend



Als Ziel bei der Dorsalextension des OSG sollten 30° beidseitig möglich sein, unabhängig vom Flexionsgrad des Kniegelenks.

Der Norm-Wert der Dorsalextension liegt bei 20-30°.

Abb. 5 OSG - Extension
(Larsen, 2014)

8. Beeinflussbarkeit: Kann die Rückfußachse aktiv verbessert werden?

- Ja -> sichtbare Verbesserung der Fußstatik: Therapiepotenzial vorhanden
- Nein -> Knickfuß über Kognition und Korrektur kaum beeinflussbar

9. Blickdiagnose Spiraldynamik®: Richtige, achsengerechte Belastung der Wirbelsäule wird durch eine aufgerichtete Kopf- und Beckenhaltung ermöglicht (Zugspannung). Die achsengerechte Belastung der Arme und Beine verlangt besondere Berücksichtigung der Drehrichtungen von Ober- und Unterschenkel, von Vor- und Rückfuß sowie Ober- und Unterarm (Larsen, 1995).

1.5 Anatomie und Biomechanik des Fußes

Der Fuß hat eine in sich komplexe Morphologie, da er multidimensionale Funktionen beim Stehen und Gehen besitzt. Zudem kann der Fuß in seiner Gesamtheit als eine in sich verdrehte Bogenkonstruktion mit seinen filigranen, eher auf Druck beanspruchten Anteilen betrachtet werden. Architektonisch gesehen ist der menschliche Fuß ein Meisterwerk, weil er über eine dreidimensionale Flexibilität verfügt, die beim Gehen, im Moment der größten Krafteinwirkung durch den Bodenkontakt, zusätzliche Stabilität aufzeigt (Bauer et al., 1991). Der Fuß besitzt zwei Aufgaben: zum einen kann sich der Fuß, unabhängig von der Stellung des Unterschenkels oder den Unebenheiten des Untergrunds, für eine korrekte Positionierung auf dem Boden ausrichten und zum anderen seine Form und die Längswölbung des Fußes modifizieren. Dadurch kann sich das Gewölbe an Unebenheiten anpassen und als Stoßdämpfer fungieren, was wiederum einen elastischen und weichen Gang kennzeichnet (Kapandji, 2016). Es ist uns durch diese Mechanismen möglich auf einem Bein zu stehen (Stabilität) und auf der anderen Seite federt der Fuß Bewegungen ab, rollt beim Gehen über die Fußsohle und stößt am Ende der Abrollbewegung über den großen Zeh ab (Dynamik) (Pabón-Carrasco et al., 2020). In den ersten Lebensjahren baut sich durch das alltägliche Leben ein optimales Fußgewölbe, ausreichend kräftige Muskulatur und die richtige Belastung auf. Fehlerquellen, wie beispielsweise das falsche Schuhwerk, können hier bereits die Entwicklung des Fußes negativ beeinflussen. Durch die moderne Welt mit fehlenden Unebenheiten, kommt es zu einer Adaptation der Strukturen und der Körper baut die Muskulatur, die nicht mehr gebraucht wird, ab (Larsen, 2019). Bezugnehmend auf die Studienpopulation der empirischen Studie wird in dieser Arbeit hauptsächlich die Pathomechanik eines Knicksenkfußes erläutert. Um die pathogenetischen und prädisponierenden Faktoren für die Entstehung eines Knicksenkfußes verständlich aufzuzeigen, sollen die nachfolgenden Abschnitte, die in diesem Zusammenhang stehenden anatomischen und physiologisch biomechanischen Grundlagen erläutern.

1.5.1 Einteilung des Fußes

Das Fußskelett wird gemäß der systematischen Anatomie wie folgt aufgegliedert in die:

- Fußwurzeln (Tarsus: Talus, Calcaneus, Os naviculare, Os cuboideum, Ossa cuneiformia),

- den Mittelfuß (Metatarsus: fünf Metatarsalknochen) und
- die Zehen (Digiti = Phalangen) (Kahle et al., 1991).

In der funktionellen Anatomie hingegen kann das Fußskelett in drei Bereiche unterteilt werden:

- Rückfuß (Calcaneus und Talus),
- Mittelfuß (Os cuboideum, Os naviculare, Os cuneiformia und Os metatarsi) und
- Vorfuß (Grund-, Mittel- und Endphalangen) (Schünke et al., 2014).

Längsgewölbe

An der Unterseite des Fußes entstehen ein Längs- und ein Quergewölbe. An der medialen Seite des Fußes befindet sich das Längsgewölbe. Dies zieht sich vom Fersenbein bis zu den ersten drei Zehengrundgelenken und bildet einen Bogen in der Sagittalebene.

Quergewölbe

Zwischen den Fußwurzelknochen (Os cuboideum, Os cuneiformia, Os naviculare), Talus spannt sich das Quergewölbe in der Frontalebene (Corts, 2016).

In dieser Masterarbeit wird auf die Nomenklatur der funktionellen Anatomie nach Schünke et. al zurückgegriffen.

1.5.2 Bewegungsebenen und -achsen am Fuß

Der Fuß besitzt eine dreidimensionale Kinematik und bewegt sich im Sagittal-Frontal-Transversalsystem. Dabei steht der Fuß rechtwinklig zum Unterschenkel (Klein & Sommerfeld, 2012). Dies ist die sogenannte plantigrade Fußstellung und wird als Funktionsstellung bezeichnet. Für den klinischen Sprachgebrauch und Bewegungsprüfungen sind die Bewegungsachsen im oberen und unteren Sprunggelenk relevant, aber auch die Achsen für die Vorfußbewegungen. Die Bewegungsachse des oberen Sprunggelenks verläuft annähernd transversal durch zwei Knöchelspitzen und zusammen mit der Tibiaschaftachse wird in der Frontalebene ein Winkel von etwa 82° gebildet. Die Bewegungsachse des unteren Sprunggelenks verläuft von außen-hinten-unten, vom lateralen Calcaneus über den medialen Bereich zur Mitte des Os naviculare. Zur Horizontalebene beträgt der Winkel etwa 30° und zur Sagittalebene um die 20°

(Schünke et al., 2014). Die Hauptachsen des oberen und unteren Sprunggelenkes bewegen sich nicht senkrecht, sondern sind schräg zueinander eingestellt. Dies führt zu einer Kopplung der Bewegungsmöglichkeiten von Rück- und Vorfuß (Bauer et al., 1991). Die Bewegungsachse für die Vorfußbewegung findet im Chopart- und Lisfranc-Gelenk statt und verläuft annähernd sagittal vom Calcaneus über das Os naviculare entlang des zweiten Strahls (Schünke et al., 2014). Der Fuß und der Unterschenkel bewegen sich um die Longitudinalachse (Kapandji, 2016).

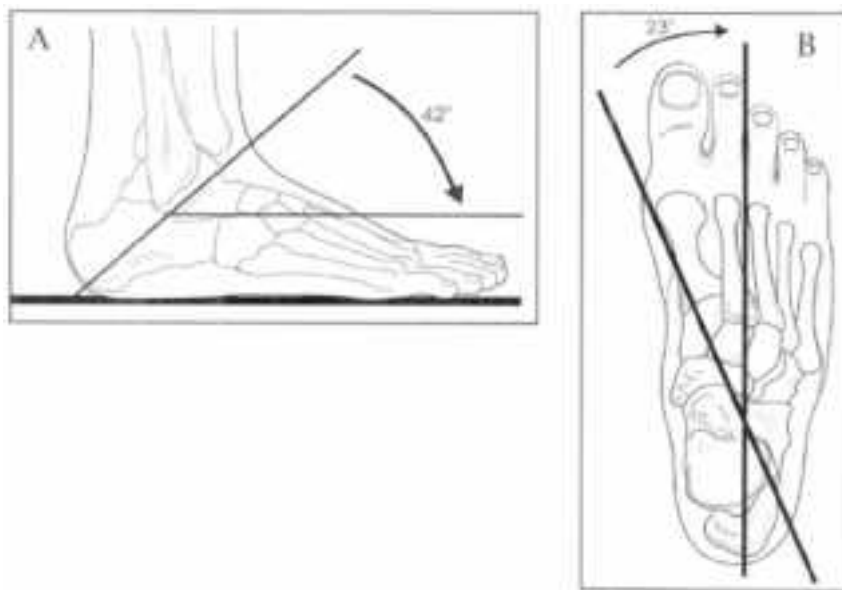


Abb. 6 A) Bewegung des Subtalargelenks um die Sagittalebene
B) und die Transversalebene (Perry & Burnfield, 2010)

Bei den Bewegungsebenen und -achsen sollte das Zusammenspiel des Fußes mit der unteren Extremität, dem Becken und der Wirbelsäule betrachtet werden. Die Bewegungsachse des Rückfußes ist besonders für die in der Masterarbeit thematisierte Pathologie eines Knicksenkfußes von Bedeutung.

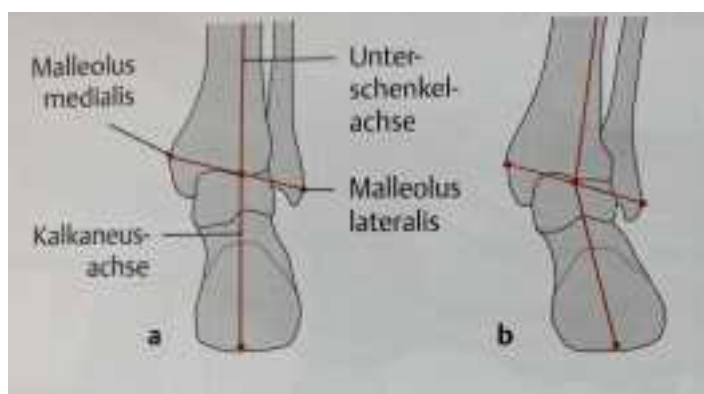


Abb. 7 Achsen des Rückfußes (Schünke et al., 2014)

- a = bestehen korrekte Achsenverhältnisse am Rückfuß, liegen die Unterschenkel- und Kalkaneusachse auf einer vertikalen Linie (Pes rectus).
- b = weicht der Fuß nach innen von der vertikalen Linie ab. Dabei handelt es sich um einen Knickfuß, der in einer Pronationsstellung steht (Pes valgus).

1.5.3 Bewegungsrichtungen am Fuß

Die Dreidimensionalität des Fußes wird vor allem im oberen und unteren Sprunggelenk sichtbar. Die Hauptbewegung, Dorsalextension und Plantarflexion, findet in der Sagittalebene des oberen Sprunggelenkes statt und entspricht der kranial-kaudalen Achse des liegenden Fußes. Daneben existieren zwei weitere Rotationskomponenten, die die dreidimensionale Bewegung ermöglichen. Folglich handelt es sich dabei um die Bewegungsrichtungen Adduktion, Abduktion, Supination und Pronation. Die Adduktion und Abduktion laufen in der medio-lateralen Achse und die Supination und Pronation in der anterior-posterioren Achse. In der untenstehenden Tabelle werden noch einmal die Bewegungen und die dazugehörigen Achsen und Bewegungsrichtungen, die in der vorliegenden Masterarbeit verwendet werden, dargestellt (Klein & Sommerfeld, 2012).

Tab. 2 Die Raum- und Bewegungskomponenten im oberen Sprunggelenk (Klein & Sommerfeld, 2012)

Raumkomponenten	Bewegungskomponente	
kranial -> kaudal	Plantarflexion	Dorsalflexion
medial -> lateral	Adduktion	Abduktion
anterior -> posterior	Supination	Pronation
SUMME	INVERSION	EVERSION

1.5.4 Physiologie des Gehens - Kinetik, Kinematik und Muskelaktivitätsmuster der einzelnen Gangphasen

Die Funktion des Gehens umfasst die Vorwärtsbewegung, Stabilität im Stand, Stoßdämpfung und Energieerhaltung. Bei der Vorwärtsbewegung übernimmt

das somatische Nervensystem die Aufgaben der Initiation und direkten Vorwärtsbewegung. Durch das natürliche Bewegungsmuster der Gelenke wird die Kraft der Bewegung in die Kanäle des Weichteilgewebes übertragen. Darauf reagieren die lokalen propriozeptiven Reflexe, die im Fasziengewebe eingebettet und fest angelegt sind. Bei der Standstabilität geht es um die Fähigkeit auf einem Bein stehen zu können. Im Stand ist das Bein nach innen abgewinkelt, wodurch sich die Füße näher an der Mittellinie und dem Körperschwerpunkt ausrichten können. Während des Gehens nähern sich die Füße der Mittellinie an, wodurch die Traglinie unter den Körperschwerpunkt gebracht wird. Nach dem Aufsetzen der Ferse wird eine Stoßkraft erzeugt, die nach oben Richtung Kopf verteilt werden muss, um den Kopf möglichst ruhig halten zu können. Bei einem normalen Gangmuster erfordert der Fersenaufsatz eine nach oben und hinten gerichtete Abbremsung. Das Zusammenspiel der Gelenke mit dem Weichteilgewebe findet hier ihren Einsatz. Bei einem Aufprall beugen sich die Gelenke durch die Interaktion zwischen der Bodenreaktionskraft, dem Impuls der Bewegung und der Lage des Körperschwerpunkts auf natürliche Weise. Die natürliche Beugung dient als mechanische Informationsweiterleitung über den Aufprall in das Weichteilgewebe, um von den Propriozeptoren wahrgenommen zu werden, die in den Faszien eingeschlossen sind (Earls, 2016).

Neben den Funktionen des Gehens, können auch die einzelnen Phasen des Gangzyklus (Stride) analysiert werden. Der Gangzyklus beschreibt zwei aufeinanderfolgende initiale Bodenkontakte desselben Fußes. Der Bodenkontakt definiert den Anfang und wird als 0%-Punkt des Gangzyklus bezeichnet. Wenn derselbe Fuß (Referenzbein) den Boden wieder berührt, wird damit das Ende eines Gangzyklus markiert. Götz-Neumann beschreibt diesen Zeitpunkt als 100%-Punkt. Der Gang wird in zwei wichtige Phasen, die Stand- und die Schwungphase, unterteilt. Die Standphase (stance) beschreibt den Zeitraum des Zyklus, in der der Fuß auf dem Boden ist und beginnt mit dem Kontakt zwischen Ferse und Boden (Initial contact). In der Schwungphase (swing) ist der Fuß in der Luft, der Schwung bringt diesen zudem vorwärts. Diese Phase beginnt mit dem initialen Schwung (initial swing), also dem Abheben des Fußes vom Boden (Toe-off, d.h. Zehen abgehoben) (Götz-Neumann, 2016). Während des Gangzyklus steht der Mensch zu 80% auf einem Bein. Daher ist die Fähigkeit, den Körperschwerpunkt über dem Bodenkontaktpunkt auszurichten, von großer Bedeutung (Earls, 2016).

Die Definition der Gangphasen orientiert sich an der RLANRC (Rancho-Los-Amigos-Terminologie), worauf später noch genauer eingegangen wird (Götz-

Neumann, 2016). Die Mechanismen während der Stoßdämpfungsphase, der mittleren und der terminalen Phase spielen vor allem für die Beschreibung des klinischen Bildes des Knicksenkfußes eine wichtige Rolle.

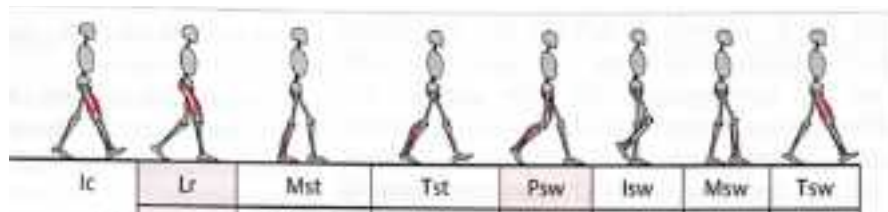


Abb. 8 Gangzyklus (Götz-Neumann, 2016)

1.5.5 Funktionelle Anatomie der in- und extrinsischen Fußmuskulatur

Der Fuß hat ein sogenanntes „foot core system“, das sich in passive, aktive und neuronale Subsysteme unterteilen lässt. Zum aktiven System gehören die Muskeln und Sehnen. Dabei kann in lokale Stabilisatoren und globale Mobilisatoren differenziert werden. Die lokalen Stabilisatoren des Fußes bestehen aus vier Schichten der plantaren intrinsischen Muskeln, die am Fuß entspringen und ansetzen. Sie haben kleine Hebelarme und kleine Querschnittsflächen. Die globalen Mobilisatoren sind die Muskeln, die am Unterschenkel entspringen, laufen am Sprunggelenk vorbei und am Fuß ansetzen. Diese besitzen größere Querschnittsflächen, größere Hebelarme und verleihen dem Fußgewölbe seine Stabilität (McKeon et al., 2015).

Intrinsische Fußmuskulatur

Die ersten beiden Schichten der intrinsischen Fußmuskulatur (IFM) sind mit dem medialen und lateralen Längsgewölbe ausgerichtet, während die tieferen Schichten mehr mit dem Quergewölbe verbunden sind (McKeon et al., 2015). Diese fungiert in erster Linie als Stoßdämpfer, gilt als gewichtunterstützende Struktur, ist ein wichtiger Effektor der Fortbewegung, leistet Widerstand gegenüber Fußdeformitäten und bildet eine stabile Basis. Die wichtigsten und tiefsten Muskeln sind der M. abductor hallucis (ABH), M. flexor digitorum brevis (FDB), M. quadratus plantae (QP), M. lumbricales und M. interossei. Diese stellen die Fußstabilität und gleichzeitige Flexibilität her. Durch ein Training können schwache oder gehemmte IFM aktiviert und die neuromuskuläre Kontrolle der Fußgelenke verbessert werden. Dadurch kann beispielsweise eine Rückfußpronation vorgebeugt werden (Wei et al., 2022). Die Kraftentwicklung von AHB, FDB und

QP reicht aus, um die Winkelstellung des Kalkaneus und der Metatarsale zu beeinflussen. Dies führt zum einen zu einer Reduktion der deformierten Länge des medialen Längsgewölbes und zum anderen zu einer Erhöhung desselben Gewölbes bei der ersten Belastung. Des Weiteren kann eine Aktivierung der IFM zu einer Veränderung der COP (Center of Pressure)-Lokalisation führen (Kelly et al., 2014). Somit hat die IFM positive biomechanische Effekte und verbessert die dynamische posturale Balance (Wei et al., 2022). Nicht nur im Stand, sondern auch im Gehen hat die IFM, die Funktion das Fußgewölbe aufrechtzuerhalten und die Fußstellung zusammen mit den restlichen anatomischen Strukturen, wie Knochen, Bänder, extrinsische Fußmuskulatur und Faszien zu kontrollieren (Pabón-Carrasco et al., 2020). Zudem hilft die Fußsohlenmuskulatur dabei die Abrollbewegung mitzukontrollieren. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass die Extension der Zehen durch die exzentrische Muskelaktivität der kurzen Zehenflexoren kontrolliert wird (Götz-Neumann, 2016).



Abb. 9 Erste Schicht der IFM (Earls, 2021)



Abb. 10 Zweite Schicht der IFM (Earls, 2021)



Abb. 11 Dritte Schicht der IFM (Earls, 2021)



Abb. 12 Vierte Schicht der IFM (Earls, 2021)

Extrinsische Fußmuskulatur

Die extrinsische Fußmuskulatur (EFM) ist ein globaler Mobilisator (McKeon et al., 2015) und hat ihren Ursprung am Unterschenkel (Kahle et al., 1991). Über die langen Sehnen kann sie Fußbewegungen generieren und zusammen mit dem passiven System Strukturen modulieren. Zusätzlich bietet die EFM eine dynamische Stabilisation und dient zur Kontrolle des Längs- und Quergewölbes. Sie besitzt eine Absorptions- als auch Antriebsfähigkeit (McKeon et al., 2015)



Abb. 13 Extrinsische Muskulatur von hinten, der Seite und von vorne (Earls, 2021)

1.5.6 Die Phasen des Gangzyklus

Beim Gehen spricht man von einer dynamischen Stabilität. Dabei geht der Körperschwerpunkt über seine Unterstützungsfläche hinaus und wird nach vorne bewegt. In derselben Zeit wird die Unterstützungsfläche von der Ferse über den gesamten Fuß hin zum Vorfuß übertragen.

Wie bereits unter Punkt 1.5.4 beschrieben wurde, kann der Gang in zwei Phasen unterteilt werden: Stand- und Schwungphase. Die beiden Phasen gliedern sich in 5 Stand- und in 3 Schwungphasen auf, die gemeinsam drei funktionelle Aufgaben erfüllen: Gewichtsübernahme, Einbeinstand und die Vorwärtsbewegung des Schwungbeins. In der Standphase übernehmen der initiale Kontakt (IC) und die Stoßdämpfungsphase (Loading Response = LR) das Gewicht. Der Einbeinstand in der Standphase wird durch die mittlere Standphase (Mid Stance = MSt), der terminale Standphase (Terminal Stance = TSt) und die Vorschwungphase (Pressling = PSw) ausgeführt. Die Vorfußphase wird wie folgt beschrieben: der IC beendet kontralateral den Einbeinstand und leitet währenddessen eine Schwungbeinvorwärtsbewegung ein. Ab diesem Zeitpunkt gewinnt die Schwungphase, in der die initiale Schwungphase (Initial Swing = ISw), die mittlere Schwungphase (Mid Swing = MSw) und die terminale Schwungphase (Terminal Swing = TSw) für die nötige Schwungbeinvorwärtsbewegung sorgen.

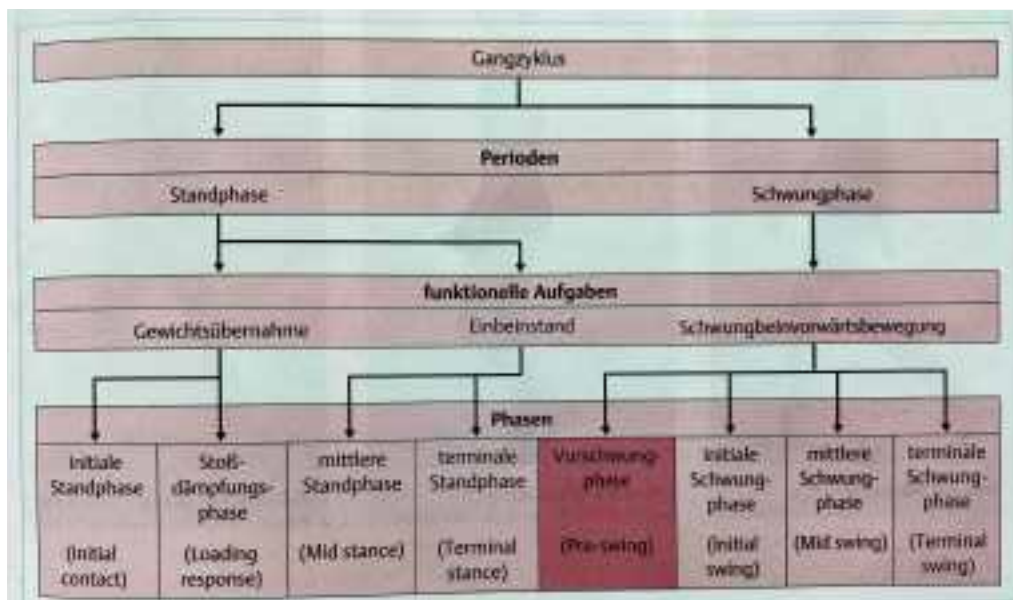


Abb. 14 Unterteilung des Gangzyklus (Götz-Neumann, 2016)

Phasen der Gewichtsübernahme

- Phase 1 Initialer Kontakt - IC (0% Gangzyklus)

Vor dem Aufsetzen des Spielbeins ist das obere Sprunggelenk in einer neutralen Position oder ist aufgrund der Kontraktion der Flexoren des oberen Sprunggelenks um 0-25° leicht flektiert (Kapandji, 2016). Durch den Fersenkontakt wird der Beginn und das Ende der Phase markiert. Das Stoßdämpfungsverhalten des Beines wird durch die Gelenkpositionen zu diesem Zeitpunkt bestimmt. Die Position des Beines leitet die Standphase mit dem Fersenrocker (Heel Rocker) ein. Dabei sind die Muskeln M. tibialis anterior, M. extenso digitorum longus und M. extensor hallucis longus (Götz-Neumann, 2016). In dieser Phase ist der Fuß in Eversion und die transversalen Tarsalgelenke parallel ausgerichtet, wodurch eine Mobilität im Rückfuß entsteht (Henry et al., 2019).

- Phase 2 Stoßdämpfungsphase - LR (0-12% Gangzyklus)

Die Stoßdämpfungsphase beginnt mit dem initialem Bodenkontakt und endet mit dem Abheben des kontralateralen Beines. Dabei wird das Körpergewicht auf das ausgestreckte Bein transferiert. Diese Phase beschreibt die 1. doppelt unterstützte Standphase (Initial double support, IDLS) (Kapandji, 2016). Der LR stellt den ersten Teil von drei Stoßdämpfungsmechanismen dar. Durch den Bodenkontakt der Ferse kommt es zu einer Plantarflexionsbewegung des oberen Sprunggelenks (Heel Rocker) von ca. 5°. Die vorderen tibialen Muskeln bremsen die Plantarflexionsbewegung ab, wodurch der Vorfußkontakt mit dem Boden verzögert wird. Gegen Ende der Stoßdämpfungsphase werden M. soleus und M. gastrocnemius aktiv, um die Vorwärtsbewegung der Tibia zu kontrollieren. In Loading response erscheint eine exzessive subtalare Pronation des Rückfußes mit erkennbar verstärkter Valgusstellung der Ferse bei gleichzeitiger Abflachung des medialen Fußgewölbes.

Phasen des Einbeinstandes

- Phase 3 Mittlere Standphase - MSt (12 - 31% Gangzyklus)

Mit dem Abheben des kontralateralen Fußes (Toe-off) beginnt die mittlere Standphase und endet mit der Fersenanhebung des Referenzbeins. Der Körperschwerpunkt befindet sich senkrecht über dem Vorfuß. Das Sprunggelenk bewegt sich von 5° Plantarflexion in 5° Dorsalextension, die MTP-Gelenke sind in Neutral-Null-Stellung (Götz-Neumann, 2016). Folglich entsteht eine einseitige Vollbelastung des Standbeins. Das auf den Fuß lastende Körpergewicht

führt zu einer Dehnung der plantaren Strukturen. Eine Abflachung des Längsgewölbes findet bei einem Normfuß zu einem geringen Maß statt (Kapandji, 2016). Gegen Ende dieser Phase wird der M. flexor hallucis longus in Vorbereitung auf die Fersenanhebung aktiv. Dieser stabilisiert das 1.MTP-Gelenk für die Gewichtsbelastung. Der M. flexor digitorum longus ist durchgehend und immer mehr aktiv. In der Midstance-Phase bringt die Tibialis-Posterior-Sehne den Fuß in Inversion. Dadurch weichen die Achsen der Tarsalquergelenke voneinander ab und der Rückfuß wird in der Latestance-Phase fest. Durch diesen Bewegungsablauf kann die Achillessehne effektiv arbeiten und schafft den nötigen Vortrieb während des Gehens (Henry et al., 2019). Gegenstand der mittleren Standphase sind die Vorwärtsbewegung über den feststehenden Fuß und der Erhalt der Bein- und Rumpfstabilität.

- Phase 4 Terminale Standphase - TSt (31 - 50% Gangzyklus)

Die Terminale Standphase fängt mit der Fersenanhebung des Referenzbeins an, wird mit dem IC des kontralateralen Fußes abgeschlossen und vollendet den Einbeinstand. Aus 5° Dorsalextension bewegt sich das Sprunggelenk bis zu 10° Dorsalextension und die MTP-Gelenke von der Neutral-Null-Stellung bis 30° Dorsalextension. Zur Stützung des Längsgewölbes werden die Muskeln flexor digitorum longus und anschließend flexor hallucis longus aktiv (Götz-Neumann, 2016). Das Körpergewicht wird zunehmend auf den Vorfuß verlagert und es kommt aufgrund der Kontraktion der Extensoren des Sprunggelenks und des M. triceps surae zum Abheben der Ferse. Dies beschreibt die erste Phase des Abstoßens mit den kräftigen Extensoren des Sprunggelenks. Es treten Zugverspannungen in Kraft. Darauf folgt die zweite Stoßdämpfungswirkung. Dadurch wird es ermöglicht, dass ein Teil der Kraft des M.triceps surae für den Vorgang des finalen Abstoßes zur Verfügung steht. Anschließend flacht die anteriore Querwölbung ab und der Vorfuß wird breiter (Kapandji, 2016).

Phasen der Schwungbeinvorwärtsbewegung

- Phase 5 Vorschwungphase - PSw (50 - 62% Gangzyklus)

Durch den IC der kontrateralen Seite wird diese Phase eingeleitet und durch das Abheben des Referenzbeins (Toe-off) beendet. Das Sprunggelenk bewegt sich schnell aus 10° Dorsalextension in 15° Plantarflexion und die MTP-Gelenke extendieren aus ca. 30° Dorsalextension nach 60° Dorsalextension.

Diese Standphase ist die 2. terminale, doppelt unterstützte Standphase (Terminal double limb stance). Das Referenzbein wird für den Initial Swing vorbereitet (Götz-Neumann, 2016). Die Vorbereitung wird durch den M. triceps surae unterstützt, der die zweite Abrollphase einleitet. Er wird durch die Wirkung der Zehenbeuger, vor allem durch die kurzen Zehenmuskeln und den M. flexor hallucis, induziert. Der Fuß hebt weiter ab und verlässt zunehmend seinen vorderen Auftrittspunkt, bis er zuletzt nur noch auf den drei tibialen Zehen ruht, hier besonders auf dem Großzeh (Kapandji, 2016).

- Phase 6 Initiale Schwungphase - ISw (62 - 75% Gangzyklus)

Das Referenzbein wird zu Beginn abgehoben (Toe-off) und wenn das Sprunggelenk sowohl das Stand- als auch des Referenzbeins überkreuzt, endet diese Phase. Referenzpunkte der initialen Schwungphase sind die Fußablösung vom Boden und das Nachvornebringen des Referenzbeins. Dabei bewegt sich das Sprunggelenk in Richtung Dorsalextension, von 15° Plantarflexion nach 5° Plantarflexion und MTP-Gelenke aus ca. 60° Dorsalextension in Richtung Neutral-Null-Stellung. Damit eine Dorsalextension erzeugt werden kann, arbeitet die prätibiale Muskulatur konzentrisch. In dieser Bewegung erreicht der M. extensor hallucis longus und der M. extensor digitorum longus ihre Spitzenaktivität. (Götz-Neumann, 2016). Beim zweiten finalen Abstoßvorgang widersteht die Längswölbung, durch die Kontraktion der langen Zehenbeuger, wiederum der Absenkung (Kapandji, 2016).

- Phase 7 Mittlere Schwungphase - MSw (75 - 87% Gangzyklus)

Die Tibia des Standbeins überkreuzt sich mit der Tibia des Referenzbeins. Das Ende dieser Phase ist dadurch gekennzeichnet, dass die Tibia des Schwungbeins (Referenzbein) vertikal zum Boden steht. Dabei verändert sich die Dorsalextension des Sprunggelenks von 5° Plantarflexion in eine Neutral-Null-Stellung und die MTP-Gelenke befinden sich ebenfalls in einer Neutral-Null-Stellung (Götz-Neumann, 2016). Zum Schluss wird die gewonnene potenzielle Energie eingesetzt. Der Fuß hebt ab, der kontralaterale Fuß setzt auf und vorheriges Schwungbein schwingt nach vorne (Kapandji, 2016). In der mittleren Schwungphase wird das Referenzbein weiter nach vorne gebracht. Dies bedeutet, dass ein ausreichender Abstand zwischen Fuß und Boden gewährleistet werden muss.

- Phase 8 Terminale Schwungphase - TSw (87 - 100% Gangzyklus)

Die Terminale Schwungphase beginnt damit, dass die Tibia des Referenzbeins vertikal zum Boden steht. Berührt der Fuß des Referenzbeins den Boden, endet die achte und letzte Phase. Gegenstand der terminalen Schwungphase ist der Abschluss des Nachvornebringens des Referenzbeins und die Vorbereitung des Referenzbeins für den Stand. Das Sprunggelenk bleibt in einer Neutral-Null-Stellung, während die MTP-Gelenke ihre Dorsalextension erhöhen. Für den kommende IC richten sich die Zehen um 0-25° Dorsalextension aufwärts. Durch die bevorstehende Gewichtsübernahme bereitet sich die prätibiale Muskulatur vor und erhöht ihre Aktivität (Götz-Neumann, 2016). Die Fußsohle des Referenzbeins nimmt aufgrund der Elastizität der Strukturen nun ihre ursprüngliche Form und Konkavität an (Kapandji, 2016).

Phasen des Abrollens

Das Abrollen des Fußes kann in vier unterschiedliche Bodenkontaktmuster eingeteilt werden. Der IC leitet die Abrollbewegung über die abgerundete Oberfläche des Kalkaneus, auch kalkaneograde Fußposition genannt (LR). Durch die plantigrade Fußposition, in der die Ferse und der Vorfuß flach auf dem Boden aufliegen (MSt), die digigrade Fußposition, in der über die Oberfläche der Metatarsalköpfe abgerollt (TSt) und die unguligrade Fußposition, dem Abheben des Fußes über die Zehenspitzen, wird das Abrollen fortgesetzt (PSw) (Götz-Neumann, 2016).

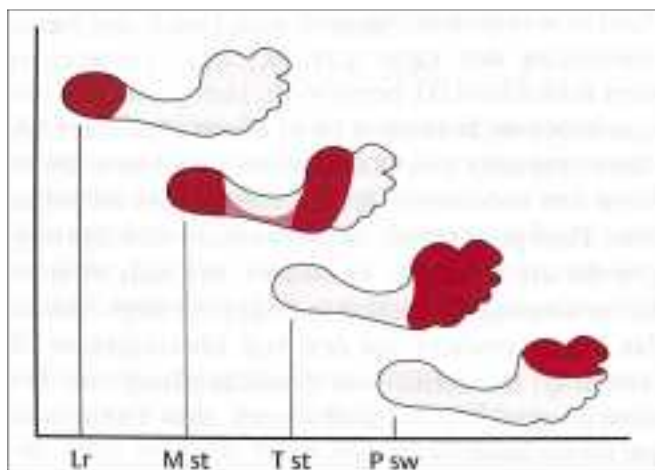


Abb. 15 Bodenkontaktmuster des Fußes beim Gehen (Götz-Neumann, 2016)

1.6 Pathogenese und -mechanik des Knicksenkfußes

Die postnatale Entwicklung des Fußes ist genetisch angelegt. Das Fersenbein ist zu Beginn 30° supiniert und flach eingestellt. Nach der Geburt dreht sich das Kalkaneus pronatorisch ins Lot und hebt sich nach vorne oben. Das Sprungbein liegt schräg auf dem Fersenbein auf. Nach und nach entwickelt sich der Fuß, in dem die Taluslängsachse in die Fußlängsachse einschwenkt. Genetisch soll sich der Fuß nach Larsen wie folgt entwickeln: „Fersenbein senkrecht, Belastung durch den Tuber und nicht durch das Sustentaculum tali, talotibiale Gelenkfläche senkrecht zur Schwerkraft, das Fersenbein vorne 15° angehoben und die Taluslängsachse in Richtung des medialen Hauptstrahls eingestellt“ (Larsen, 2006). Der Talus beschreibt eine gebogene Keilform und ist so geformt, dass sie vorne einen Zentimeter breiter ist als hinten. Ist das Sprunggelenk dorsal extendiert, klemmt sich der vordere und breitere Teil der Talusrolle passiv zwischen die Knöchelgabel der Malleolen ein. Dies kann als Keilprinzip beschrieben werden. Neben dem Keilprinzip, verfügt die Talusrolle über eine gebogene Führungsrinne. Dies bedeutet, dass bei einer Dorsalextension der Unterschenkel gleichzeitig nach innen rotiert (Larsen, 2006). Durch das moderne alltägliche Leben passt sich der Fuß den Umständen an. Larsen vergleicht den menschlichen Körper mit einem Haus. Eine schöne Hausfassade ist nicht schlecht, für die Lebenserwartung und die Werterhaltung ist allerdings das Fundament entscheidend. Wird ein Haus auf einem instabilen Untergrund gebaut, kann es mit den Jahren ins Rutschen kommen und schief stehen. Geschätzt leiden etwa 50% der Erwachsenen unter Knickfüßen, das heißt das Kalkaneus steht schief und kann somit von oben nicht lotgerecht belastet werden (Larsen, 2019).

Die Füße machen nur 5% der Fläche des menschlichen Körpers aus, kontrollieren aber über afferente Informationen, die durch den Fußsohlensinn gewonnen werden, die Körperhaltung. Bei einem Knicksenkfuß kann das Gewölbe nicht mehr aufrechterhalten werden (Eun-Kyung & Jin Seop, 2016).

Im Allgemeinen proniert bei einem Knicksenkfuß das Fersenbein bei Belastung, die Innenseite muss dies zur Folge ausgleichen, wodurch das mediale Längsgewölbe absinkt. Der Mittelfuß benötigt nun eine höhere Mobilität, damit die Fußhaltung und die Stabilität aufrechterhalten werden kann (Kim & Lee, 2020). Ein Plattfuß steht meist für eine muskuläre Insuffizienz des M. fibularis longus und seltener den M. tibialis posterior. Die Entwicklung eines Knicksenkfußes kann durch zwei Faktoren hervorgerufen werden:

1. Das transversale Quergewölbe wird physiologisch von der Sehne des M. fibularis longus verspannt und flacht ab. Das mediale Längsgewölbe sinkt ab und elongiert (verlängert). Der Vorfuß dreht dabei um die longitudinale Achse und bewegt sich nach lateral.
2. Das Fersenbein dreht sich in eine Pronation und neigt sich zunehmend nach medial. Die Valgusstellung kann anhand des Rückfußwinkels gemessen werden und kann von der physiologischen Norm von 5° bis zu 20° abweichen. Die Valguspositionierung induziert eine Verlagerung des ersten Auftreibungspunkts an der Ferse nach medial. Am Fußinnenrand sind drei Protrusionen zu erkennen:
 - Innenknöchel wird ungewöhnlich prominent
 - Medialer Anteil des Taluskopfes tritt hervor
 - Tuberositas ossis navicularis protrudiert nach medial

Die Adduktions- und Pronationsstellung des Rückfußes wird durch eine Abduktion/Supination des Vorfußes kompensiert, wodurch die Gewölbe des Fußes nicht mehr zu erkennen sind. Daraus entsteht der häufig auftretende schmerzhafte Pes planovalgus (Adoleszententarsalgie) (Kapandji, 2016). Zudem steht eine Schwäche der intrinsischen Fußmuskulatur im Zusammenhang mit einer größeren Inzidenz an Pronation, Faszitis, Verstauchungen und Verletzungen an anderen Körperteilen (Pabón-Carrasco et al., 2020).

Neben der Muskulatur sind die Ligamente (Bänder) nur kurzzeitig in der Lage die Gewölbe aufrechtzuerhalten. Aufgrund einer defizienten muskulären Unterstützung kommt es im Verlauf zu einer Überdehnung der Bänder und die Gewölbe „brechen“ dauerhaft ein. Die Schwäche der Plantarfaszie reduziert die Fähigkeit den Impact, der durch das Aufkommen der Ferse auf den Boden entsteht, abzdämpfen. Eine übermäßige Kompensation der extrinsischen Muskulatur verursacht eine Ermüdung, die zu einem Überbeanspruchungssyndrom führen kann. Ein Senkfuß verursacht funktionelle Instabilität und beeinflusst somit die gesamte kinetische Kette, sowie das Gleichgewicht und die Propriozeption. Dies kann indirekt zu verschiedenen Problemen im proximalen Teil des Körpers, wie im Kniegelenk, Hüftgelenk und in der Wirbelsäule führen (Kim & Lee, 2020). Durch das Absinken des medialen Längsgewölbes und die Pronation des Fersenbeins, entsteht eine Fehlrotation. Der Unterschenkel kompensiert diesen Mechanismus durch eine Außenrotation der Tibia. Dadurch kann ein Knievalgus (X-Bein) mit einer Überlastung der Muskeln und Bänder auf der Knieinnenseite und später degenerativen Veränderungen entstehen. Folglich

dreht der Oberschenkel im Hüftgelenk nach innen und der Abstand zwischen Schenkelhals und Pfannendach verengt sich. Dadurch kippt das Becken nach vorne ab und der untere Rücken verändert sich zu einem Hohlkreuz. Diese Bewegung bedeutet für die Wirbelsäule, dass sich die Brustwirbelsäule in einen Rundrücken zwingt. Mechanisch verschiebt der Hohl-Rundrücken den Kopf nach vorne, der Nacken verkürzt sich und die Muskulatur verspannt (Larsen, 2019). Diese Vorgänge beschreiben die statischen Mechanismen eines Knicksenkfußes. Es ist allerdings von großer Bedeutung die Bewegungen im Sprunggelenk beim Gehen zu betrachten. Wenn im Stand ein Rückfußwinkel von 6° gemessen wird, können während des Gehens 20° auftreten (Larsen, 2006).

Im Buch „Gehen verstehen“ von Götz-Neumann wird diese Abweichung als „excess pronation“ (übermäßige Eversion, Valgus) bezeichnet. Dies bedeutet, dass die Eversion des Kalkaneus größer ist als es für die jeweilige Gangphase normal wäre. Der Kalkaneus-Valgus kann am besten von posterior beobachtet werden. Diese Fußstellung erscheint in der Loading Response mit erkennbar verstärkter Valgusstellung der Ferse bei gleichzeitiger Abflachung des medialen Fußgewölbes. Durch den medialen Bereich wird dabei die Vorfußunterstützung hergestellt. Um eine Valgusstellung handelt es sich auch, wenn in der LR das Metatarsale I vor dem Metatarsale V einen initialen Bodenkontakt erfährt. Kollabiert der Fuß extrem, berührt auch das mediale Längsgewölbe den Boden (Götz-Neumann, 2016). Ob das Längsgewölbe kollabiert oder nicht, hängt allerdings von seiner strukturellen Integrität ab (Perry & Burnfield, 2010). Wie bereits erwähnt, kann eine exzessive Pronation durch einen zu schwachen M. tibialis posterior bei der Gewichtsübernahme und im Einbeinstand entstehen (Götz-Neumann, 2016). Dies kann durch den „Too-many-toes-Test“ diagnostiziert werden (Perry & Burnfield, 2010). Eine Schwäche des M. soleus würde sich während des Einbeinstandes zeigen. Zudem können eine Valgusdeformität, Plantarflexionskontraktur, Abweichen an Knie- und Hüftgelenk oder eine Schwäche des M. tibialis anterior während des Gehens die Ursache für einen Knicksenkfuß sein. Durch diese Mechanismen kann sich die Mechanik des Gehens verändern. Eine subtalare Pronation bewirkt eine Innenrotation der Tibia, wodurch das Kniegelenk sowie die Metatarsalgelenke entriegelt werden. Dadurch werden mehrere Strukturen, wie Kapseln, Bänder und Muskeln an diesen Gelenken belastet. Folglich kann die Forefoot-rocker-Funktion gestört sein, da sie einen in sich stabilen Fuß als Hebel benötigt. Die Forefoot-rocker-Funktion ist der sogenannte Vorfußkippelhebel. Dieser ermöglicht im Terminal

stance eine weitere Vorwärtsbewegung des Beins bei weiter zunehmender kontrollierter Dorsalextension im Sprunggelenk. Hat die Basis der Bodenreaktionskraftlinie die Metatarsalköpfchen erreicht, hebt sich die Ferse vom Boden ab. Die Bewegungsachse verläuft dabei an den Metatarsophalangealgelenken und dem Sprunggelenk zu einem durch den M. triceps surae stabilisierten Hebelarm, ohne den die Ferse nicht abheben kann. Das Abrollen erfolgt anschließend über die rundliche Kontur der Metatarsalköpfe. Sobald das Körpergewicht über den Drehpunkt hinaus nach vorne kommt, entsteht eine beschleunigte Vorwärtsbewegung des Körpers. Dadurch kann der Körper noch weiter vor seine Unterstützungsfläche nach vorne verschoben werden, was die stärkste antreibende Kraft erzeugt. Laut Götz-Neumann ist „die Funktion des Forefoot-rockers die grundlegende Voraussetzung der in Pre-swing beschleunigten Vorwärtsbewegung des Beines“ (Götz-Neumann, 2016). Bei einer exzessiven Pronation während der Gewichtsübernahme erhöht eine übermäßige Neigung nach au-

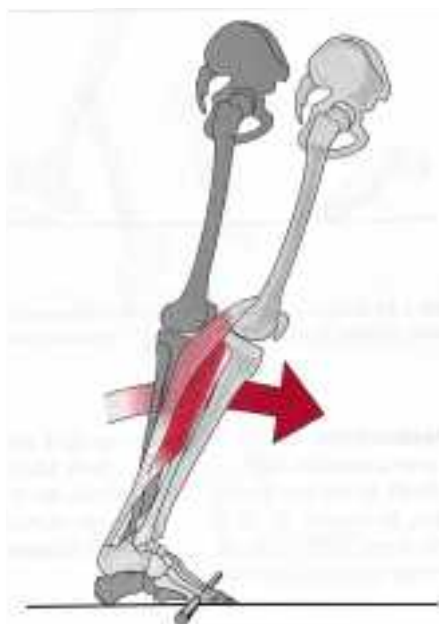


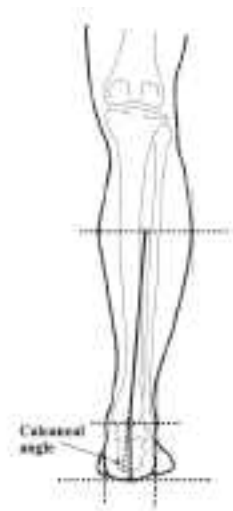
Abb. 16 Forefoot-rocker Funktion (Götz-Neumann, 2016)

ßen die Rotationsspannung in der Knöchelöffnung und am Knie. Eine übermäßige Eversion während des Einbeinstandes entriegelt den Mittelfuß und verhindert, dass der starre Vorfuß erreicht wird, der wie bereits erwähnt für die Fersenablösung und Vorwärtsbewegung erforderlich ist (Perry & Burnfield, 2010). Die Funktion des Fußes durchläuft somit mehrere Anpassungen: von einem mobilen Adapter in der Standphase zu einem starren Hebel in der zweiten Hälfte (Gabel, 2014). Bei einem Knicksenkfuß wäre diese Funktion in sich gestört und der Fuß muss pronieren, um eine erhöhte Dorsalflexion im Stand zu erreichen.

2 Messsysteme der Fußstatik, des Gangs und des Schmerzes

Wie bereits unter dem Punkt 1.4 erläutert wurde, gibt es verschiedene Methoden, um einen Knicksenkfuß zu diagnostizieren. In den meisten Studien zum Thema Knicksenkfuß werden der Rückfußwinkel und der Navicular-Drop-Test als Messinstrumente zur Erhebung von Daten verwendet. Dadurch kann eine Veränderung der Fußstatik und der Strukturen dokumentiert werden. Bisher wurden in Studien mit derselben Population statische Messinstrumente, wie der Navicular-Drop-Test, Foot Posture Index oder die plantare Druckverteilung gemessen. In der Dynamik wurden bisher der dynamische Navicular-Drop- und Y-balance-Test angewendet (Wei et al., 2022). Außerdem wurden mit Knicksenkfuß-Probanden zur Testung von Orthesen Sprint-Tests, Sprünge, 12 min Cooper Test, 3D-Bewegungsanalysen und die Messung von Bodenreaktionskräften durchgeführt (Herchenöder et al., 2021). In der wissenschaftlichen Untersuchung ist die Pathomechanik des Knicksenkfußes bereits bekannt, jedoch wurde diese noch nicht in der Kinematik mit Hilfe einer Ganganalyse überprüft. Im Folgenden werden die Messinstrumente, die in der vorliegenden Studie zur Überprüfung der Hypothesen verwendet wurden, dargestellt.

2.1 Rückfußwinkel



Der Kalkaneus ist die Basis für das Längsgewölbe und bildet das Fundament einer stabilen Beinachse, auf der der ganze Körper steht. Bei einem Knicksenkfuß knickt das Fersenbein nach innen und beeinflusst so die gesamte Architektur des Fußes und der Beinachse. Daher ist die Messung des Rückfußwinkels vor Beginn der Therapie und zur Verlaufsdokumentation von größter Relevanz. Ein Knickfuß wird bei einem Winkel von 5 - 10° diagnostiziert (Larsen, 2014). Üblicherweise wird der Rückfußwinkel im Zweibeinstand gemessen.

Abb. 17 Rückfußwinkel (Mølgaard et al., 2013)

2.2 Navicular-Drop Test

Der Navicular-Drop-Test (ND-Test) wurde erstmals 1982 von Brody als Mittel zur Quantifizierung des Ausmaßes der Fußpronation bei Läufern beschrieben. Der Test ist eines der statischen Fußbewertungsinstrumente und soll Verschiebungen des Tuber naviculare in der Sagittalebene, das heißt einer neutralen Position des subtalaren Gelenks, in einer entspannten Position im Stehen darstellen (Allen & Glasoe, 2000). Der Test kann im Sitzen oder im Stehen durchgeführt werden. In dieser Pilotstudie standen die Probanden und verlagerten ihr Gewicht auf das andere Bein. Der entlastete Fuß soll sich nun in der neutralen Position des subtalaren Gelenkes befinden (Earls, 2021). Der prominenteste Teil des Tuber naviculare wird nun markiert, der Abstand zwischen Markierung und Boden mithilfe eines Lineals gemessen und das Ergebnis dokumentiert (Allen & Glasoe, 2000). Anschließend wird der zu messende Fuß belastet und die Auslenkung des Os naviculare wird wiederholt in der Sagittalebene gemessen. Anschließend werden die Ergebnisse miteinander verglichen (Earl, 2021). Laut Allen und Glasoe pendeln sich die NDT-Werte bei einem gesunden, normalen Patienten bei 6 bis 9 mm ein (Allen & Glasoe, 2000). In den Originalversionen früherer Studien liegen die Mittelwerte bei gesunden Erwachsenen zwischen 3,6 und 8,1 mm. In modifizierten Versionen liegen die Werte zwischen 7,3 und 9,0 mm (Nielsen et al., 2009). Brody ging davon aus, dass ein NDT-Wert, der größer ist als 15 mm, auf eine abnormale Pronation hinweist. Später haben sich Müller et. al darauf geeinigt, dass ein Navicular-Drop von mehr als 10 mm als abnormal angesehen werden sollte (Bennett et al., 2001).



Abb. 18 Navicular-Drop-Test (Earls, 2021)

2.3 Instrumentelle Ganganalyse und Druckverteilung

Die instrumentelle Ganganalyse wird vermehrt im klinischen Bereich eingesetzt. Das Ziel ist es, das menschliche Gangbild und pathologische Abweichungen in der Bewegung zu untersuchen und zu quantifizieren. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, das Verhalten anatomischer Strukturen in der Bewegung zu prüfen, was standardisierte Diagnostikverfahren bisher nicht leisten können (Klöpfer-Krämer & Augat, 2012). Zudem ergeben sich Hinweise auf die gestörte Mechanik nahe dem Messort, im vorliegenden Fall dem Fuß (Mittlmeier & Müller-Gerbl, 2001). Das Laufband eignet sich als diagnostisches Instrument, da diese Form der Lokomotion reproduzierbar ist und sich unter physiologischen Bedingungen bei allen gesunden Menschen nach demselben Grundmuster verhält. Es wurde eine Vielzahl an Messmethoden für die Definition einiger Funktionsparameter der Bewegungsanalyse entwickelt. Die gebräuchlichsten Messparameter sind die freie Ganggeschwindigkeit, Distanz des Gangzyklus, Schrittlänge und die Schrittkadenz. Zudem können Bodenreaktionskräfte mit Kraftmessplatten erfasst werden. Dabei wird der Verlauf der Kraftangriffsordinate unter dem Fuß und die örtliche und zeitliche Kraftentwicklung grafisch und numerisch, aber auch als vierdimensionales Vektordiagramm dargestellt (Kramers-de Quervain et al., 2008). Das in der Studie verwendete Laufbandsystem beinhaltet eine Druckmessplatte und das Programm zebris zur Interpretation der Daten. Dadurch können Druckverteilungen an der Fußsohle während des Gehens erfasst werden. Durch die Analyse ergibt sich ein fiktives Bild, in welchem für jede Fußregion der maximal aufgetretene Druck während des Abrollvorgangs dargestellt wird. Hiermit kann die Lage und Höhe von Druckspitzen, die Größe der Kontaktflächen, Verlauf der Ganglinie (COP-Verlauf) und die Belastungssymmetrie interpretiert werden. Zusammenfassend kann durch die Ganganalyse der aktuelle Stand beziehungsweise der Verlauf dokumentiert werden. Dies eignet sich für die Forschung zum Einsatz im Rahmen von Interventionsstudien (Klöpfer-Krämer & Augat, 2012), wodurch therapeutische Maßnahmen auf ihre Effizienz hin untersucht werden können. Allerdings bereiten die Referenzgrößen verschiedenster Parameter Probleme. Laut Mittlmeier & Müller-Gerbl weist auch der „normale“ Gang bei beschwerdefreien „fußgesunden“ Probanden eine interindividuelle Varianz hinsichtlich der jeweiligen Messgrößen auf (Mittlmeier & Müller-Gerbl, 2001).

Im folgenden Abschnitt werden die Parameter dynamischer Fußrotationswinkel, Schrittlänge und der COP-Verlauf erläutert. Diese sollen die Veränderungen des Gangbildes aufgrund der Intervention objektivieren.

2.3.1 Dynamischer Fußrotationswinkel

Unter dem Parameter „Fußrotation“ ist die Bewegung des Fußes um seine Fußlängsachse gemeint. Beim Gehen entsteht durch die Richtung der Fußlängsachse in Gangrichtung bzw. Fortbewegungsrichtung ein Winkel. Dieser Winkel wird als „Foot Progression Angle“, „Angle of Gait“ oder „Toe-out Angle“ bezeichnet. Es existiert keine einheitliche Begriffsdefinition in der deutschsprachigen Literatur. Daher gibt es unterschiedliche Begriffe, wie „Richtung der Fußlängsachse“, „dynamischer Rotationswinkel“, „Fußaufsetzwinkel“, „Fußauftrittswinkel“ oder „Fußrichtungs- oder Fußöffnungswinkel“. In dieser Arbeit wird der Begriff „dynamischer Fußrotationswinkel“ verwendet. Die Fußlängsachse verläuft aus anatomischer Sicht durch das Zentrum der Ferse und den zweiten Mittelfußstrahl. Bei einer Drehung der Fußlängsachse nach außen entstehen positive Winkelwerte, bei einer Drehung nach innen negative Werte. In der Null-Grad-Position befindet sich die Fußlängsachse genau in der Fortbewegungslinie



Abb. 19 Toe-out Angle (Nagano & Begg, 2020)

(Schroff, 2019). Steht der Mensch ruhig ist die Fußlängsachse bezogen auf die Fortbewegungslinie um 7° außenrotiert. Während des Gehens besteht diese Außenrotation weiterhin (Götz-Neumann, 2016). Laut Perry variiert der dynamische Fußrotationswinkel von 5° für Frauen und bis zu 7° für Männer (Perry & Burnfield, 2010). In der Literatur existiert jedoch keine Übereinstimmung hinsichtlich der Winkelwerte „fußgesunder“ Menschen und somit gibt es noch keine Werte zur Interpretation von Fußdeformitäten. Der Einwärts- bzw. Auswärtsgang kann aus der Summierung femoraler Ante-/Retrotorsion, tibialer Torsion und Fußform entstehen. Bei einem Knicksenkfuß kann

durch eine Mittelfußinstabilität eine vermehrte Vorfußabduktion der Füße und somit ein Auswärtsgang entstehen (Speth & Camathias, 2018). Aus diesem Grund wird der Parameter des „dynamischen Fußrotationswinkels“ in die statistische Auswertung miteinfließen.

2.3.2 Schrittlänge

Unter einer Schrittlänge wird die Distanz zwischen den Kontaktstellen der beiden Füße verstanden. Der Zeitraum beginnt mit dem Fersenkontakt des Referenzbeines und endet mit dem Fersenkontakt des kontralateralen Beines. Das

Bein, das nach Abschluss seiner Schwungphase initialen Bodenkontakt hat, beschreibt die Seitenzugehörigkeit einer Schrittlänge. Ein asymmetrischer Weggewinn kann beispielsweise nur durch die Schrittlänge erkannt werden (Götz-Neumann, 2016). Ein normaler Gang weist auf der linken und rechten Seite einen gleich langen Schritt auf. Die Länge eines Schrittes ist weiter abhängig vom Abstand der Hüftgelenke, sowie von deren rotatorischen und extensorischen Bewegungstoleranzen in der unteren Brustwirbelsäule. Auch der Fuß- und die Beinlänge können die Schrittlänge modulieren. Sind die Rechts-links-Schritte unterschiedlich groß, kann dies auf einen Hinkmechanismus hinweisen (Spirgi-Gantert & Werbeck, 2014). Somit kann eine kurze Schrittlänge ein Indiz für einen unsicheren Gang sein (Hegewald, 2000).

Geometrie			
Fußrotation, Grad	L	5,2±2,2	11°
	R	7,9±2,0	
Schrittlänge, cm	L	72±1	190 (80)
	R	73±1	

Abb. 20 Beispiel Fußrotation und Schrittlänge (zebris, 2019)

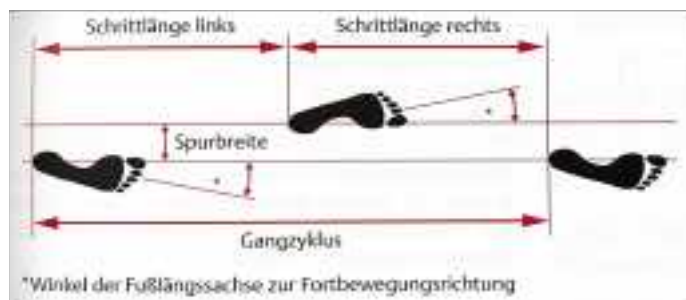


Abb. 21 Gangzyklus, Schrittlänge und Spurbreite (Götz-Neumann, 2016)

2.3.3 COP-Verlauf

Der Übergang vom Stehen zum Gehen ist eine Abfolge von Bewegungsmustern, die sich am besten durch die Richtung des Druckzentrums unterscheiden lassen. (Perry & Burnfield, 2010). Während des Gehens findet eine Verlagerung des Körperschwerpunktes (COP) statt. Diese Verlagerung erfolgt auf horizontaler und vertikaler Ebene. Der COP ist insofern bedeutend, da das Wissen über die situativen Belastungsschwerpunkte während der Stand- und Gangphase mögliche Fußpathologien und vergleichbare Effekte von Therapien aufzeigen, aber auch angemessene Kalkulationen der Gleichgewichtskontrolle und der Gelenkkinetik ermöglichen (Lugade & Kaufmann, 2014). Von seiner Anfangsposition in der Mitte zwischen den stillstehenden Füßen, bewegt sich der COP nacheinander in drei Richtungen: anterior, posterior und seitliche Verlagerung

(Perry & Burnfield, 2010). Während des Gehens kommt es zu einem Übergang zwischen den Körperseiten, die verbunden sind, von dem Vorfuß der einen Seite zum Rückfuß der anderen Seite. Dies wird in einem Cyklogramm (Schmetterlingsdiagramm) dargestellt.

Unterschiedliche Geschwindigkeitsstufen werden durch folgende farbige COP-Spuren dargestellt: rot = schnell, grün = mittel, blau = langsam. Da die Doppelstandphase und die Lastübergabe berücksichtigt werden, ergibt sich ein typisches Schmetterlingsdiagramm der Kraftangriffspunkte. Dieses Diagramm besteht aus den Ganglinien links und rechts. Die Linien der Kraftangriffspunkte werden separat für jeden Fuß angezeigt und die Farbcodierung entspricht wieder denen des Schmetterlingsdiagramms.

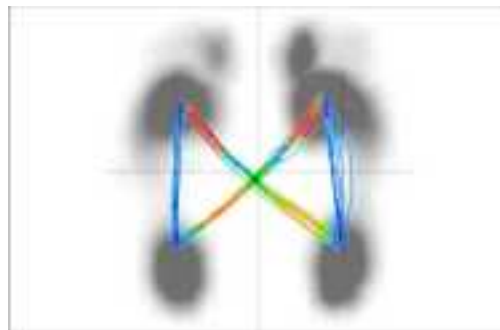


Abb. 22 Beispiel Schmetterlingsdiagramm (zebris, 2019)

Die Länge der Ganglinie (siehe Abb. 23) wird aus der Projektion der Ganglinie auf die Senkrechte errechnet, bei der nur die Bodenkontakte einer Körperseite berücksichtigt werden. Ein weiterer Parameter ist die „Spur Einbeinstandphase“: diese entspricht der Spurlänge der COP-Spur während der Einbeinstandphase. Die Beschreibung der Vor-Rück-Verlagerung des COP-Schnittpunktes im zeitlichen heißt „Anterior/Posterior Position“ und wird unter Berücksichtigung aller Schritte im Cyklogramm dargestellt. Durch den hintersten Fersenpunkt wird die Ausgangs- bzw. Nullposition beschrieben. Ein letzter Parameter im Schmetterlingsdiagramm ist die seitliche Verlagerung, der die Links-Rechts-Verlagerung des COP-Schnittpunktes im zeitlichen Verlauf unter Berücksichtigung aller Schritte im Cyklogramm darstellt. Fällt der Wert negativ aus,

wird eine Verschiebung zur linken Seite gekennzeichnet, dementsprechend bedeutet ein positiver Wert eine Verschiebung zur rechten Seite. Durch den Mittelpunkt wird die Ausgangs- bzw. Nullposition markiert (zebris, 2019).



Abb. 23 Ganglien (zebris, 2019)

2.3.4 Visuelle Analogskala (VAS)

Die Schmerzempfindlichkeit der Probanden wird als Zahlenwert erfasst und dokumentiert. Zur Evaluation analgetischer Wirkungen bei chronischen Schmerzpatient:innen wurde eine visuelle analoge Skala entwickelt. Diese Methode erwies sich als zuverlässig und einfach in der Durchführung, um den subjektiven Verlauf dokumentieren zu können (Larsen, 2014). Zudem wurde in Studien gezeigt, dass es sich bei der VAS um ein höchst reliables Instrument zur Messung von akuten Schmerzen handelt (Bijur et al., 2001). Die Skala wird dabei linear verwendet. Wenn sich die Schmerzen verdoppeln oder halbieren hat dies auch eine Verdopplung oder Halbierung des VAS-Zahlenwerts zur Folge. Die visuelle analoge Skala funktioniert unabhängig von Alter, Geschlecht oder Schmerzur-sache des Patienten. Es existieren Erfahrungs- und Eckwerte, die sich sinngemäß auf den Fuß übertragen lassen:

- Leidensdruck gering VAS 0-3
- Leidensdruck hoch VAS ≥ 7
- Erfolgsnachweisgrenze VAS ≥ 1
- Endresultat befriedigend VAS 0-3 (Larsen, 2014).



Abb. 24 VAS (Visuelle Analogskala, 2017)

3 Therapiemöglichkeiten

Die konservative Behandlung sollte immer im Vordergrund stehen. Dabei gibt es derzeit einige verschiedene Möglichkeiten die Situation zu verbessern. Sei es durch das Taping des Fußgewölbes, das Tragen von speziellen Schuhen, Keilen, Einlagen oder gezielte Übungen. Dabei findet aufgrund des einfachen und ökonomischen Nutzens die Kombination aus Übungen und Orthesen am häufigsten Verwendung (Ngoc-Tuyet-Trinh et al., 2021).

3.1 Einlagen- und Schuhversorgung

Die orthopädisch-technische Versorgung steht bis heute im Vordergrund. Dabei handelt es sich um maßangefertigte orthopädische Einlagen mit einer hohen Fersenfassung, einer Ansetzung des Sustentaculum tali und der Unterstützung des medialen Längsgewölbes mit einer Supinationsleiste (Toepfer, 2016). Eine Korrektur des Knicksenkfußes durch Einlagen wird als langfristig entspannend, aber dennoch muskelschwächend beschrieben. Im Vordergrund steht beim Tragen einer Einlage allein die Korrektur der Pronation in die Supination (Pfaff, 2014).

3.2 Medikation

In Fällen mit geringen Auswirkungen kann ein symptomatischer Knicksenkfuß mit nicht-steroidalen entzündungshemmenden Medikamenten behandelt werden. Ebenfalls kann präventiv gegen eine akute Symptomatik mit Medikamenten gearbeitet werden. Allerdings fehlt die Frage woher die Entzündung stammt und das präventive Arbeiten, damit weder Orthesen noch Operationen zum Einsatz kommen müssen (Henry et al., 2019).

3.3 Orthesen

Diese Möglichkeit findet in einigen Ländern eine hohe Anwendung. So nutzen die Hälfte der Erwachsenen in Australien Fußorthesen, um einer exzessiven Fußpronation vorzubeugen. In den frühen Stadien der Fußdeformität haben die Orthesen einen Effekt auf die Schmerzreduktion (Ngoc-Tuyet-Trinh et al., 2021). Doch nicht nur präventiv, sondern auch bei einer akuten Symptomatik steht an erster Stelle eine Immobilisierung durch eine Orthese (Henry et al., 2019). Ngoc-Tuyet-Trinh et al. fanden heraus, dass aktive Interventionen doppelt so effektiv sind wie passive Interventionen in der Schmerzlinderung. Zudem konnte der Fußdruck umverteilt, die Fußstruktur jedoch nicht verändert werden.

Die Kombination aus Übungen und Orthesen hat jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die strukturelle Veränderung, Neuausrichtung des Fußes und auf das Absinken des medialen Längsgewölbes. Am häufigsten werden die kurzen Fußübungen, Fersenheben (einbeinig, beidbeinig), Plantarflexion, Adduktion und Achillessehnendehnung verwendet. Diese Übungen manipulierten nur die aktiven Komponenten, konnten aber die passiven Komponenten nicht kontrollieren (Ngoc-Tuyet-Trinh et al., 2021). Dennoch empfiehlt die Literatur maßgeschneiderte Orthesen oder Einlagen in Kombination mit einem Rehabilitationsprogramm (Henry et al., 2019).

3.4 Training der Fußmuskulatur

Nach manualmedizinischer Vorstellung sollte eine Korrektur der Fußstellung durch Aktivierung der Fußmuskulatur erfolgen und Kräftigung des Bindegewebes im Faszien-System durch Training erfolgen. Die Fußmuskulatur ist ein wichtiges Teilsystem der statischen und dynamischen Haltungskontrolle. Diese funktionell zu trainieren, sollte laut Pfaff in jedem therapeutischen Ansatz berücksichtigt werden (Pfaff, 2014). Somit zählt die Verbesserung der Muskelkraft zu den Methoden bei der Behandlung von Fußdeformitäten. Es existieren die verschiedensten Studien zum Thema „Training und Knicksenkfuß“. Die Kräftigung der intrinsischen Fußmuskulatur bei einem Senk-/Plattfuß ist die meistverbreitete Therapieintervention. Die Forschung, Behandlung und Prävention beinhaltet typische „kurzer Fuß-Übungen“ für den Senkfuß wie beispielsweise das Greifen eines Handtuchs oder Übungen für die Zehen (Hashimoto & Sakuraba, 2014). Laut Studien besteht ein Zusammenhang zwischen der Zehengriffkraft und der Fußstellung, da die Zehenbeuger *M. flexor hallucis longus* und *M. flexor digitorum longus* bei der Bildung des Fußgewölbes beteiligt sind (Tashiro et al., 2015). Die „Kurzer-Fuß Übungen“, „short foot exercises (SFE)“, werden von Synder et. al als positivste Methode unter den Methoden zur Korrektur der Eversion der subtalaren Artikulation bezeichnet (Eun-Kyung & Jin Seop, 2016). Es wurden gezielte Übungen entwickelt, um die IFM zu trainieren, wie der umgekehrte Tandemgang, Übungen mit Murmeln, Beugebewegungen der Zehen mit Handtüchern oder Kerzen. Die SFE-Methode ist die effektivere Methode in Bezug auf das Halten des Gleichgewichts und übermäßiger Pronation. Diese Methode ist eine weit verbreitete Trainingsintervention, die zudem zur Verbesserung der Sprunggelenkspropriozeption und globaler Bewegungsmuster entwickelt wurde. Somit dienen diese Übungen zur Erhöhung und Unterstützung

des medialen Längsgewölbes und damit zur Verbesserung des dynamischen Gleichgewichts im Stehen. Tägliches Üben scheint die Stabilität und die Kapazität der Stoßdämpfung positiv zu beeinflussen, wodurch die Biomechanik der unteren Extremität verbessert werden kann (Pabón-Carrasco et al., 2020). Zudem ist das Training sehr relevant zur Erhaltung des Kernsystems des Fußes (Pabón-Carrasco et al., 2020). Da es sich als schwer herausstellt, während der Ausübung von SFE nicht über die extrinsische Muskulatur zu kompensieren, erwähnten Kim und Lee, dass diese Methode ein Training mit visuellem Feedback benötigt, um die Kompensation zu verhindern und eine korrekte Haltung für flexible Senk-/Plattfüße erreichen zu können. Daher entwickelten sie eine Einlage mit einem integrierten Luftkissen, das dem Patienten während der Übungsausführung ein Feedback zur Druckverteilung des Fußes geben und bei der Bewegungsausführung unterstützen soll (Kim & Lee, 2020). Allerdings sollten die therapeutischen Übungen über die untere Extremität hinausgehen, wie auch Sánchez-Rodríguez et al. bestätigen. Durch das Trainieren der Core-Muskulatur wird die Muskelkontrolle im Bein angestrebt, wodurch sich die Hyperpronation im Rückfuß verbessern lässt. In dieser Studie wurde herausgestellt, dass sich die Therapie neben der intrinsischen auch auf die extrinsische Fußmuskulatur und auf die Core-Muskulatur stützen sollte, da dies große Vorteile auf das neuromuskuläre Muster der unteren Extremitäten zeigt. Durch das Training der Hüftaußenrotatoren verlangsamt sich die Innenrotation der unteren Extremitäten und der Knievalgus. Dadurch kann die Pronation vermieden werden. Die Core-Muskulatur kann die lumbopelvicale Stabilität verstärken und eine korrekte Ausführung der Bewegung der unteren Extremitäten ermöglichen. Somit sollte sich ein Reha- oder Behandlungsprogramm auf alle Muskeln beziehen, die an der Kontrolle der Körperstabilität beteiligt sind, um maximal mögliche Ergebnisse auf distaler Ebene zu erzielen. Zudem ist es wichtig, dass die Übungen unter professioneller Anleitung und individueller Anpassungen durchgeführt werden (Sánchez-Rodríguez et al., 2020).



Abb. 25 „Short foot-Manöver“ (McKeon et al., 2015)

3.5 Sporttherapie nach den Prinzipien der Spiraldynamik®

Die sporttherapeutische Intervention in der experimentellen Studie orientiert sich an dem Konzept der Spiraldynamik® und gibt durch dessen Therapieprinzipien einen Behandlungspfad bei einem Knicksenkfuß vor.

3.5.1 Definition des Spiraldynamik®-Konzeptes

Die Spiraldynamik® ist ein anatomisch begründetes Konzept menschlicher Bewegungskoordination (Larsen, 1995). Es ist ein ganzheitliches Therapie- und Bewegungskonzept, dass die Wirkorte des neuen Denkmodells, wie Bewegungssystem, Bewegungsentwicklung und -kontrolle beziehungsweise das Erleben und Verhalten des Menschen anspricht. Ein gezieltes pädagogisches Vorgehen soll gewährleisten, dass die Patienten Fehlhaltungen/-belastungen erkennen, ökonomische Haltungs- und Bewegungsmuster erlernen und nachhaltig in ihren Alltag integrieren. Zudem ist es ein Konzept, das den sinnvollen Gebrauch des Körpers aus dem dreidimensionalen spiraligen Aufbau des Körpers ableitet und damit die Bewegungskoordination des Menschen nachvollziehbar macht. Die Funktion und Struktur stehen in einer Wechselbeziehung, das heißt die Form der Körperstrukturen bestimmt die Art der Funktion, und die Funktion nimmt Einfluss auf die Ausbildung und Ausrichtung der anatomischen

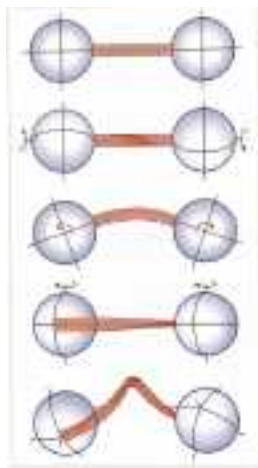


Abb. 26 Spiralprinzip im Sinne der Helix (Larsen, 2014)

Strukturen. Ziel ist es, die physiologische Haltung und Bewegung des Menschen erklärbar, erfahrbar und erlernbar zu machen. Das Konzept besteht aus vier Grundprinzipien: Polprinzip, Spiralprinzip, Aufrichteprinzip bzw. Gewölbeprinzip und Wellenprinzip. Zudem basiert es auf räumlichen und zeitlichen Bewegungsprinzipien und integriert ein pädagogisches Vorgehen. Das räumliche Bewegungsprinzip beschreibt den dreidimensionalen Bauplan der anatomischen Körperstrukturen. Daraus leitet Spiraldynamik® die dreidimensionale spiralige Verschraubung als maßgebliches Funktionsprinzip für gesunde und ökonomische Haltung und Bewegung ab. Natürliche Bewegungen, wie das Gehen, sind geprägt durch rhythmische Wechsel zwischen Stand- und Spielbeinphasen, durch alternierende Gegenrotation des Thorax zum Becken, durch Auf- und Abbau des Fußgewölbes und durch das rhythmische reaktive Armpendeln (Kölle & Bientzle, 2017).

Koordinationseinheit Fuß

1. Spiralprinzip: Das Fersenbein (Kalkendes) und der Vorfuß gelten als Pole.

Im Fuß werden das Gewölbe- und das Spiralprinzip miteinander koordiniert.

Das Spiralprinzip beschreibt eine gerichtete spiralige Verschraubung.

Der Kalkaneus wird durch folgende Bewegungen auf seine Standfläche zentriert:

- um die Longitudinalachse in eine Abduktion nach außen (Referenzpunkt: distales Ende Kalkaneus lateral)
- um die Sagittalachse nach unten und
- um die Transversalachse in Richtung Dorsalextension nach hinten rotiert.

Der Vorfuß bildet den Gegenpol und richtet sich horizontal zum Boden. Dabei liegen der Groß- und Kleinzehballen am Boden auf. Der Vorfuß dreht:

- um die Longitudinalachse in eine Abduktion —> ergibt mit dem Gegenpol Kalkaneus einen S-Bogen
- um die Sagittalachse in eine Pronation —> bildet mit dem Gegenpol Kalkaneus eine Torsion
- um die Transversalachse in Richtung Plantarflexion —> entsteht mit dem Gegenpol ein C-Bogen (Wippert, 2013).

Durch den M. tibialis posterior wird die Rückfuß-Supination und durch den Mm. Peronei die Vorfuß-Pronation muskulär geführt. Durch die spiralige Verschraubung wird das knöcherne Quergewölbe zwischen Cuboid und Cuneiforme I verkeilt. Dadurch entsteht eine ausgeglichene Verteilung des Druckes auf den gesamten Vorfuß und die fünf MTP-Gelenke können gleichmäßig belastet werden (Hayafune et al., 1999).

2. Gewölbeprinzip: Als Pole gelten die MTP-Köpfchen I und V. Durch das spiegelsymmetrische Einrollen (Opposition) von Metatarsale I und V entsteht das Gewölbeprinzip des Vorfußes. Diese Oppositionsbewegung entsteht durch die Rotation um die anterior-posteriore Achse der Mittelfussknochen I und V. Die initiale bipolare Organisation wird durch die intrinsische Vorfußmuskulatur gewährleistet. Der M. adductor hallucis caput obliquus und der M. opponens digiti minimi rollen dabei die Metatarsale I und V nach plantar ein. Mit der Unterstützung der M. adductor hallucis caput transversum wird

die Verspannung der funktionellen Quergewölbeaktivität beim Gehen dynamisiert. Das Quergewölbe wird durch die Mm. interossei dorsales et plantares bzw. Mm. lumbricales dynamisiert, sodass es federn kann (Larsen, 2014).

3. Wellenprinzip: Die zeitliche Organisation physiologischer Bewegung folgt aus Sicht der Spiraldynamik® dem Charakter einer Wellenbewegung. Dabei geht es um rhythmisch wechselnde spiralförmige Ver- und Entschraubung zwischen zwei Polen (Kölle & Bientzle, 2017).

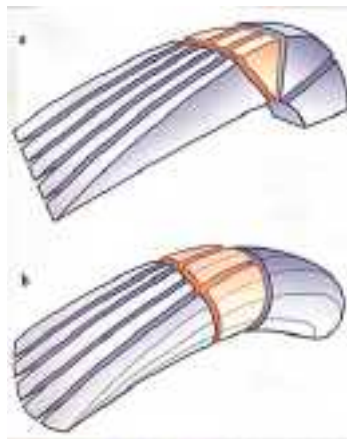


Abb. 27 a) Keilprinzip
b) Spiralprinzip (Larsen, 2014)

Dieses Konstruktionsprinzip ermöglicht eine optimale Druckverteilung auf die gesamte Bodenkontaktfläche. Bei einem normalen gesunden Fuß werden alle fünf Metatarsalköpfchen und alle fünf Zehen belastet (Larsen, 2014).

Jedes Konzept hat einen Ursprungspunkt, auf den ihre Theorien basieren: die objektiven anatomischen Gegebenheiten des menschlichen Körpers - nur in Perspektiven und Interpretationen differenzieren sie sich.

Die Spiraldynamik® unterscheidet sich häufig in dem Ausgangspunkt: die Grundlage wird aus der Übereinstimmung von übergeordneten Bewegungsprinzipien mit der funktionellen Bewegungsanatomie des Menschen gebildet.

Verbindlich für die Interpretation der menschlichen Anatomie sind die Koordinationsprinzipien von Raum, Zeit, Bewegung und Bewusstsein (Larsen, 1995).

3.5.2 Therapieprinzipien

Der Stundenaufbau erfolgt in pädagogisch begründbaren Therapieschritten und ermöglicht es Patient:innen eine neue Haltung oder Bewegung zu erlernen und zu integrieren. Die Therapieschritte setzen sich zusammen aus Motivation, Verständnis, Wahrnehmung, Voraussetzungen, Basisübungen, Variationen und Integration. Die Therapieschritte werden für ein besseres Verständnis aufeinander aufgebaut, überschneiden sich aber in der Regel oder gehen fließend ineinander über. Der Zyklus der Therapieschritte wiederholt sich auf einer immer höheren Lernstufe, was zu einer immer exakteren und variantenreicheren Bewegungsausführung führt. Am Anfang steht das Verständnis: Das am Modell Gelernte wird direkt auf den Körper übertragen, sodass der Patient die Auswirkungen der individuellen Haltung und Bewegung auf die Körperstrukturen und die Wechselwirkung von Funktion und Struktur wahrnehmen und verstehen kann. Anschließend folgt die Wahrnehmung: Dieser Therapieschritt beeinflusst die Funktionskreise „Bewegungssystem, Bewegungsentwicklung und -kontrolle“, sowie „Erleben und Verhalten“. Die Patienten lernen zu spüren, welche Haltung sie bevorzugen und welche Bewegung sie gerne nutzen oder eher vermeiden. Dieser Schritt kann genutzt werden, um die Selbstwirksamkeitsüberzeugung des Patienten zu stärken, dass sie durch die eigenen Fähigkeiten positiven Einfluss auf ihren Körper und die Krankheitsentwicklung nehmen können. Aufgrund mangelnder Aktivität oder Elastizität der Körperstrukturen werden in der Therapie strukturelle Voraussetzungen im Bindegewebe sowie in Muskeln, Bändern und Gelenken erarbeitet. Anfangs werden Basisübungen sehr langsam, konzentriert und möglichst regelmäßig mithilfe eines Eigenübungsprogramms trainiert. Dabei sollen einzelne Körperabschnitte dreidimensional bewegt werden, um dann die Bausteine zu einem globalen Ganzkörperbewegungsmuster zusammenzusetzen. Zusätzlich erfahren die Patienten die spezifische Wirkweise der Bewegung und erwerben somit über die Zeit die Kompetenz sich bei individuellen Problemen selbst zu helfen. Die regelmäßige Umsetzung der neu erlernten Bewegungsabläufe in individuelle Alltags-, Berufs- und Freizeitaktivitäten ist grundlegend für eine nachhaltige Veränderung der Bewegungsabläufe und damit auch für nachhaltige strukturelle Veränderungen. Durch zahlreiche Wiederholungen der koordinierten Bewegungsmuster im Alltag werden die Körperstrukturen in dreidimensionaler Richtung gefördert (Kölle & Bientzle, 2017).

Die mit dem Knicksenkfuß einhergehenden Fußschmerzen erfordern von einer sporttherapeutischen Intervention, dass die Patient:innen einen langfristigen Nutzen davontragen. Aus diesem Grund haben folgende Ziele Priorität in der Behandlung eines Knicksenkfußes (Larsen, 2014):

- Ursachen- und Risikoanalyse, z.B. chronische Fehlbelastung
- Optimierung der Globalfunktionen (globale Funktionsabläufe optimieren zur konkreten Umsetzung und in den Alltag)
- Know-how-Transfer in den Alltag
- Gezielte Rezidiv-Prophylaxe
- Eigenverantwortung fördern und fördern im Sinne von Verhaltensänderung und Selbstoptimierung.

Die Therapie des Knicksenkfußes setzt sich aus folgenden Prinzipien zusammen: strukturell, biophysikalisch, funktionell und koordinativ (Larsen, 2014).

Strukturelle Prinzipien

Das Ordnungsprinzip im Fuß muss gemäß des Konstruktionsprinzips wiederhergestellt werden und stellt somit die Grundlage für die funktionelle Fußtherapie eines Knicksenkfußes dar. Die Kernelemente der Behandlung sind dabei die Achsenkorrektur, Rotation, 3D-Mobilisierung, Krafttraining und Integration. Ein Knicksenkfuß entsteht durch die ungenügende Verschraubung. Das Reorganisationsprinzip besteht hier folglich aus der 3D-Torsion zwischen dem vertikalen Rückfuß und horizontalem Vorfuß. Dies beeinflusst die Verteilung der Mittelfußknochen und sorgt für die Gewölbestabilität bei einem Knicksenkfuß. Dies ist entscheidend für den Therapieerfolg. Priorität in der Therapie hat die Begradigung des Fundaments durch Mobilisation und Stabilisierung des Rückfußes und Mobilität im Mittelfuß und der Malleolengabel (Larsen, 2014).

Biophysikalische Prinzipien

Die Ferse stellt das Fundament der gesamten Beinachse dar und beeinflusst die korrekte Stellung des gesamten Skelettsystems und somit auch den Verlauf von Bändern und Muskeln. Diese sind besonders wichtig bezüglich der ökonomischen Fortbewegung. Können die Muskeln und Bänder Energie aufnehmen und bei der nachfolgenden Propulsion wieder abgeben, erfüllen sie ihre Aufgabe. Knickt die Ferse bei jedem Schritt nach innen, wird die Energierückge-

winnung reduziert und die Fortbewegung verliert an Ökonomie. Laut Larsen erfolgt „die orthograde Einstellung des Rückfußes dreidimensional“ (Larsen, 2014). Diese 3D-Einstellung des Rückfußes hat eine zentrale Bedeutung in der funktionellen Behandlung des Fußes (Larsen, 2014).

Funktionelle Prinzipien

Folgende funktionelle Prinzipien stellen die Basis für die Behandlung dar (Larsen, 2014):

- Mobilität: auf geraden Böden ist die Mobilität des MTP I und des oberen Sprunggelenks (OSG) gefragt, bei Unebenheit mehr das untere Sprunggelenk. Der Fuß gibt als Ganzes bei Belastung nach: die Ferse besteht aus durchkammerten Druckfettpolstern, der Mittelfuß macht Mikrobewegungen durch seine Gewölbekuppel und der Vorfuß dämpft den Stoß exzentrisch durch die Ballenmuskulatur. Eine Verbesserung des Bewegungsumfanges von OSG und MTP I, Elastizität im Mittelfuß und die Wiederherstellung des funktionellen Vorfußquergewölbes, beschreibt somit das Ziel der Fußtherapie. Die anschließend gewonnene Beweglichkeit gilt es dann auf alltägliche Bewegungsabläufe zu transferieren.
- Stabilität: Ohne notwendige Stabilität kann der Fuß die Funktion als starren Hebel beim Stehen und Abrollen nicht wahrnehmen.
- Krafttraining: Die intrinsische Fußmuskulatur ist - wie unter dem Punkt 2.4 Training der Fußmuskulatur genauer erläutert - nicht nur für das Fußgewölbe, sondern für den gesamten Bewegungsapparat von besonderer Bedeutung.
- Tonusregulation: Durch Mobilisation gezielte Detonisierung chronisch verkürzter Muskelgruppen.

Koordinative Prinzipien

Die Perzeption, das Gleichgewicht, der Rhythmus und die Autonomie sind unter den koordinativen Prinzipien einzuordnen.

Bei der Perzeption handelt es sich um die Wahrnehmungsschulung. Die Perzeption der Füße beginnt mit der Wahrnehmung der Bodenkontaktfläche und einfacher Gewichtsverlagerung. Danach geht es weiter mit der differenzierten Beweglichkeit, Achsenstabilität, Stoßdämpfung, muskulärer Propulsion, Schrittrhythmus, dynamisches Gleichgewicht, etc. (Larsen, 2014). Die Wahrnehmungsschulung folgt einem vielstufigen Schema (Larsen, 1995):

1. Wahrnehmungspotenzial: Auseinandersetzung mit den blinden Flecken,
2. Um-/Anlernphase,
3. repetitives Üben und
4. Integration ins selbstverständliche Bewegungsrepertoire.

Das Gleichgewicht beschreibt die stabile Raumlage im äußeren Bezugssystem und funktionelle Balance im Inneren. Das Training beinhaltet eine gezielte Schwerpunktskontrolle von Rumpf und Extremitäten.

Der Kern der Gangschule liegt in der Gangqualität. Dabei geht es um eine optimale Belastungsverteilung einen hohen Wirkungsgrad. Subjektiv und objektiv kann dies durch drei Größen bestimmt werden: Gleichgewicht, Rhythmus und Ökonomie - wissenschaftliche Größen dafür sind: Winkel, Frequenzen und Energie. Die Belastungskräfte werden durch die Aufprallenergie des Fußes am Boden und der Ökonomiefaktor durch das Maß an Energieerhaltung und Energierückgewinnung in Fuß und Bein bestimmt.

Das Konzept baut darauf auf die Eigenverantwortung zu fordern und zu fördern (Autonomie). Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie ist die Bereitschaft zur Eigenständigkeit (Larsen, 2014)

3.5.3 Auswahl therapeutischer Übungen bei dem Knicksenkfuß

Das Anforderungsprofil an die Füße beinhaltet eine stabile Standfläche, elastische Stoßdämpfung und kraftvolles Abstoßen. Damit dies ermöglicht werden kann, ist der Fuß wie eine Helix aufgebaut. Die Fußtherapie beginnt im Kopf. Eine wiederkehrende ungleichmäßige Belastung, hat den Verlust des Potenzials der Bewegungsvielfalt zur Folge. Denn wiederholte falsche Bewegungsmuster manifestieren eine muskuläre Dysbalance, wodurch die Ansteuerung und bewusste Rekrutierung reduziert wird.

Therapeutische Methodik:

1. Wahrnehmungsschulung verloren gegangene Bewegungsmöglichkeiten -> aktive Mobilisation reaktiver Bewegungsrichtungen
2. Neu gewonnenen Bewegungsumfang funktionell üben -> in Situationen umsetzen, in der der Bewegungsumfang später nutzbar sein muss
3. Kraftvolles Üben in der Funktion im Vordergrund -> Integration in den individuellen Alltag gewährleisten (Wippert, 2013).

Wahrnehmung

Durch die Wahrnehmungsschulung wird die Entwicklung eines neuen Bewusstseins für die Druckverteilung im Fuß, die optimale Fersenbeinstellung, die aktive Vorfuß-Pronation und Rückfuß-Supination, das Wahrnehmen der vollständigen Beinstreckung, das Erleben des funktionellen Zusammenhangs zwischen dem Großzehengrund- und dem Hüftgelenk beziehungsweise das Wirken verschiedener Gangarten auf das Großzehengrundgelenk angestrebt.



Abb. 28 Druckverteilung im Fuß (Larsen, 2014)

- a) Veränderung der Druckverteilung durch Pendelbewegung des Körpers in verschiedene Richtungen
- b) Hauptbelastungszonen, Auflageflächen und Spannungszustände der Zehen erspüren



Abb. 29 Fersenbeinstellung: Fersen-Lot
(Larsen, 2014)



Abb. 30 Erleben des funktionellen Zusammenhangs zwischen der Großzehe und dem Hüftgelenk (Larsen, 2014)



Abb. 31 Psoas-Relax zur vollständigen Beinstreckung (Larsen, 2014)



Abb. 32 Wirken von Gangarten auf das Großzehengrundgelenk:
Spurtreue (Larsen, 2014)

Funktionelle Mobilisation des Fußes

Die spiraleige Verschraubung ist die Grundlage für ein funktionelles Längsgewölbe bei einem normalen gesunden Fuß. Ein Knicksenkfuß besitzt eine ungenügende Verschraubung, wodurch er zu Beginn mobilisiert werden muss. Dadurch verbessert sich der Bewegungsumfang des OSG und MTP I, wird die Elastizität im Mittelfuß gesteigert und das funktionelle Vorfußquergewölbe wiederhergestellt. Dabei findet die konzentrische 3D-Mobilisation „Fußspirale“ und „C-Bogen“ als Automobilisation ihre Verwendung.

Der Mobilitätszuwachs muss allerdings im Therapieverlauf in die alltäglichen Bewegungsabläufe integriert werden, da er sonst wieder verloren geht.



Abb. 33 3D-Mobilisation Fußspirale
konzentrisch (Larsen, 2014)



Abb. 34 3D-Mobilisation
C-Bogen (Larsen, 2014)

Innervation

Bei der Innervation sollen besonders die intrinsischen Ballenmuskeln aktiviert und die Koordination von dem Quer- und Längsgewölbe wiederhergestellt werden.



Abb. 35 3D-Kräftigung Zehenraupen (Larsen, 2014).

Funktionelle Kräftigung und Stabilisation des Fußes

Der Rückfuß ist für eine orthograde Belastung konzipiert, wodurch der Kraftvektor lotrecht durch den Kalkaneus verläuft. Daher ist die Aufrichtung des Fersenbeins von größter Bedeutung. Anfangs wird dies durch Wahrnehmungsübungen im Liegen und im Stehen, später als Stabilitätsübung im Zweibein- und Einbeinstand, wie im Flamingo (Abb. 36), Fußschraube (Abb. 37) und Sumo (Abb. 38), geübt.



Abb. 36 3D-Stabilisation Flamingo (Larsen, 2014)



Abb. 37 3D-Stabilisation Fußschraube (Larsen, 2014)



Abb. 38 3D-Stabilisation Sumo (Larsen, 2014)

Die Fersenkorrektur sollte dabei immer mit einer Korrektur der Tibiatorsion (Abb. 39) in Abhängigkeit der Kniegelenksstellung einhergehen. Die tibiale Muskulatur und die pelvitrochantären Außenrotatoren (Abb. 40 Außenrotatorenttraining) sind funktionelle Synergisten.



Abb. 39 Rotationsstabilität im Flamingo (Larsen et. al, 2019)



Abb. 40 Außenrotatorenttraining (Larsen. 2014)

Bei einer Schwäche besonders des Mm. tibiales posterior und Mm. Peroneus longus kann das Fersenbein nicht ausreichend für die Standbeinphase stabilisiert werden. Folglich können diese durch die Übung „Turmspringer“ (Abb. 41) gekräftigt werden.



Abb. 41 Turmspringer: Kräftigung der Mm. tibiales und Mm. peronei (Larsen, 2014)

Durch den Einsatz eines Therabandes kann die Vorfußpronation und die Aufrichtung des Längsgewölbes, die beim orthograden Stand und späterem Abrollvorgang benötigt wird, trainiert werden (Abb. 42)



Abb. 42 Aktive Vorfußpronation gegen den Widerstand des Therabandes (Larsen et al., 2019)

Da oftmals das Quergewölbe bei einem Knicksenkfuß verloren geht, werden die Zehengrundgelenke überstreckt, erfährt die Fußsohle eine Druckbelastung und der Propulsionsimpuls beim Abdruck kann nicht mehr stattfinden.



Abb. 43 Zehenraupen (Larsen, 2019)

Funktionelles Training und Integration

Die neuerlernten Bewegungsabläufe sollten nun systematisch in den individuellen Alltag und in alltägliche Bewegungsabläufe, wie das Gehen oder Treppensteigen, integriert werden. Zu Beginn steht die Stabilisierung des Rückfußes in der Standbeinphase im Vordergrund. Nach und nach wird das Abrollen von der Ferse bis zum Vorfuß im Zeitlupengehen geübt. Bei einem normalen gesunden Fuß werden alle fünf Metatarsalköpfchen und alle fünf Zehen belastet. Allerdings übernimmt die Großzehe ein Fünftel der Last beim Abrollen. Der Fuß verschraubt sich durch die Supination der Ferse und der Pronation des Vorfußes (Larsen, 2014).



Abb. 44 Aktivierung des Vorfußimpulses beim Gehen - Sternensammler/Spurenleger (Larsen. 2019)



Abb. 45 Zeitlupengehen: vom weichen Fersenaufsatz über das orthograde Abrollen bis zum Vorfußimpuls (Larsen, 2019)



Abb. 46 Beckendynamik auf der Treppe (Larsen, 2014)

Zusätzliche Übungen bei einem Knicksenkfuß

Wie bereits erwähnt kann ein Knicksenkfuß eine aufsteigende Verkettung zur Folge haben. Dadurch können Rotations- oder Extensionsdefizite im Hüftgelenk auftreten. Aber auch in umgekehrter Verkettung von proximal nach distal ist eine Entstehung des Knickfußes möglich. Eine unvollständige Hüftstreckung führt zu einer vorzeitigen Fersenablösung und somit zu einer Verkleinerung der funktionellen Bodenkontaktfläche und zu einer Verlängerung der Vorfußbelastung. Eine Insuffizienz der pelvitrochantären Hüftaußenrotatoren führt dagegen zu einer Innenrotationsfehlstellung der gesamten Beinachse, was wiederum eine Knickfußentwicklung verstärken kann. Die Drehrichtungen im Bein sind anatomisch angeordnet. Bei einer Knieflexion entsteht eine Femuraußenrotation und Tibiainnenrotation. Eine Umkehr der Drehrichtung erhöht das Risiko für

chronische Verletzungen. Aus diesem Grund wurden in dieser Pilotstudie Übungen für die Rotationsstabilität und Hüftaußenrotatoren in das Programm aufgenommen.

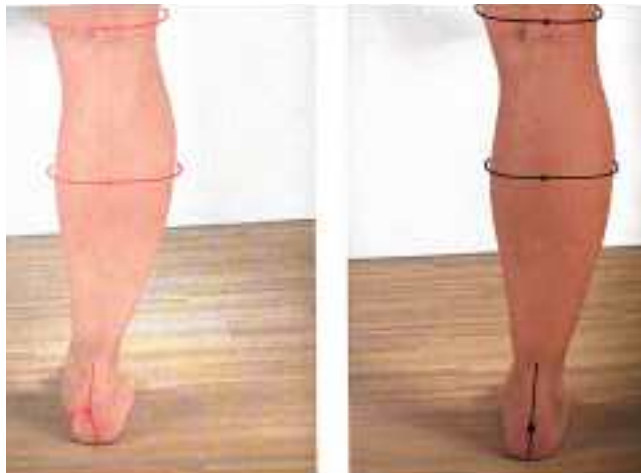


Abb. 47 Rotationsstabilität Beinachse im Einbeinstand (Larsen, 2014)

Auch die Beckenbewegung hat einen distalen Einfluss auf den Fuß. Die höchste Belastung der gesamten Beinachse findet in der späten Standbeinphase statt. Die 3D-Bewegung des Beckens äußert sich in einem funktionellen Beckenschiefstand zur Standbeinseite und Aufrichtung im Sinne einer tendenziellen LWS-Entlordosierung. Der Körperschwerpunkt bewegt sich in der Verlängerung der abstoßenden Beinkraft. Der Hauptmuskel ist dabei die Glutealmuskulatur. Ist dieser in seiner Funktion gestört oder insuffizient tritt ein Trendelenburg-Hinken auf. Das Becken kann allerdings auch mit einer kompensatorischen LWS-Lordose bei einem Hüftstreckdefizit reagieren. Gesunde Füße sind folglich auf funktionelle Beckenbewegungen und einen aktiven Beckenboden angewiesen.



Abb. 48 Beckenbewegung „Longissimo“ (Larsen & Miescher, 2020)

4 Methodik

In dem folgenden Kapitel wird die Methodik der experimentellen Pilotstudie und die Ein- und Ausschlusskriterien dargestellt. Anschließend wird die Methodik vorgestellt.

4.1 Studiendesign

Bei dieser Studie handelt es sich um eine randomisierte kontrollierte Pilotstudie, die von August bis November 2022 im Rehazentrum Uschi Martin in Bad Kötzing durchgeführt wurde. Aus ethischen Gründen wurden die Patient:innen randomisiert in eine Interventions- und in eine Wartekontrollgruppe aufgeteilt. Die Interventionsgruppe startete mit dem Konzept der Spiraldynamik®, während der anderen Gruppe einmal pro Woche ein Newsletter mit Informationen über das Konzept Spiraldynamik® und einer „short foot exercise“ mit Progression zugeschickt wurde. Nach dem Zeitraum von fünf Wochen wurden die Interventionen der Gruppen getauscht.

4.2 Studienablauf

Die Teilnehmer wurden zum einen über das Rehazentrum Uschi Martin und zum anderen über einen Aufruf im Internet rekrutiert. Die Population umfasste zu Beginn 24 Proband:innen (15 Frauen, 9 Männer) mit einem ärztlich diagnostizierten Knicksenkfuß, von denen 20 letztendlich in die finale Auswertung eingeschlossen wurden. In der klinischen Untersuchung (t0) wurden nach Ausfüllen der Einverständniserklärung unter anderem folgende Untersuchungen durchgeführt, die anschließend ausgewertet wurden:

- Navicular-Drop Test
- Rückfußwinkel
- Visuelle Analogskala
- Ganganalyse mit inkludierter Druckmessplatte
- Fragebogen.

Es erfolgte die Durchführung der Spiraldynamik®-Therapie mit der Interventionsgruppe (45 Minuten, zweimal pro Woche, 9 Einheiten, fünf Wochen lang), während die Wartekontrollgruppe ein Heimprogramm absolvierte. Nach den fünf Wochen wurden beide Gruppen vor dem Wechsel ein zweites Mal untersucht (t1). Nachdem die Wartekontrollgruppe ebenfalls fünf Wochen lang die

Spiraldynamik®-Therapie durchlief, wurden beide Gruppe ein drittes Mal getestet (t2). Zusätzlich wurde bei der letzten Untersuchung ein Fragebogen mit Fragen zum Thema Sporthäufigkeit, das Tragen von Einlagen, Trainingshäufigkeit der Heimübungen und das subjektive Empfinden bezüglich körperlicher Veränderungen ausgefüllt.

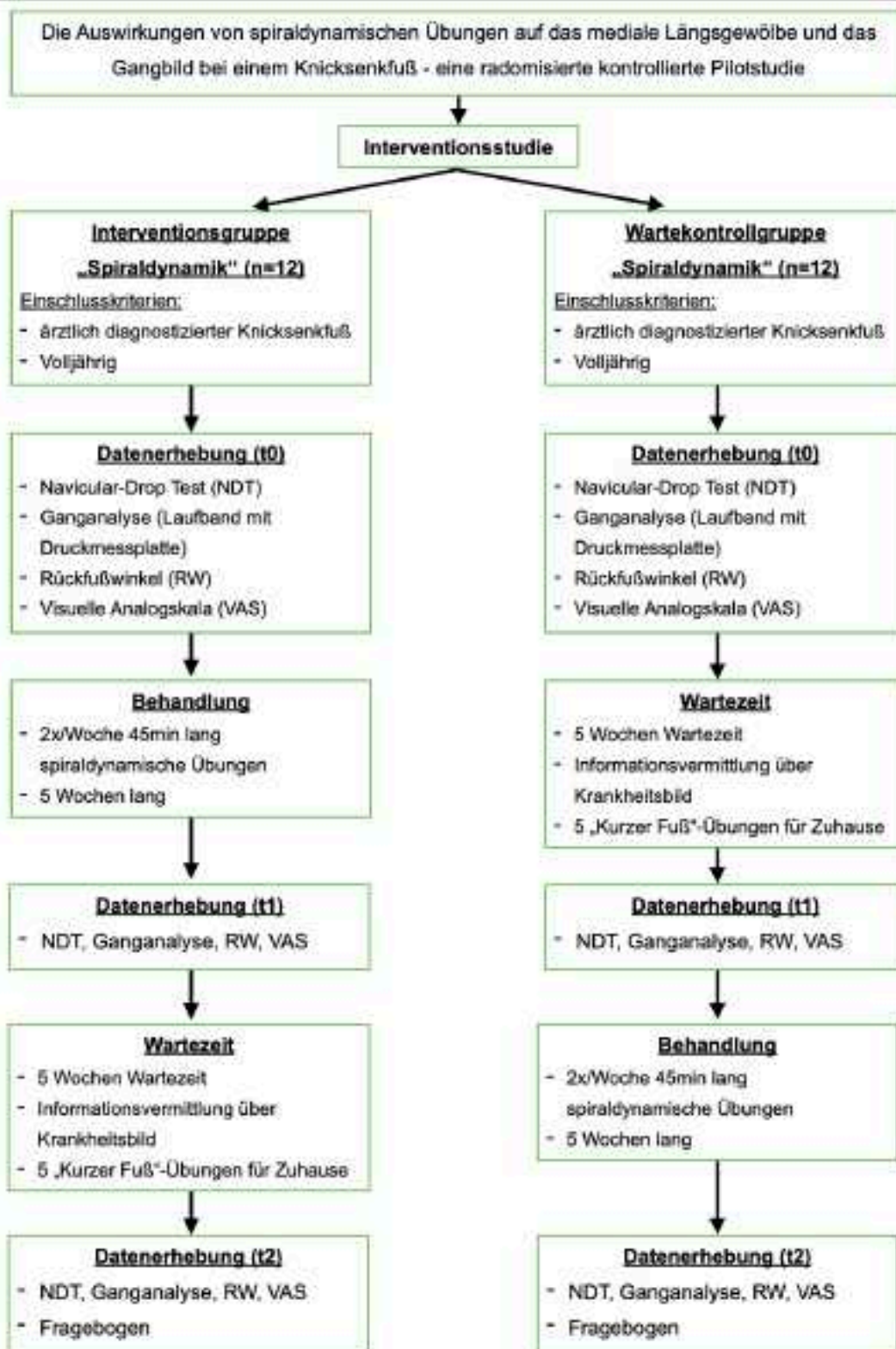


Abb. 49 Übersicht Studienablauf (Quelle: Eigene Darstellung)

4.3 Ein und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien

In der Studie wurden Patient:innen mit der Hauptdiagnose Knicksenkfuß (ICD: M21.61) (einseitig/beidseitig) eingeschlossen.

Weitere Einschlusskriterien waren die Volljährigkeit und das Ausfüllen der Einverständniserklärung.

Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden Patient:innen mit akuten Entzündungen, Tumoren, rheumatoider Arthritis, rigider Knicksenk- oder Knickplattfuß, Pes varus, persistierendes Übergewicht oder massive Beinachsenabweichungen wie X-Beine/O-Beine.

4.4 Drop-out-Kriterien

Patient:innen, die folgende Drop-out-Kriterien erfüllten, schieden während der Intervention aus oder wurden nicht in die Auswertung eingeschlossen:

- Abbruch der Therapie aufgrund von z.B. Zeitgründen

4.5 Einverständniserklärung

Über die Weiterverwendung personenbezogener Daten und deren Auswertung wurde der/die Patient/in im Rahmen des ersten Messtags von der Leiterin der Studie informiert. Darin wurde vor allem über die Nebenwirkungen aufgeklärt, denn die Risiken unerwünschter Ereignisse können durch eine Bewegungstherapie erhöht werden. Nicht schwerwiegende Ereignisse, wie Schmerzen, Müdigkeit, Rückenschmerzen und Ödeme, sind in der Einverständniserklärung aufgelistet. Die Bewegungstherapie kann allerdings als relativ sichere Intervention empfohlen werden (Niemeijer et al., 2020). Zudem unterschrieben die Patient:innen für den Umgang mit den Daten (siehe Anhang Teil II).

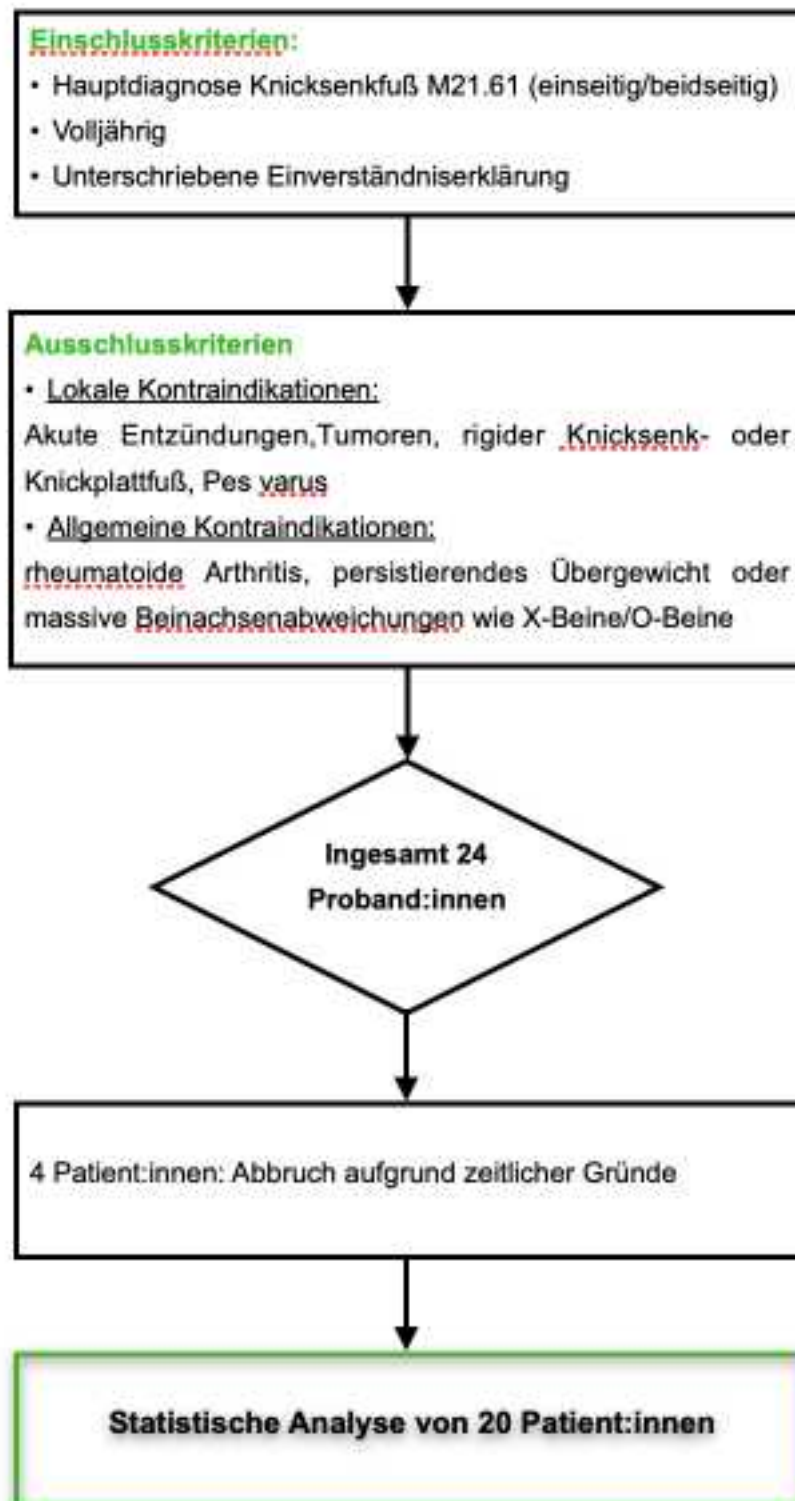


Abb. 50 FLOW-Diagramm (Quelle: eigene Darstellung)

4.6 Outcome-Parameter

4.6.1 Navicular-Drop-Test

Die Probanden stehen zu Beginn in einer leichten Schrittstellung. Der linke Fuß wurde immer zuerst gemessen, wodurch dieser vorne stand. Somit wurde das Gewicht auf das rechte Bein verlagert. Der entlastete linke Fuß befand sich in der neutralen Position des subtalaren Gelenks. Der prominenteste Teil des Tuberculi naviculare wurde markiert, der Abstand zwischen Markierung und Boden mithilfe eines Lineals gemessen und das Ergebnis dokumentiert. Anschließend wird der zu messende Fuß (hier: links) belastet und die Auslenkung des Os naviculare wiederholt in der Sagittalebene gemessen. Anschließend werden die Ergebnisse miteinander verglichen.

Tab. 3 NDT-Werte zusammengefasst (Quelle: eigene Darstellung)

NDT-Werte	
Neutraler Fuß 3,6 - 9 mm	pronierter Fuß > 10 mm

4.6.2 Rückfußwinkel

Bevor der Rückfußwinkel gemessen werden kann, wird eine Linie entlang der Mitte des Kalkaneus und Unterschenkel eingezeichnet. Mit Hilfe eines Goniometers wird anschließend der Winkel zwischen der Kalkaneusachse und Unterschenkelachse im Zweibeinstand unter Belastung gemessen. Mit der Messung wurde wieder mit dem linken Fuß begonnen. Ziel ist ein Winkel von 0°, dabei ist die Ferse und auch die Beinachse im Lot. Ein Knickfuß wird bei einem Winkel von 5 -10° diagnostiziert (Larsen, 2014).

4.6.3 Ganganalyse

Die Ganganalyse wurde in der durchgeführten Pilotstudie mit Hilfe eines h/p/cosmos Laufbands, einer Kamera derselben Firma und einem Programm namens zebris durchgeführt. Das Laufband hat eine Druckmessplatte integriert, die mit kleinen Kraftsensoren versehen ist und somit die Druckbelastung während des Gehens messen kann. Die Geschwindigkeit des Laufbands kann von

0,2 bis 18km/h eingestellt und die Intervalle können entweder fein oder in großen Abschnitten dosiert werden. Sobald die Platte mit den Füßen berührt wird, nehmen die Sensoren die Reaktivkraft mit 120 Hz wahr. Durch die hohe Dichte an Sensoren kann eine hohe Auflösung bei kleinsten Veränderungen des Kraftverteilungen zwischen Fuß und Untergrund gewährleistet werden. Das Programm zeigt anschließend Kraftsignale an und bietet 2D/3D-Graphiken von raumzeitlichen Parametern mit einer Analyse von Belastungsschwerpunkten (COP = center of pressure) während der ausgewählten Stand- und Gangphase (Quantifying Gait Impairment Using an Instrumented Treadmill in People with Multiple Sclerosis, 2013). Aufgrund der Datenmengen wurden beim COP-Verlauf die Parameter Ganglinie in mm, die anteriore/posteriore Position und die seitliche Verlagerung zur Auswertung und Interpretation des Abrollmechanismus und posturalen Stabilität verwendet. Aus dem erstellten Report wurden zudem die Parameter Fußrotation und Schrittlänge, Ganglinie zur statistischen Auswertung entnommen. Die Proband:innen gingen freihändig auf dem Laufband in ihrer eigens gewählten Schrittgeschwindigkeit in einer eindimensionalen Ebene. Diese Geschwindigkeit blieb für die jeweilige Person über die drei Messzeitpunkte hinweg gleich. Bei jeder Messung gingen sich die Teilnehmer:innen für fünf Minuten ein. Anschließend wurde 30 Sekunden lang der Gang durch die Kamera und Druckmessplatte aufgezeichnet und ein Report durch das Programm erstellt.

4.6.4 Visuelle Analogskala (VAS)

Direkt nach der Ganganalyse wurden die Probanden nach dem subjektiven Schmerzempfinden abgefragt, das sie anhand der VAS von einer Skala 0 (= kein Schmerz) bis 10 (= schlimmster vorstellbarer Schmerz) einordneten.

4.6.6 Fragebogen

Nach Abschluss der Studie und der dritten Messung erhielten die Probanden einen Fragebogen, der aus 10 Fragen besteht (siehe Anhang Teil III). Die Auswertung des Fragebogens dient nur zur Populationsbeschreibung und zur deskriptiven Darstellung einiger Informationen, wie das Tragen von Einlagen, Trainingshäufigkeit, Durchführung der Übungen, verändertes subjektives Empfinden, usw. Die Auswertung wird in die Interpretation der Ergebnisse einfließen bzw. einen Einblick in das subjektive Empfinden der Teilnehmer liefern.

4.7 Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mit R (R Core Team, Wien, Österreich) unter Verwendung von RStudio Version 2022.7.2.576 (Posit PBC, Boston, USA) durchgeführt. Um die allgemeinen Eigenschaften der Teilnehmer zu analysieren, wurden deskriptive Statistiken für Mittelwerte und Standardabweichungen verwendet. Die Normalverteilung wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test bewertet. Die Homogenität der Varianzannahme der Zwischensubjektvariablen (Gruppe) wurde zu jedem Zeitpunkt mit dem Levene-Test überprüft. Die Homogenität der Kovarianzen der Zwischensubjektvariablen (Gruppe) wurde mit dem Box-M-Test bewertet. Die Annahme der Sphärizität wurde mit dem Mauchly-Test bewertet. Die Greenhouse-Geisser-Anpassung wurde verwendet, um Verletzungen der Sphärizität auszugleichen. Die zweifache ANOVA mit einem Hauptfaktor als Variable zwischen den Subjekten (Gruppe 1 und Gruppe 2) und dem anderen Hauptfaktor als Variable innerhalb der Subjekte (Baseline und nach 5 Wochen) wurde verwendet, um die Signifikanz der Unterschiede zu bestimmen. Im Falle einer signifikanten wechselseitigen Interaktion wurde ein Post-Hoc-Test durchgeführt, um zu testen, welche der Gruppen sich unterscheiden, und das Signifikanzniveau wurde mit der Bonferroni-Korrektur angepasst. Im Falle einer nicht signifikanten wechselseitigen Wechselwirkung wurden gepaarte t-Tests für Zeit und Gruppe durchgeführt und die p-Werte unter Verwendung der Mehrfachtest-Korrekturmethode von Bonferroni angepasst. Letztendlich wurden 20 Proband:innen in die Auswertung genommen und die Differenz der beiden Gruppen zwischen t0 und t1 berechnet. Aufgrund der hohen Drop-Quote der Gruppe 2 wurde die Auswertung von t2 ausgelassen.

Die Ergebnisse wurden auf die Annahmen der ANOVA geprüft:

- ✓ Keine extremen Ausreißer
- ✓ Normalverteilung
- ✓ Homogenität der Varianzen
- ✓ Homogenität der Kovarianzen
- ✓ Sphärizität

4.8 Intervention

Wie unter dem Punkt „4.2 Studienablauf“ in der Abbildung 49 beschrieben ist, existieren zwei Gruppen. Die „Gruppe 1“ bildet die Interventionsgruppe, die mit dem Konzept der Spiraldynamik® startete. Bereits unter „3.5.3 Auswahl therapeutischer Übungen bei einem Knicksenkfuß“ wird der Ablauf der Therapie mit seinen Übungen und Hintergründen vorgestellt. Die Behandlung beginnt in der Stunde 1, 2, 3, 5 und 7 mit einem Theorieteil mit den Inhalten Konzeptprinzipien, Fußanatomie, Pathomechanik, Muskulatur Fußlängsgewölbe, Muskulatur Vorfuß, Beinspirale und Aufrichtung der Wirbelsäule und Beckenstellung. Am Ende jeder Stunde bekamen die Proband:innen eine Heimübung mit nach Hause, die sie täglich üben sollten. Folgende Heimübungen wurden im Verlauf der Studie aufgegeben:

1. jeden Abend an der Bettkante 1-2min/Fuß Fußspirale
2. beim Zähneputzen aktive Fußverschraubung beidseits 2 min
3. 1 min Zehenraupen am Morgen an Bettkante
4. Integration aller 3 bisherigen Aufgaben von Stunde 1-3 in den Alltag
5. Flamingo 30 bis 60 sec./Bein beim Zähneputzen
6. Spurtreue: 100m Gehstrecke, die in der Stunde individuell ausgemacht wird
7. Homo erectus bei einer Alltagsaktivität im Stehen
8. Beckentreppe 1 min/Bein an einer Stufe
9. Alle bisherigen Aufgaben in den Alltag integrieren - Zeitlupengang

Der genaue Stundenablauf mit seinen Übungsbeschreibungen, Pausen und Intensitäten, ist im Anhang unter Teil I zu finden.

Bei Übungen mit einem Theraband, wurde fünf Wochen lang immer ein rotes Theraband verwendet.

Die „Gruppe 2“ stellte die Wartekontrollgruppe dar, die in den ersten 5 Wochen über einen Newsletter wöchentlich Informationen über das Therapiekonzept Spiraldynamik® und „Kurzer Fuß“-Übungen erhielten.

Die Übungen stammen aus der Studie „Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation“ von Pabón-Carrasco et al. Diese Übungen wurden progressiv vom Sitzen ins Gehen aufgebaut und pro Tag für jeweils 5 x 30 Sekunden von den Probanden ausgeführt. Der Inhalt des Newsletters, sowie die Darstellung der Übung, ist im Anhang unter Teil IV zu finden.

5 Ergebnisse

Das nachfolgende Kapitel stellt die Ergebnisse der statistischen Auswertung dar.

5.1 Deskriptive Beschreibung der erhobenen Daten

Populationsbeschreibung

Es erfüllten 24 Personen die Einschlusskriterien (weiblich: 15, männlich: 9). Am Ende wurden die Daten von 20 Teilnehmer:innen ausgewertet (weiblich: 12, männlich: 8). Das Patientenkollektiv ist aufgrund der hohen Anzahl an weiblichen Proband:innen heterogen. Der Altersdurchschnitt lag bei 45 Jahren, wobei das Altersminimum 18 Jahre und das Altersmaximum 62 Jahre betrug.

Sporthäufigkeit

Zudem wurde die Sporthäufigkeit während der Intervention mittels Fragebogen erfasst (Abb. 51). Die Ergebnisse zeigen, dass vier Personen ein - bis zweimal pro Woche Sport betreiben. Über 40% der Teilnehmer:innen waren drei- bis viermal pro Woche moderat aktiv.

Einlegesohlen

Vor Beginn der Intervention trugen 62% der Teilnehmer:innen Einlegesohlen. Abb. 52 zeigt die Verteilung, wie oft in der Woche diese während der Intervention getragen worden sind. Nach Angaben der Patient:innen veränderte sich dies bis zum Zeitpunkt nach der Intervention. Zu Beginn trugen 70% täglich ihre Einlagen und reduzierte sich um 20%. Zudem trugen nach der Intervention 20% keine Einlagen mehr (siehe Abb. 52).

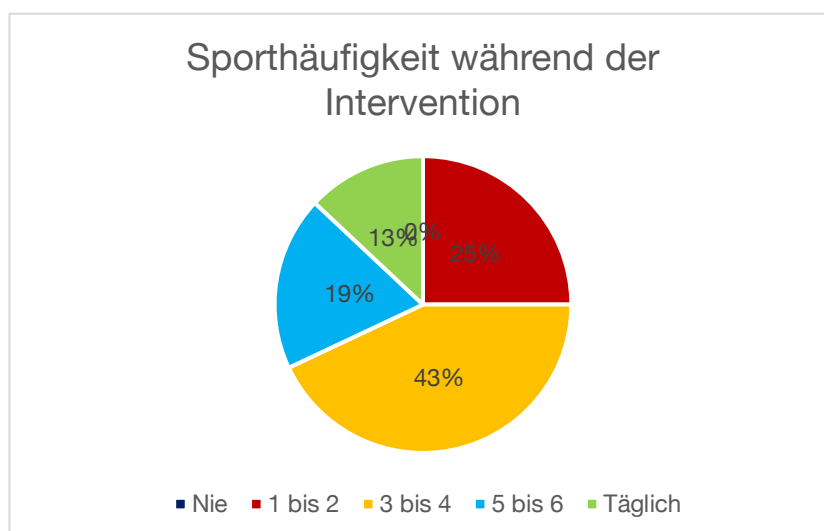


Abb. 51 Sporthäufigkeit während der Intervention

Legende: grün = vor der Intervention; rot = nach der Intervention

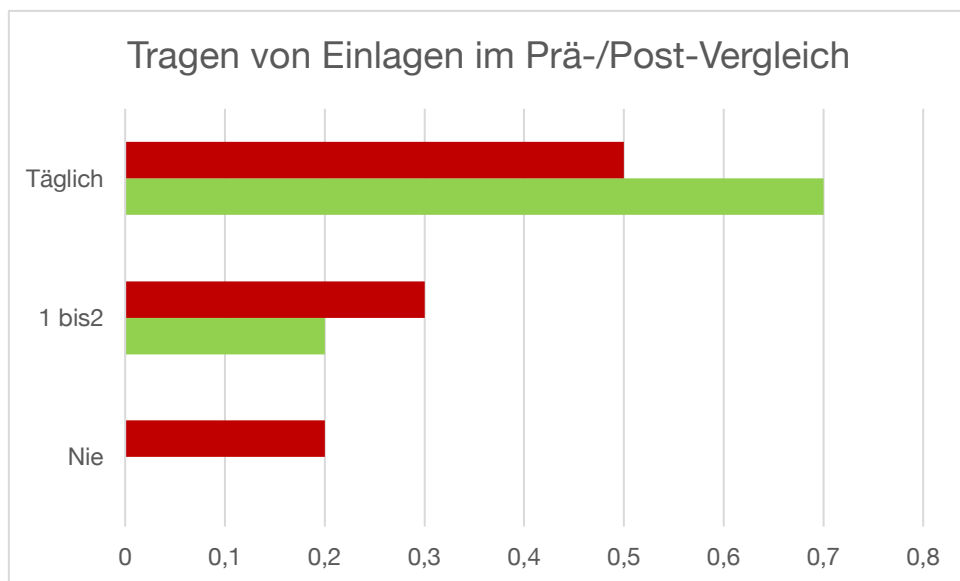


Abb. 52 Tragen von Einlagen im Prä-/Post-Vergleich

5. 2 Statistische Analyse der primären und sekundären Outcome-Parameter

Die Post-Interventions-Analyse zeigt die Ergebnisse für den Navicular-Drop Test, den Rückfußwinkel, die Schrittlänge, den dynamischen Fußrotationswinkel, die Ganglinie, die anterior/posterior Position und die seitliche Verlagerung für den rechten und linken Fuß und die VAS-Werte beider Gruppen nach der Interventionsdauer von fünf Wochen (Spiraldynamik®-Konzept für die Interventionsgruppe und „Kurzer Fuß“-Übungen für die Wartekontrollgruppe). Darüber hinaus wurden die Daten vor und nach der Intervention verglichen. Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse des ANOVA-Gruppenunterschiedes zu den primären und sekundären Outcomes.

Primärer Outcome

H₀_1: Veränderungen des Navicular-Drops und Rückfußwinkels

Die Analyse der Daten zeigt statistisch signifikante Unterschiede beider Gruppen bezüglich des Navicular-Drop-Tests und des Rückfußwinkels nach Anwendung der Spiraldynamik®-Intervention. Es zeigen sich signifikante Zeiteffekte des Navicular-Drop-Tests und des Rückfußwinkels (nd_links: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.001$, nd_rechts: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.345$; rw_links: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.232$, rw_rechts: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.347$). Durch eine weitere Überprüfung mit dem gepaarten t-Test konnte der signifikante Einfluss des Haupteffektes Zeit für beide Parameter bestätigt werden ($p < 0.001$).

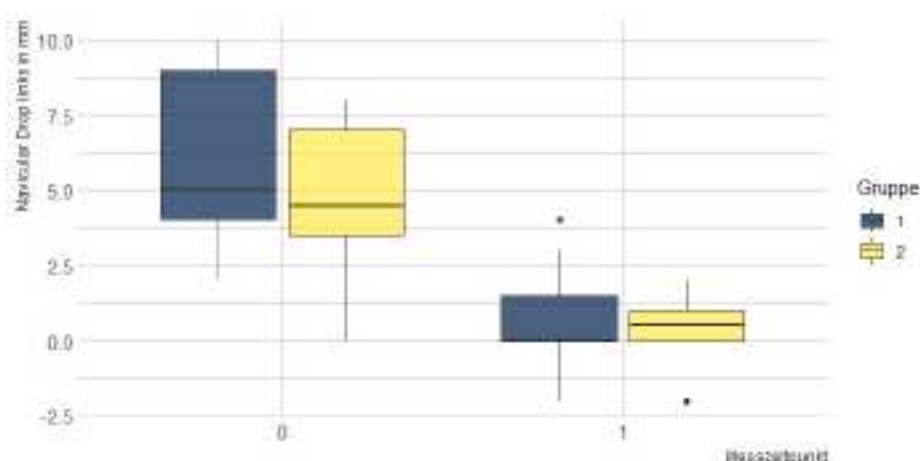


Abb. 53 Prä-/Post-Vergleich Navicular-Drop links zwischen den beiden Gruppen

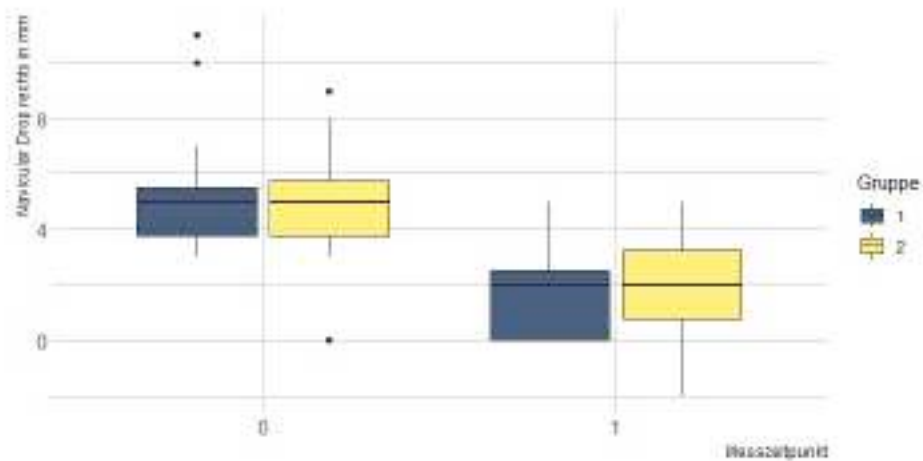


Abb. 54 Prä-/Post-Vergleich Navicular-Drop rechts zwischen den beiden Gruppen

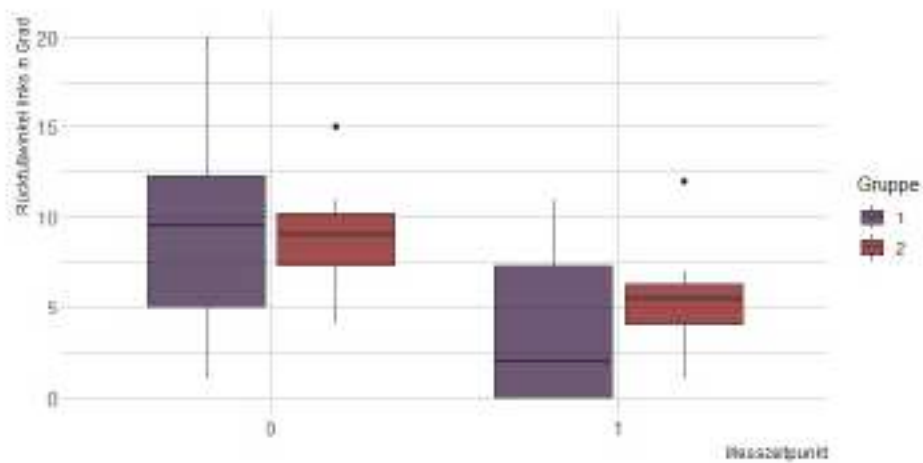


Abb. 55 Prä-/Post-Vergleich Rückfußwinkel links zwischen den beiden Gruppen

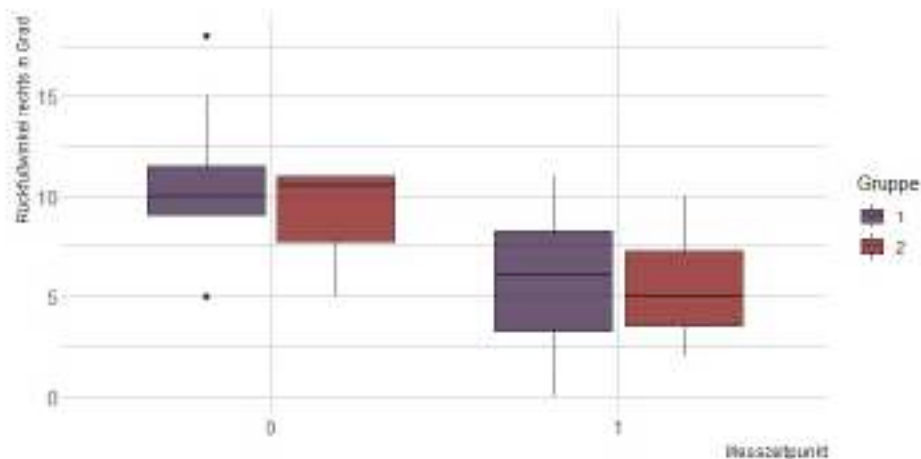


Abb. 56 Prä-/Post-Vergleich Rückfußwinkel rechts zwischen den beiden Gruppen

Sekundärer Outcome

H_{0_2}: Veränderungen des Gangbildes bezüglich der Schrittlänge, des dynamischen Fußrotationswinkels und des COP-Verlaufs

Die Ergebnisse zeigen Trends für Interventionseffekte auf die Veränderungen des Gangbildes. Der dynamische Fußrotationswinkel und die Ganglinie zeigen auf beiden Seiten signifikante Interaktionseffekte (rotation_links: $p < 0.049$, $\eta^2_G = 0.01$, rotation_rechts: $p < 0.006$, $\eta^2_G = 0.022$). Unter Verwendung gepaarter t-Test-Vergleiche ist ersichtlich, dass der dynamische Fußrotationswinkel rechts für Gruppe 1 zwischen t0 und t1 statistisch signifikant ist ($p = 0.002$). Der paarweise Vergleich von t0 vs. t1 für Gruppe 2 war statistisch nicht signifikant. Allerdings zeigten sich keine signifikanten Interventionseffekte auf die Schrittlänge, anterior/posterior Position (ant./post.) und seitlicher Verlagerung zwischen den beiden Gruppen. Wie auch der gepaarte t-Test zeigt, ist kein signifikanter Einfluss der Haupteffekte Zeit und Gruppe auf die genannten Parameter festzustellen.

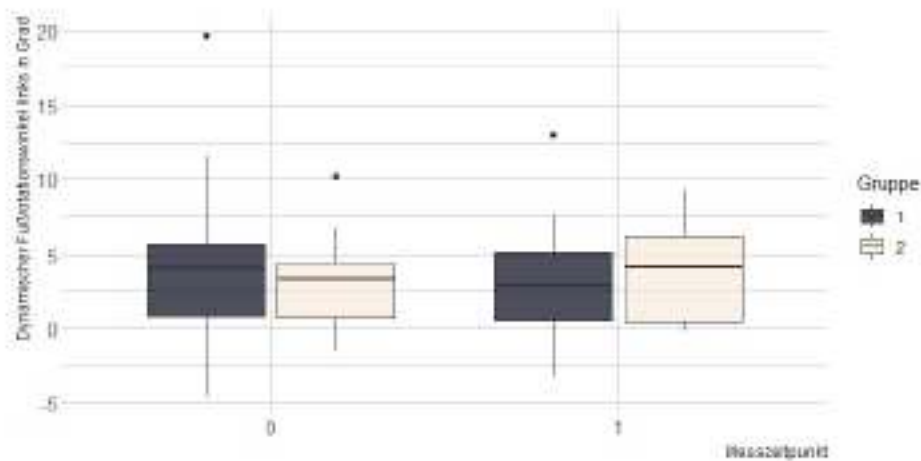


Abb. 57 Prä-/Post-Vergleich dynamischer Fußrotationswinkel links zwischen den beiden Gruppen

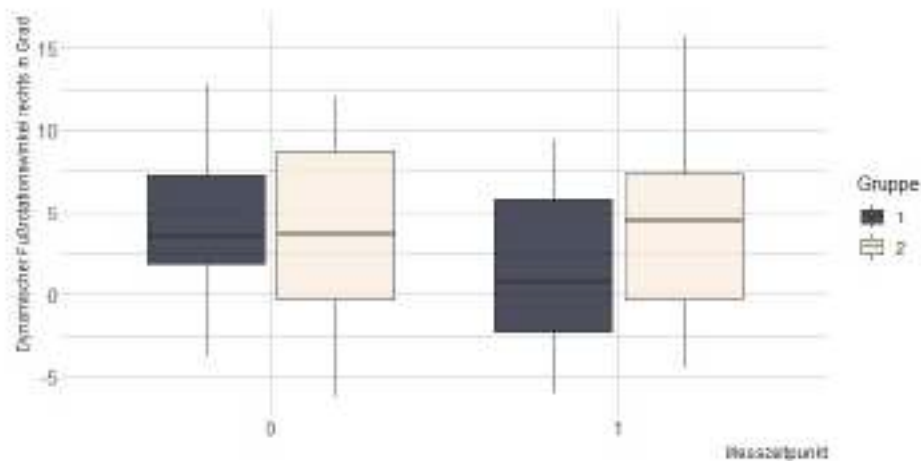


Abb. 58 Prä-/Post-Vergleich dynamischer Fußrotationswinkel rechts zwischen den beiden Gruppen

H_{0_3}: Veränderungen der Visuellen Analogskala

Die Ergebnisse zeigen, dass die Daten der Spiraldynamik®-Gruppe bezüglich der VAS im Vergleich zur „Kurzer Fuß“-Gruppe einen statistisch signifikanten Interaktionseffekt aufweist (VAS: $p < 0.004$, $\eta^2_G = 0.116$). Es besteht somit eine signifikante Interaktion zwischen der Gruppenzugehörigkeit und Zeit auf die VAS.

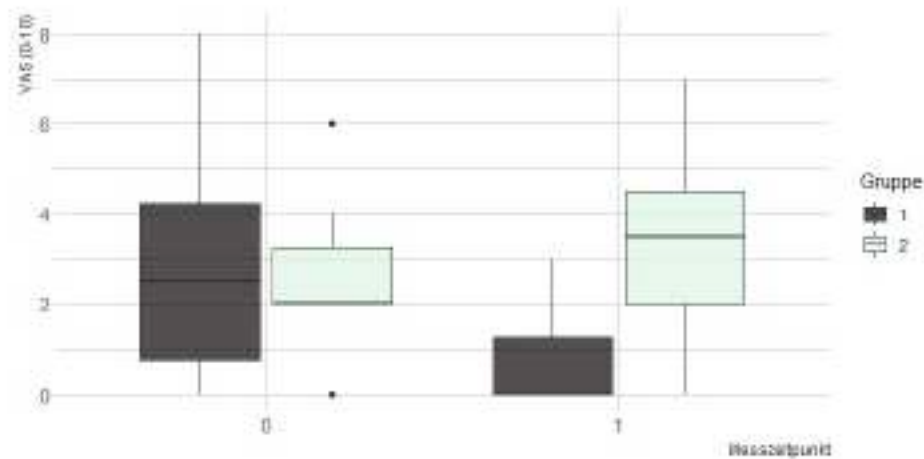


Abb. 59 Prä-/Post-Vergleich VAS zwischen den beiden Gruppen

Tab. 4 Zwischengruppeneffekte auf die primären und sekundären Outcomes

ANOVA Gruppenunterschied						
Parameter	p-Wert			η^2_G		
	Gruppen- effekt (1)	Zeiteffekt (2)	Interaktions- effekt (3)	1	2	3
nd_links	0.203	0.0001	0.494	0.052	0.001	0.009
nd_rechts	0.825	0.0001	0.556	0.002	0.345	0.005
rw_links	0.708	0.0001	0.126	0.007	0.232	0.022
rw_rechts	0.531	0.0001	0.443	0.015	0.347	0.011
length_li	0.323	0.501	0.054	0.052	0.001	0.009
length_re	0.416	0.439	0.227	0.036	0.001	0.002
rotation_li	0.913	0.544	0.049	0.001	0.001	0.01
rotation_re	0.582	0.128	0.006	0.016	0.006	0.022
ganglinie_li	0.854	0.518	0.039	0.002	0.001	0.012
ganglinie_re	0.834	0.363	0.036	0.002	0.002	0.011
ant_post	0.270	0.498	0.643	0.057	0.004	0.002
seitl.	0.244	0.666	0.957	0.067	0.002	0.001
VAS	0.108	0.241	0.004	0.110	0.018	0.116

Die η^2_G -Werte 1, 2 und 3 sind den jeweiligen Effekten zuzuordnen; fett gedruckte Zahlen bedeuten a) signifikante Zeiteffekte oder b) signifikante Interaktionseffekte

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die in der Einleitung aufgestellten Hypothesen können nach der Ergebnisdarstellung wie folgt behandelt werden:

Nullhypothese N_{0_1} Mediales Längsgewölbe

Die Nullhypothese N_{0_1} kann nach der sporttherapeutischen Intervention bezüglich der Veränderungen des medialen Längsgewölbes verworfen werden. Durch die signifikanten Ergebnisse auf den Effekt Zeit des Navicular-Drops (nd_links: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.052$, nd_rechts: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.345$; rw_links: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.232$, rw_rechts: $p < 0.0001$, $\eta^2_G = 0.347$) wird die Gegenthese H_{0_1} angenommen.

Nullhypothese N_{0_2} Gangbildes

Aufgrund der nicht eindeutig signifikanten Ergebnisse der Parameter Schrittlänge, dynamischer Fußrotationswinkel, Ganglinie, ant./post. Position und der seitlichen Verlagerung, wird die Nullhypothese N_{0_2} bezüglich der Veränderungen des Gangbildes angenommen und somit die Gegenthese H_{0_2} verworfen.

Nullhypothese N_{0_3} Schmerz

Bezüglich des Schmerzempfindens kann aufgrund der signifikanten Ergebnisse mit Interaktionseffekt der VAS (VAS: $p < 0.0004$, $\eta^2_G = 0.116$) die Nullhypothese H_{0_3} verworfen und die Gegenthese H_{0_3} angenommen werden. Dieses Ergebnis kann durch die subjektiven Beobachtungen der Proband:innen unterstützt werden, die über folgende Empfindungen nach der Intervention berichteten: Reduktion von Knieschmerzen, Vorfußschmerzen, Rückenschmerzen, Nackenverspannungen und Kopfschmerzen.

6 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert und ein Bezug zur aktuellen Literatur hergestellt. Das Ziel dieser Pilotstudie war es, die Auswirkungen auf das mediale Längsgewölbe und die Veränderungen des Gangbildes bei einem Knicksenkfuß nach dem Konzept der Spiraldynamik® zu untersuchen.

Mit den Hauptzielen, die funktionelle Struktur des Fußes wiederherzustellen, das Gangbild zu verbessern und dadurch Schmerzen zu lindern, konnten die Ergebnisse, die im Rahmen der Pilotstudie ausgewertet wurden, einen richtungsweisenden Effekt bezüglich der Struktur- und Gangbildverbesserung, aber auch der Schmerzlinderung, in einem Zeitraum von fünf Wochen aufzeigen.

Dennoch dürfen die signifikanten Verbesserungen nicht überinterpretiert werden, da es sich hierbei um eine Interventionsstudie ohne Kontrollgruppe mit kleiner Populationszahl handelt.

Die aufgestellten Hypothesen, die Validität der Studie, die Limitationen und die Gütekriterien der gewählten Outcome-Parameter sollen an dieser Stelle diskutiert und hinterfragt werden.

6.1 Hypothese H_{0_1} Veränderungen des medialen Längsgewölbes

In dieser Pilotstudie wurde der Unterschied der Veränderungen des medialen Längsgewölbes zwischen zwei Gruppen einer Spiraldynamik®-Intervention und einer Intervention des kurzen Fußes untersucht. Die beiden Parameter - Navicular-Drop und Rückfußwinkel - eignen sich für die Dokumentation der Veränderungen am Fuß. Beide weisen eine gute Reliabilität auf.

Das Absinken des Os naviculare des rechten und linken Fußes, konnte in dieser Studie in Bezug auf die Prüfung des Zeitpunktes, wann die Übungen durchgeführt wurden, signifikant reduziert werden. Dies bedeutet, dass sich der Navicular-Drop unabhängig von der Interventionsart in beiden Gruppen verbessert hat (siehe Abb. 53 und 54). Dies kann darin begründet werden, dass in beiden Interventionen, Spiraldynamik® und Training des „kurzen Fußes“, die inrinsische Fußmuskulatur (IFM) trainiert wurde. Der Begriff der intrinsischen Fußmuskulatur steht für die Stabilisierung und Aufrechterhaltung des Fußgewölbes. Die Autoren Pabón-Carrasco et al. sind sich einig, dass die Kräftigung der IFM einen Einfluss auf die Position, Stabilität und Biomechanik des Fußes hat. Die „Kurzer-Fuß Übung“ (SFE) wurde in den Studien meist vier bis acht Wochen ausgeführt und bewirkten alle eine Normalisierung des Fußgewölbes. Zudem

konnte der Plantarbogen, gemessen an dem Navicular-Drop, bei einem Senk-/Plattfuß aufrechterhalten werden (Pabón-Carrasco et al., 2020).

Studien, die bereits den Einfluss von Übungen auf den Navicular-Drop (ND) untersuchten, kamen auf folgende Ergebnisse: Lynn et al. führten eine randomisierte Kontrollstudie mit gesunden jungen Menschen durch, die eine vierwöchige Intervention SFE absolvierten. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, weder für das dominante noch das nicht dominante Bein. Aber die SFE-Methode war effektiver in der Verringerung des Navicular-Drops im Vergleich zu Einlagen. 2016 verglichen Kim und Kim die ND-Werte von zwei Gruppen aus Proband:innen mit einem flexiblen Plattfuß. Die eine Gruppe bekam eine fünfwöchige Intervention mit SFE und die andere Gruppe trug dreimal in der Woche für 30 Minuten Einlagen in derselben Zeitspanne. Dabei verringerte sich der ND der SFE-Gruppe um 3,7mm. Mulligan und Cook erreichten 2013 ein signifikantes Ergebnis nach einer vierwöchigen SFE-Intervention bei gesunden Menschen, das nach acht Wochen beibehalten wurde. Eine Post-hoc-Teststärkenanalyse zeigte, dass Teilnehmer:innen mit einem ND von 15mm größere Verbesserungen aufzeigten (Haun et al., 2021).

Zudem wurde eine signifikante Verbesserung des Rückfußwinkels beider Füße in beiden Gruppen dokumentiert. Diese Verbesserung ist ebenfalls dem Faktor Zeit und nicht der Intervention zuzuschreiben. Beim Rückfußwinkel ist das Ziel, das Fersenlot zu erreichen. Alle Teilnehmer:innen haben sich der Nulllinie des Rückfußwinkels angenähert (siehe Abb. 56 und 57). Auffällig ist dabei die deutliche Verbesserung des linken Fußes aller Proband:innen. Eine mögliche Begründung könnte die Füßigkeit sein, die im Verlauf der Diskussion zum Thema dynamischer Fußrotationswinkel erläutert wird.

6.2 Hypothese H_{0_2} Veränderungen des Gangbildes

Um die Veränderung des Gangbildes untersuchen zu können, wurde dieses in fünf Parameter aufgeteilt. Der erste Parameter ist die Schrittlänge. Ein asymmetrischer Weggewinn, wie es bei Fußdeformitäten vorkommt, kann beispielsweise nur durch die Schrittlänge erkannt werden (Götz-Neumann, 2016). Somit kann eine kurze Schrittlänge ein Indiz für einen unsicheren Gang sein (Hege-
wald, 2000). In die Interpretation fließen allerdings keine Referenzwerte, da jede:r Teilnehmer:in die eigene Wohlfühlgeschwindigkeit gewählt hat. Es konnten kleine Verbesserungen in der Symmetrie und in der Verlängerung der

Schrittlänge festgestellt werden, allerdings ergaben die Ergebnisse keine statistische Signifikanz. Der zweite Parameter ist der dynamische Fußrotationswinkel. Steht der Mensch ruhig, ist die Fußlängsachse, bezogen auf die Fortbewegungslinie, um 7° außenrotiert. Während des Gehens besteht diese Außenrotation weiterhin (Götz-Neumann, 2016). Laut Perry variiert der dynamische Fußrotationswinkel von 5° für Frauen und bis zu 7° für Männer (Perry & Burnfield, 2010). In der Literatur existiert jedoch keine Übereinstimmung hinsichtlich der Winkelwerte „fußgesunder“ Menschen und somit gibt es noch keine Werte zur Interpretation von Fußdeformitäten. Bei einem Knicksenkfuß kann durch eine Mittelfußinstabilität eine vermehrte Vorfußabduktion der Füße und somit ein Auswärtsgang entstehen (Speth & Camathias, 2018). Dies konnte durch die Ganganalyse bestätigt werden. Die Ergebnisse ergaben eine signifikante Abhängigkeit in Bezug auf den Zeitpunkt der Intervention und der Interventionsart. Dies bedeutet, dass eine Verbesserung des dynamischen Fußrotationswinkels nach dem Konzept der Spiraldynamik® festzustellen war. Die Füßigkeit, die Präferenz des Fußes, kann bei der Interpretation der Ergebnisse eine Rolle spielen, denn diese wird als ein Indikator für spezifisch kognitive und motorische Leistungsmerkmale bezeichnet. Im Vergleich zur Untersuchung anderer Verhaltensasymmetrien gibt es relativ wenig zur Beschreibung von Fußlateralitätsmustern über die Spanne vom Kindes- bis zum Erwachsenenalter. Es wird vermutet, dass die Füßigkeit im Allgemeinen ein Index für die laterale Spezialisierung ist. Es wird in der Literatur darauf hingewiesen, dass die Aktivitäten des täglichen Lebens, die den Gebrauch der Füße erfordern, weniger komplex und trainiert sind. Aufgrund dieser Beobachtungen scheint es wahrscheinlich, dass die Umweltfaktoren, einen geringeren Einfluss auf die Lateralität der Füße haben. Im Zusammenhang der neurologischen Entwicklungstheorie wird darauf hingewiesen, dass es im gemeinsamen bilateralen Kontext möglicherweise keine eindeutig dominante Extremität gibt. Die eine Seite dient der posturalen Stütz-Extension und die andere der Mobilisations-Flexion (Gabbard & Iteya, 1996). Ein Drittel der Individuen besitzt keine eindeutige Dominanz eines der beiden Beine, doppelt so viele wie bei der Händigkeit (Marti, 2011). Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass sich der dynamische Fußrotationswinkel auf der rechten Seite deutlich mehr verbessert, hat als auf der linken Seite (siehe Abb. 57 und 58).

Die Ganglinie bildet den dritten Parameter und wird dem Begriff COP untergeordnet. Der COP ist insofern bedeutend, da das Wissen über die situativen Be-

lastungsschwerpunkte während der Stand- und Gangphase mögliche Fußpathologien und vergleichbare Effekte von Therapien aufzeigen, aber auch angemessene Kalkulationen der Gleichgewichtskontrolle und der Gelenkkinetik ermöglichen (Lugade & Kaufmann, 2014). Der Verlauf der Ganglinie kann zur Beschreibung und Darstellung von Problemen am Fuß eingesetzt werden (Mitternacht & Lampe, 2006). Die Ergebnisse der Ganglinie, wie auch der dynamische Fußrotationswinkel, zeigten in der Spiraldynamik®-Gruppe einen signifikanten Interventionseffekt. Das Spiraldynamik®-Konzept beinhaltet im Kräftigungsteil das Trainieren der Vorfuß-Pronation und die Aufrichtung des medialen Längsgewölbes. Diese beiden Komponenten werden im Abrollvorgang benötigt und in der Gangschulung gefestigt (Larsen, 2014). Je mehr der Abrollmechanismus, die Rotationen im Ober- und Unterschenkel und die Ausrichtung der Beinachse beim Gehen funktioniert, desto besser wird der plantare Druck von der Ferse bis zum großen Zeh verteilt. Dies hat einen Einfluss auf die Ganglinie und somit eine Verlängerung derselben zur Folge. Die beiden Parameter ant./post. Position und die seitliche Verlagerung bilden den Abschluss der zweiten Hypothese. Die ant./post. Position beschreibt die Vor- und Rückverlagerung des COP-Schnittpunktes im Zeitlichen. Durch den hintersten Fersenpunkt wird die Ausgangs- bzw. Nullposition beschrieben. Die seitliche Verlagerung stellt die Links-Rechts-Verlagerung des COP-Schnittpunktes im zeitlichen Verlauf unter Berücksichtigung aller Schritte im Schmetterlingsdiagramm dar. Fällt der Wert negativ aus, wird eine Verschiebung zur linken Seite gekennzeichnet, dementsprechend bedeutet ein positiver Wert eine Verschiebung zur rechten Seite. Durch den Mittelpunkt wird die Ausgangs- bzw. Nullposition markiert (zebris, 2019). Für beide Parameter konnte keine statistische Signifikanz festgestellt werden. Zur Interpretation können aktuell keine Vergleiche aus anderen Studien herangezogen werden.

Zusammenfassend lässt sich neben der instrumentellen Ganganalyse durch das subjektive Empfinden der Teilnehmer:innen darauf schließen, dass sich das Gangbild zum Positiven verändert hat. Diese berichten von einer verbesserten Gangsicherheit und Stabilität beim Gehen, längeren Schritten und einer höheren Ganggeschwindigkeit. Wie später unter dem Punkt „Interne Validität und Limitationen der Studie“ noch erläutert wird, gibt es einen Unterschied zwischen dem Laufband-Gehen und dem freien Gehen, wodurch die Ergebnisse beeinflusst wurden.

6.3 Hypothese H_{0_3} Veränderungen des Schmerzempfindens

Das allgemeine Schmerzempfinden der Proband:innen konnte in der Spiraldynamik®-Gruppe signifikant reduziert werden. Die Patient:innen wiesen nicht nur diffuse Schmerzen in der Fußsohle nach langem Stehen oder Gehen, sondern auch an der Ferse, im Sprunggelenk, der Knieinnenseite, an der Hüfte, im unteren Rücken und in der Halswirbelsäule mit Kopfschmerzproblematiken auf. Dies kann zu einer peripheren Sensibilisierung der Strukturen und damit zu einer verminderten Belastbarkeit sowie chronischer Schmerzentwicklung führen. Die Behandlung nach dem Konzept der Spiraldynamik® setzt bei chronischen Schmerzmechanismen bei der Eigenverantwortlichkeit von Patienten an. Um den Schmerz bewältigen zu können, wird ein fundiertes Wissen über die verursachende Pathologie und das Verständnis über den Schmerzmechanismus benötigt. Deshalb ist die Eigenverantwortung der Patient:innen und die genaue Aufklärung über den Sachverhalt enorm wichtig. Um eine dauerhafte Korrektur zu erreichen, ist von Patient:innen sehr viel Disziplin gefordert (Butler & Moseley, 2016). Um chronische Schmerzen vorbeugen beziehungsweise behandeln zu können, steht in der Therapie eine Kombination aus der Wissensvermittlung, Schulung der Sensomotorik, sowie die Integration ökonomischer Bewegungsabläufe in den Gang und in freizeit- bzw. sportsspezifische Belastungen im Vordergrund (Götz-Neumann, 2016). Im Vergleich zur Spiraldynamik®-Gruppe, verschlechterte sich die „Kurzer Fuß“-Gruppe zum Zeitpunkt t1. Dies könnte in einer fehlenden Wissensvermittlung, Wahrnehmungs- und Propriozeptionsschulung begründet sein. In der vorliegenden Studie verschlimmerten sich die Schmerzen der Spiraldynamik®-Gruppe zunächst nach den ersten vier Therapieeinheiten. Die Schmerzen äußerten sich in Fußsohlenschmerzen, Zehenschmerzen, Blasenbildung unter dem großen Zeh, Sprunggelenksschmerzen, Wadenmuskelkater, Schmerzen an der Knieinnenseite, Schulter-/Nackenschmerzen bis zu Schürfwunden nach einem Sturz einer Probandin. Dies fällt unter die Risiken unerwünschter Ereignisse (adverse events), die durch eine Bewegungstherapie erhöht werden können. Nicht schwerwiegende Ereignisse, wie Schmerzen, Müdigkeit, Rückenschmerzen und Ödeme, sollten bei der Planung einer Intervention berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurden die Teilnehmer:innen bereits in der Einverständniserklärung darüber aufgeklärt. Die Bewegungstherapie kann trotz des Schmerzauftritts als relativ sichere Intervention empfohlen werden (Niemeijer et al., 2020). Das Konzept der Spiraldy-

namik® bildet zu Beginn die Basis durch eine intensive Aufklärung, Wissensvermittlung und die Fähigkeit aus dem Wissen heraus zu handeln. Somit können die mit der Bedrohung assoziierten Schmerzen reduziert werden und eine reduzierte Bedrohung wirkt sich positiv auf alle eingehenden Schmerzen, wie auch auf die Reaktionssysteme aus. Nach Butler & Moseley sollte die Therapie in abgestufte Bewegungsvorstellungen unterteilt werden. Darunter fallen die Veränderung von Gravitationseinflüssen, unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade für die Gleichgewichtskontrolle, das Planen von funktionellen Aktivitäten (Alltagstransfer) und Gleitbewegungen (Butler & Moseley, 2016). Diese Vorstellung ist in der Spiraldynamik®-Therapie zu erkennen. Vermutlich lässt sich die Entwicklung des Schmerzempfindens auf der VAS gegen Null nach der fünfwöchigen Intervention mitunter dadurch begründen (siehe Abb. 60).

Der Placebo-Effekt als Kontexteffekt könnte bei der subjektiven Schmerzempfindung und Schmerzreduzierung eine Rolle spielen. Aufgrund der fehlenden Kontrollgruppe in Form einer Scheinbehandlung, kann dies nicht beantwortet werden.

Laut Benedetti stellen die sensorischen Inputs, die Sprache, die Therapiezeit sowie die Interaktion und Empathie der Therapeutin bei der Intervention einen wichtigen psychosozialen Kontext dar (Benedetti et al., 2011).

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie beziehen sich auf einen kurzfristigen Effekt. Für weitere Forschungen zu dieser Thematik sollte das Ziel die Erhebung von Langzeiteffekten sein. Durch die geförderte Eigenverantwortung und Selbstwirksamkeit der Proband:innen wäre die Untersuchung des Entwicklungsverlaufes der Schmerzen nach mehreren Monaten interessant.

Interne Validität und Limitationen der Studie

Externe Einflüsse könnten die Ergebnisqualität beeinflussen. Aus diesem Grund wurden die Sporthäufigkeit und das Tragen von Einlegesohlen per Befragung in die Diskussion miteingeschlossen. Dennoch gibt es weitere individuelle Faktoren, wie die Jahreszeit, Schuhbekleidung (Sommer: offenes Schuhwerk/häufiges Barfußgehen, Herbst: geschlossene Schuhe), Urlaub (Arbeitsbelastung, wie langes Stehen oder Gehen, fällt weg) und eine Schwangerschaft im Studienzeitraum, die nicht ausgeschlossen wurden.

Aus ethischen und zeitlichen Gründen fiel die Wahl auf dieses Studiendesign. Eine vergleichbare Kontrollgruppe könnte in einer zukünftigen Studie mögliche Umweltvariablen oder externe zeitliche Einflüsse der Untersuchungspersonen

minimieren bzw. ausschließen. In diesem Fall war es eine Wartekontrollgruppe, die erst zu einem späteren Zeitpunkt dieselbe Intervention erhalten hat.

Des Weiteren können Lerneffekte, sogenannte Reifungsprozesse, die erhobenen Parameter beeinflussen. Die Untersuchungspersonen verändern bereits ihren Zustand und Merkmale im Verlauf der Zeit von ganz allein, wodurch diese Reifungsprozesse fälschlicherweise als kausale Treatmenteffekte interpretiert werden können. Speziell der Navicular-Drop Test und der Rückfußwinkel sind davon betroffen. Innerhalb der Intervention findet bei der Patient:innen ein Reifungsprozess aufgrund ihres Grundleidens statt. Während der ersten Messung verändert sich das Verhalten des/der Patient/in. Er/Sie wird auf ihre Probleme aufmerksam, wodurch sich die Wahrnehmung verbessert. Die „Reifung“ betrifft die Wahrnehmung und das Wissen, aber auch andere Veränderungen und Krankheiten (Döring & Bortz, 2016). Dadurch, dass die Pilotstudie keine Kontrollgruppe umfasste, ist nicht bekannt, ob die Veränderung des Navicular-Drops auf die spiraldynamischen Übungen, auf die Aktivierung der intrinsischen Fußmuskulatur durch die „Kurzer Fuß“-Übung oder auf einen Lerneffekt zurückzuführen war.

Alle Patient:innen standen in der Vergangenheit in Verbindung mit der Studienleiterin/Therapeutin und somit mit dem Rehasentrum Uschi Martin. Dies hat zur Folge, dass die Teilnehmer:innen bereits mit höheren Erwartungen in die Therapie starteten. Ein Selektionsbias könnte vermieden werden, wenn die Teilnehmer:innen auch extern oder multizentrisch rekrutiert und therapiert würden.

Externe Validität und Limitationen der Studie

Eine fehlende Verblindung der teilnehmenden Patient:innen ist eine weitere Limitation der Studie. Dadurch waren alle Personen über die Studie informiert und damit indirekt auch beeinflusst.

Zudem entsteht bei der Teilnahme an Studien der sogenannte „Hawthorne-Effekt“, der einen unspezifischen Behandlungseffekt beschreibt. Es ist eine Verhaltensänderung als motivierende Reaktion auf das Interesse, die Fürsorge oder die Aufmerksamkeit, die durch die Beobachtung und Bewertung des Therapeuten entsteht, zu beobachten. Der Hawthorne-Effekt hat erhebliche Auswirkungen auf die Generalisierbarkeit von Ergebnissen aus der Forschung in die klinische Praxis (Sedwick & Greenwood, 2015).

Studienpopulation und Repräsentativität

Die Gruppengröße von 20 Personen ist nicht repräsentativ. Obwohl sich signifikante Veränderungen einstellten, kann man diese Ergebnisse nicht generalisieren. Bei weiteren Studien sollte darauf geachtet werden, dass die Studiengruppe größer ist.

Gewählte Outcomes und deren Gütekriterien

Unter diesem Punkt werden die gewählten Outcomes und deren Gütekriterien diskutiert.

Rückfußwinkel mittels Goniometer

Die Messung des Rückfußwinkels erfolgte im beidbeinigen Stand mittels Goniometer. Die Patient:innen verfügen zu Beginn einer Therapie häufig über wenig Hintergrundwissen und Bewusstsein für die pathomechanischen Zusammenhänge ihrer Fußbeschwerden. Dies ändert sich im Therapieverlauf. In der Nachuntersuchung stehen sie oft bewusster auf ihrem Fuß, was dazu führt, dass sich der Rückfußwinkel sichtlich verbessert.

Naviculardrop

Der Navicular Drop (ND) ist ein einfacher und klinisch praktikabler Test für die Fußversion und beschreibt den Bereich der sagittalen Deformation des Mittelfußes. Der ND wurde als der am besten geeignete Parameter für eine klinische Beurteilung der Fußversion vorgeschlagen und ist ein valider Indikator für Talonavikularbewegung und Rückfußbewegung (Christensen et al., 2014).

Widersprüchliche Meinungen zur Zuverlässigkeit des Maßes fehlen (Deng et al., 2010). Somit sollten die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden. Der Navicular-Drop Test ist nur eine Komponente einer Gesamtbewertung der unteren Extremitäten und sollte in Verbindung mit anderen Techniken verwendet werden (Sell et al., 1994). Zudem sollten künftige Studien den dynamischen Navicular-Drop Test verwenden, da im Gehen eine gewisse Pronation des Kalkaneus natürlich ist (Earls, 2021).

Ganganalyse mittels Laufbandes

Über die Reliabilität, Validität und die kleinsten nachweisbaren Unterschiede ausgewählter kinetischer und zeitlicher Variablen, die vom Zebris FDM-THQ instrumentierten Laufband, insbesondere während des Laufens aufgezeichnet werden, ist wenig bekannt (Alsenoy et al., 2019). Es zeigten sich in mehreren

Studien Unterschiede bezüglich des Gangbildes. Wie die subjektive Beobachtung der Probanden in dieser Studie vermuten ließ, ist das Gangbild mit den Parametern Schrittlänge und dynamischer Fußrotationswinkel auf dem Laufband ein anderes als auf einem festen Untergrund. Das bedeutet, dass die Gewöhnung an das Gehen auf einem Laufband und damit ein als normal einzustufendes Gangbild auf dem Laufband individuell und vor allem altersabhängig sehr unterschiedlich ist. Dies ist möglicherweise das Resultat eines Unsicherheitsgefühls beim Gehen auf dem Laufband mit einer limitierten Laufbandlänge (Müller, 2018).

Die Verwendung von Laufbändern in Studien bietet einige Vorteile. Die Belastungsvorgaben sind standardisierbar und somit reproduzierbar. Durch den stationären Charakter der Laufbänder werden optimale Voraussetzungen für Messungen geschaffen. Dies gilt sowohl für physiologische Parameter als auch für die Erhebung von kinematischen Parametern (Videoanalyse).

Wie bereits erwähnt, entspricht das Gehen auf dem Laufband dem Gehen im Gelände nicht vollständig. Nach Michel & Schmidtbleicher besteht die Behauptung, dass sich durch die konstante Geschwindigkeit des Laufbandes die Schrittlänge auf dem Laufband verringert. Außerdem sind sowohl der Fußrotationswinkel als auch die Schrittbreite vergrößert, was auf die erhöhte Bemühung ein höheres Sicherheitsgefühl zu erzielen, hinweist. Demnach sind auch die Rückschlüsse, die auf der Basis von Tests auf dem Laufband, Aussagen über das freie Gehen treffen, nicht zwingend übertragbar (Mickel & Schmidtbleicher, 2009). Aus diesem Grund sind die Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren. Die Sicht des Therapeuten und das subjektive Empfinden der Proband:innen lassen darauf schließen, dass eine Gangsicherheit und Stabilität im freien Gehen durch die Intervention erreicht wurde, nicht aber auf dem Laufband.

Probleme bereiten nach wie vor die Referenzgrößen der jeweiligen Parameter. Der „normale“ Gang ansonsten beschwerdefreier „fußgesunder“ Probanden weist erhebliche interindividuelle Varianz hinsichtlich der jeweiligen Messgrößen auf. Die Reproduzierbarkeit intraindividuelle Wiederholungsmessungen ist erstaunlich hoch, so dass in Situationen intraindividuelle Vergleichsmessungen an sich als vorteilhaft und relativ robust gegen Störeinflüssen erwiesen haben (Mittlmeier & Müller-Gerbl, 2001).

Die wichtigsten Kritikpunkte der Pilotstudie und Implikationen für weitere Projekte sind im Folgenden zusammengefasst:

- personenbezogene Reifungsprozesse und mögliche Placeboeffekte konnten nicht von dem Ursachenfaktor unterschieden werden —> Lösungsansatz: Studiendesign mit Kontrollgruppe ohne Intervention
- weitere Therapien neben der Intervention sollten ausgeschlossen werden
- mögliche Aussagen über die Gangbildveränderungen sind mit Vorsicht zu interpretieren, da wie bereits erwähnt, die Ergebnisse auf dem Laufband nicht vollständig auf das freie Gehen übertragen werden können —> Lösungsansatz: Gangschulung während der Intervention auf dem Laufband, um das Unsicherheitsgefühl ausschließen zu können oder Testungen im freien Gehen durchführen.
- keine repräsentative Studienpopulation: Überwiegen des weiblichen Geschlechts, kleine Probandenzahl, Selektion im Zusammenhang mit dem Rehasentrum —> Lösungsansatz: Erhöhung Anzahl der Studienteilnehmer:innen durch Einbezug mehrerer Therapiezentren
- keine Verblindung der Studienteilnehmer:innen: Beeinflussung aller Teilnehmer:innen —> Lösungsansatz: Therapeut:in und wenn möglich Patient:in verblinden
- aufgrund mangelnder Möglichkeiten war die Therapeutin eine Art Confounder —> Lösungsansatz: Aufteilung der Arbeitsbereiche durch die Einbeziehung mehrerer erfahrener wissenschaftlich arbeitender Therapeut:innen.
- fehlende Aussagen über langfristige Effekte —> Weiterführen der Pilotstudie, um Langzeitergebnisse zu generieren.

Die aufgezählten Punkte sollten in einer weiteren klinischen Studie berücksichtigt werden.

7 Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Frage, wie sich spiraldynamische Übungen auf das mediale Längsgewölbe und auf das Gangbild bei einem Knicksenkfuß auswirken. Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurde eine Pilotstudie mit einer fünfwöchigen Intervention nach dem Konzept der Spiraldynamik® (neun Therapieeinheiten) an einer kleinen Probandengruppe (N=20) durchgeführt. Diese zeigte signifikante Verbesserungen bezüglich der Veränderungen des medialen Längsgewölbes, des Abrollverhaltens, des dynamischen Fußrotationswinkels und des Schmerzempfindens. Eine Generalisierung kann aber aufgrund der kleinen Fallzahl und des Selektionsbias nicht erfolgen. Künftige Studien sollten mehr Teilnehmer:innen ohne Verbindungen mit dem durchführenden Zentrum oder Therapeuten rekrutiert werden beziehungsweise in einem längeren Interventionszeitraum mit einer Kontrollgruppe stattfinden. Dadurch könnten die Auswirkungen der Strukturveränderung des Fußes auf die Verkettung nach cranial (Knie, Becken und Wirbelsäule) erforscht werden. Zudem wäre ein höheres Qualitätslevel in der Studiendurchführung erstrebenswert, da diese Pilotstudie das physiotherapeutische Potential der konservativen Behandlung von Knicksenkfüßen zeigen konnte. Die Prinzipien des Spiraldynamik®-Konzeptes geben den Patient:innen die Möglichkeit einer eigenverantwortlichen Behandlungsstrategie an die Hand, um sich selbst unterstützen und die neuerlernten Bewegungsabläufe dauerhaft in den Alltag integrieren zu können.

Literaturverzeichnis

Allen, M. K., & Glasoe, W. M. (2000). Metrecom Measurement of Navicular Drop in Subjects with Anterior Cruciate Ligament Injury. 35(4), 403–406.

Alsenoy, K. V., Thomson, A., & Burnett, A. (2019). Reliability and validity of the Zebris FDM-THQ instrumented treadmill during running trials. 18(5), 501–514.

Bauer, R., Gschwend, N., Hohmann, D., Morscher, E., Schweiberer, L., Tscherne, H., & Wagner, H. (1991). *Der Orthopäde—Funktionelle Anatomie des Fußes*. 20, 2–10.

Benedetti, F., Carlino, E., & Pollo, A. (2011). *How Placebos Change the Patient's Brain*. 36(1), 339–354. <https://doi.org/10.1038/npp.2010.81>.

Bennett, J. E., Reinking, M. F., Pluemer, B., Pentel, A., Seaton, M., & Killian, C. (2001). Factors Contributing to the Development of Medial Tibial Stress Syndrome in High School Runners. 31(9), 504–510. <https://doi.org/10.2519/jospt.2001.31.9.504>

Bijur, P. E., Silver, W., & Gallagher, J. (2001). Reliability of the Visual Analog Scale for Measurement of Acute Pain. 8(12), 1153–1157.

Butler, D., & Moseley, L. (2016). *Schmerzen verstehen* (3.). Springer-Verlag.

Earls, J. (2016). Born to walk. Den natürlich Gang neu entdecken. Wie Faszien unsere Bewegungen steuern. Meyer & Meyer Verlag.

Christensen, B. H., Andersen, K. S., & Pedersen, K. S. (2014). *Reliability and concurrent validity of a novel method allowing for in-shoe measurement of navicular drop*. 7(12). <http://www.jfootankleres.com/content/7/1/12>

Corts, M. (2016). *Das Fußgewölbe*. 11(6), 27. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1593452>

Deng, J., Joseph, R., & Wong, C. K. (2010). Reliability and validity of the navicular drop test: Do static measures of navicular height relate to dynamic navicular motion during gait? 2(1), 21–28.

Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (5. Aufl.). Springer.

Earls, J. (2021). Understanding the human foot. Lotus Publishing.

Eun-Kyung, K., & Jin Seop, K. (2016). The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. 28, 3136–3139. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.3136>

Fuhrmann, R., Kristen, K.-H., & Bock, P. (2017). *Lexikon Orthoädie und Unfallchirurgie—Pes planovalgus calcaneus*. Springer. <http://www.lexikon-orthoedie.com/pdx.pl?dv=0&id=02212>

Gabbard, C., & Iteya, M. (1996). Foot Laterality in Children, Adolescents, and Adults. 1(3), 199–205. <https://doi.org/10.1080/713754236>

Gabel, J. (2014). Funktionsanalyse des Fußes—Anatomische und biomechanische Aspekte für die chirurgische Praxis. 17(1), 4–9. <https://doi.org/DOI.10.1007/s10039-013-1991-0>

Götz-Neumann, K. (2016). Gehen verstehen—Ganganalyse in der Physiotherapie (4.Auflage). Georg Thieme Verlag.

Gutteck, N., Schilde, S., Delank, K. S., & Arbab, D. (2020). Ätiologie, Pathogenese, Klinik, Diagnostik und konservative Therapie des adulten erworbenen Plattfußes. 49, 942–953.

Hashimoto, T., & Sakuraba, K. (2014). Strength Training for the Intrinsic Flexor Muscles of the Foot: Effects on Muscle Strength, the Foot Arch, and Dynamic Parameters Before and After the Training. 26(3), 373–376. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3533>

Haun, C., Brown, C. N., Hannigan, K., & Johnson, S. T. (2021). The Effects of the Short Foot Exercise on Navicular Drop: A Critically Appraised Topic. 30(1), 152–157.

Hayafune, N., Hayafune, Y., & Jacob, H. A. C. (1999). *Pressure and force distribution characteristics under the normal foot during the push-off phase in gait*. 9(2), 88–92.

Hegewald, G. (2000). Ganganalytische Bestimmung und Bewertung der Druckverteilung unterm Fuß und von Gelenkwinkelverläufen – eine Methode für Diagnose und Therapie im medizinischen Alltag und für die Qualitätssicherung in der rehabilitationstechnischen Versorgung. <https://doi.org/10.18452/14478>

Henry, J. K., Ellis, S. J., & Shakked, R. (2019). *Adult Acquired Flatfoot Deformity*. 4(1), 1–17. <https://doi.org/10.1177/2473011418820847>

Herchenöder, M., Wilfling, D., & Steinhäuser, J. (2021). Evidence for foot orthoses for adults with flatfoot: A systematic review. 14(57), 1–11.

Hillstrom, H. J., Song, J., Kraszewski, A. P., Hafer, J. F., Mootanah, R., Dufour, A. B., Chow, B. (Shingpui), & Deland III, J. T. (2013). *Foot Type Biomechanics Part 1: Structure and Function of the Asymptomatic Foot*. 37(3), 445–451. <https://doi.org/doi:10.1016/j.gaitpost.2012.09.007>

Hüter-Becker, A., Betz, U., & Heel, C. (2002). Lehrbuch zum Neuen Denkmodell der Physiotherapie—Band 1: Bewegungssystem (Bd. 1). Georg Thieme Verlag.

Kahle, W., Leonhardt, H., & Platzer, W. (1991). *Taschenatlas der Anatomie für Studium und Praxis* (6.). Georg Thieme Verlag.

Kapandji, A. I. (2016). Funktionelle Anatomie der Gelenke—Schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik (6.). Thieme.

Kelly, L. A., Cresswell, A. G., Racinais, S., Whiteley, R., & Lichtwark, G. (2014). Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. 11(93). <https://doi.org/10.1098/rsif.2013.1188>

Kim, E.-K., & Kim, J. S. (2016). The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. 28(11), 3136–3139. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.3136>

Kim, J. S., & Lee, M. Y. (2020). The effect of short foot exercise using visual feedback on the balance and accuracy of knee joint movement in subjects with flexible flatfoot. 99(13), 1–6. <https://doi.org/doi:10.1097/MD.00000000000019260>

Klein, P., & Sommerfeld, P. (2012). Biomechanik der menschlichen Gelenke—Biomechanik der Wirbelsäule (1.). Urban & Fischer.

Klöpfer-Krämer, I., & Augat, P. (2012). Instrumentelle Ganganalyse—Messverfahren und Indikationen. 17(1), 10–14. <https://doi.org/10.1007/s10039-012-1908-3>

Kramers-de Quervain, I. A., Stüssi, E., & Stacoff, A. (2008). *Ganganalyse beim Gehen und Laufen*. 56(2), 35–42.

Kölle, A., & Bientzle, M. (2017). Die Spiraldynamik® in der Behandlung von Patienten mit idiopathischer Skoliose—Ein dreidimensional physiopädagogisches Konzept. 26–30.

Kulig, K., Reischl, S., Pomrantz, A., Burnfield, J., Mais-Requejo, S., Thordarson, D., & Smith, R. (2009). Nonsurgical Management of Posterior Tibial Tendon Dysfunction with Orthoses and Resistive Exercise: A Randomized Controlled Trial. 89(1), 26–37. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070242>

Larsen, C. (1995). *Die zwölf Grade der Freiheit. Kunst und Wissenschaft menschlicher Bewegungskoordinationen* (1. Auflage). Via Nova.

Larsen, C. (2014). *Füße in guten Händen. Spiraldynamik—Programmierte Therapie für konkrete Resultate* (3., überarbeitete Auflage). Georg Thieme Verlag.

Larsen, C. (2006). *Prävention von Fußdeformitäten*. https://spiraldynamik.com/de/publikationen/literatur/pdf-publikumsliteratur/2006_P_Larsen-

Larsen, C. (2019). Gut zu Fuß ein Leben lang—Trainieren statt operieren: Die besten Übungen aus der Spiraldynamik (5. Auflage). TRIAS Verlag.

Larsen, C., & Miescher, B. (2020). Spiraldynamik—Schmerzfrei und beweglich (2. Auflage). TRIAS Verlag.

Larsen, C., Zürcher, S., & Altmann, J. (2019). *Medical Running* (1.). TRIAS Verlag.

Lugade, V., & Kaufmann, K. (2014). Center of pressure trajectory during gait: A comparison of four foot positions. 40(4), 719–722.

Marti, T. (2011). *Bewegungsentwicklung bei 10- bis 14-jährigen Kindern—Eine empirische Studie zur Entwicklung und Bedeutung der Händigkeit und Füßigkeit*. 2(2), 66–88.

Massé Genova, J., & Gross, M. T. (2000). Effect of Foot Orthotics on Calcaneal Eversion During Standing and Treadmill Walking for Subjects With Abnormal Pronation. 30(11), 664–675.

McKeon, P. O., Hertel, J., Bramble, D., & Davis, I. (2015). The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. 49(290), 1–9. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092690>

Menz, H. B., Dufour, A. B., Riskowski, J. L., Hillstrom, H. J., & Hannan, M. T. (2013). *Foot posture, foot function and low back pain: The Framingham Foot Study*. 52, 2275–2282. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ket298>

Mickel, C., & Schmidtbleicher, D. (2009). *Vergleich des freien Gehens mit dem Gehen auf dem Laufband—Eine EMG-Studie*. 23(3), 133–137. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1241971>

Mitternacht, J., & Lampe, R. (2006). Ermittlung funktioneller kinetischer Parameter aus der plantaren Druckverteilungsmessung. 144(4), 410–418. <https://doi.org/10.1055/s-2006-942228>

Mittlmeier, T., & Müller-Gerbl, M. (2001). *Ganganalyse und funktionelle Anatomie*. 17, 4–13.

Mølgaard, C. M., Andreasen, J., Christensen, M., Kaalund, S., Lundbye-Christensen, S., Simonsen, O., & Voigt, M. (2013). Exercise therapy and custom-made insoles are effective in patients with excessive pronation and chronic foot pain: A randomized controlled trial. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2012.12.001>

Müller, L. M. (2018). Pedobarographie—Abrollverhalten Gangbahn versus Laufband bei orthoädischen Patienten sowie asymptomatischen Probanden. <https://d-nb.info/1169132693/34>

Nagano, H., & Begg, R. (2020). Ageing-Related Gait Adaptations to Knee Joint Kinetics: Implications for the Development of Knee Osteoarthritis. 10(8881), 1–12.

Nielsen, R. O., Simonsen, O. H., Rathleff, M. S., & Langberg, H. (2009). Determination of normal values for navicular drop during walking: A new model correcting for foot length and gender. 2(12), 1–7.

Niemeijer, A., Lund, H., & Stafne, S. N. (2020). Adverse events of exercise therapy in randomised controlled trials: A systematic review and meta-analysis. 54, 1073–1080. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100461>

Ngoc-Tuyet-Trinh, H., Shuya, C., & Li-Wei, C. (2021). The Impact of Foot Orthoses and Exercises on Pain and Navicular Drop for Adult Flatfoot: A Network Meta-Analysis. 18(8063), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158063>

Pabón-Carrasco, M., Castro-Méndez, A., Vilar-Palomo, S., Jiménez-Cebrián, A. M., García-Paya, I., & Palomo-Toucedo, I. C. (2020). *Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation*. 17(4882), 1–11. <https://doi.org/doi:10.3390/ijerph17134882>

Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis—Normal and pathological Function* (2. Auflage). SLACK Incorporated.

Pfaff, G. (2014). *Konservatives Behandlungskonzept des Pes planovalgus*. 52, 23–27. <https://doi.org/DOI.10.1007/s00337-014-1089-1>

Kalron, A., Dvir, Z., & Achiron, A. (2013). Quantifying Gait Impairment Using an Instrumented Treadmill in People with Multiple Sclerosis. Article ID 867575, 1–6.

Sánchez-Rodríguez, R., Valle-Estévez, S., Fraile-García, P. A., Martínez-Nova, A., Gómez-Martín, B., & Escamilla-Martínez, E. (2020). *Modification of Pronated Foot Posture after a Program of Therapeutic Exercises*. 17(8406), 1–8. <https://doi.org/doi:10.3390/ijerph17228406>

Schroff, L. C. (2019). Die Entwicklung der inter-individuellen Stellung der Fußlängsachse beim Gehen in Relation zur Gangrichtung im Kindesalter. <https://d-nb.info/1005939268/34>

Schünke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2014). Prometheus LernAtlas der Anatomie—Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem (4.). Georg Thieme Verlag.

Sedwick, P., & Greenwood, N. (2015). *Understanding the Hawthorne effect*. 1–2. <https://doi.org/10.1136/bmj.h4672>

Sell, K. E., Verity, T. M., Worrel, T. W., Pease, B. J., & Wigglesworth, J. (1994). *Two Measurement Techniques for Assessing Subtalar Joint Position: A Reliability Study*. 19(3), 162–174.

Speth, B., & Camathias, C. (2018). *Kindliche Beinachsen und Torsion*. 25–27.

Spirgi-Gantert, I., & Werbeck, B. (2014). FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics—Die Grundlagen (7.). Springer.

Tashiro, Y., Fukumoto, T., Uritani, D., Matsumoto, D., Nishiguchi, S., Fukutani, N., Adachi, D., Hotta, T., Morino, S., Shirooma, H., Nozaki, Y., Hirata, H., Yamaguchi, M., & Aoyama, T. (2015). *Children with flat feet have weaker toe grip strength than those having a normal arch*. 27(11), 3533–3536. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3533>

Toepfer, A. (2016). Der Knick-Senk-Fuß im Erwachsenenalter. *MMW Fortschritte der Medizin*(158), 56–59.

Toullec, E. (2015). *Adult Flatfoot*. 101(1), 11–17.
<https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.07.030>

Wippert, J. (2013). Pathomechanik des Knies aus Sicht des Spiraldynamik-Konzepts. 1–5.

Wei, Z., Zeng, Z., Liu, M., & Wang, L. (2022). Effect of intrinsic foot muscles training on foot function and dynamic postural balance: A systematic review and meta-analysis. 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266525>

Wippert, J. (2013). *Verschrauben lernen?* 5(6), 22–26.

zebris. (2019). zebris FDM 1.18x—Softwaregebrauchsanweisung. zebris Medical GmbH.

Internetquellen

Visuelle Analogskala. (2017). Georg Thieme Verlag. https://www.thieme.de/statics/dokumente/thieme/final/de/dokumente/tw_pflege/297500101_002_VAS_und_NRS.pdf

WHO DIMDI. (2014). ICD-10-GM Version 2015 - Kapitel XIII Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes (M00-M99).
<https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-suche/htmlgm2015/block-m20-m25.htm>

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende schriftliche Studienarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach anderen gedruckten, digitalen oder im Internet verfügbaren Werken entnommen sind, habe ich nach den üblichen Regeln wissenschaftlichen Zitierens kenntlich gemacht.

Ich versichere außerdem, dass die vorliegende Arbeit noch nicht in gleicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung oder als Modulleistung vorgelegt wurde.

Mir ist bewusst, dass wahrheitswidrige Angaben als Täuschungsversuch behandelt werden.

Cham, den 01.12.2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Heyn Larissa', written in a cursive style.

Heyn Larissa

Anhang

Teil I Spirdynamische Intervention

Stundenaufbau Spirdynamik®

Stunde 1

Priorität: Funktion-Struktur | Rückfuß | Fußlängsgewölbe

Prinzip: Achsenkorrektur | Spiralprinzip

Methode: Wahrnehmung/Mobilisierung

1. Theorie Konzept/Prinzipien/Ablauf

- Spirdynamik® handelt ressourcenoptimierend im Bereich der Bewegung und Behandlung und wird unter dem Begriff der Komplementärmedizin eingeordnet. Das Konzept basiert auf der Evolutionsgeschichte und beinhaltet anatomisch-funktionelle Grundlagen. Das Ziel ist das eigenverantwortliche Bewegungslernen zu erreichen, damit die Probanden ein Verständnis für ihre funktionelle Störung entwickeln.
- In der Therapiestunde werden Bewegungen neu erlernt bzw. Varianten aufgezeigt, die sofort in alltagsrelevante Bewegungen integriert werden und somit in den Alltag, in den Beruf und Freizeitaktivitäten transferiert werden können.
- Das Konzept existiert seit über 20 Jahren und wurde von dem Arzt Dr. Christian Larsen und einer französischen Physiotherapeutin Yolande Deswarte begründet und durch ein Expertenteam systematisch weiterentwickelt.
- Spirdynamik® setzt sich aus dem Grundprinzip, dem Polprinzip zusammen, wodurch sich das Aufrichte- und Gewölbeprinzip und dem Spiralprinzip entwickeln (Spiralprinzip, Gewölbeprinzip und Wellenprinzip).
- Prioritäten:
 - Ursachen- und Risikoanalyse
 - Optimierung der Globalfunktion (Funktionsabläufe konkret in den Alltag umsetzen)
 - Know-how-Transfer in den Alltag
 - Gezielte Rezidiv-Prophylaxe

- Eigenverantwortung fordern und fördern im Sinne von Verhaltensänderung und Selbstoptimierung
- Therapiezusammensetzung: strukturelle, biophysikalische, funktionelle, koordinative und externe Prinzipien.
- 2 Therapieeinheiten/Woche für 45 bis 60Min zum Erlernen, Transferieren und Festigen der neuen Bewegungen.
- Die Stunden werden aufgebaut in „Verstehen, Wahrnehmen, Anwenden, Integrieren“.
- Jede Stunde beginnt mit dem Verstehen und einer Wahrnehmungsübung und endet mit derselben Wahrnehmungsübung, um den IST-Zustand überprüfen zu können.
- Zudem bekommen die Probanden eine Hausaufgabe, die sie bis zur nächsten Stunde daheim üben sollen.

2. 3D-Wahrnehmung Bodengefühl

- Material: weißes Blatt Papier, Farbstifte
- Start: mit geschlossenen Augen sich in die Standmitte beider Füße einpendeln
- Aktion: Durch Pendeln des Körpers in verschiedene Richtungen der Druckverteilung zwischen links und rechts, Vorfuß und Rückfuß, Innenseite und Außenseite. Erspüren von Hauptbelastungszonen, Auflagefläche, Spannungszustand der Zehen. Augen öffnen und Bodengefühl auf Blatt Papier zeichnen: Umriss, Belastungspunkte, Fußstellung, blinde Flecken. Stärke des Auflagedrucks durch verschiedene Farben markieren
- Auswertung: intuitiv - spiegeln Form, Stellung, Symmetrie, Druckverteilung, Schmerz

3. Theorie Fußanatomie/Fersenstellung/Pathomechanik Knickfuß



- Circa 33 Gelenke, fast 60 Muskeln, über 100 Bänder und 200 Sehnen. Fuß besteht aus einem Quer- und einem Längsgewölbe und wird in den Vorfuß, Mittelfuß und Rückfuß unterteilt (Zehen, Mittelfuß, Fußwurzeln, Fersenbein, Sprungbein, Schien- und Wadenbein)
 - Das **Fersenlot** von hinten betrachtet.
 - Die Keilbeine: durch Schraubung im Fuß stabil verkeilt.
 - Die Fußknöchelreihe: flacher C-Bogen beim entlasteten Fuß.
- Fuß: Ferse tendenziell außenbelastet (Supination Rückfuß); Großzehe mit gutem Bodenkontakt (Pronation Vorfuß)
- Vorfuß: Der Vorfuß bildet ein sichtbares Quergewölbe, welches erst unter Belastung flachgedrückt wird
 - Oberes Sprunggelenk: Fortbewegung dank Beuge- und Streckbewegung kombiniert mit leichter Drehkomponente.
 - Unteres Sprunggelenk: Ausgleich von Bodenunebenheiten durch eine komplexe Kipp-Dreh-Bewegung.
 - Mittelfußgelenke: spiralige Schraubung von Vor- und Rückfuß, Gewölbe und Stabilität.
 - Zehengrundgelenke: Stoßdämpfung, abrollen und abstoßen.
- Bein: Oberschenkel außenrotiert. Unterschenkel innenrotiert. Diese Drehrichtungen sind nicht bzw. nur äußerst minimal umkehrbar. Die Kniescheibe des unverdrehten Knickgelenkes zeigt gerade nach vorne, nicht nach innen
- Die intrinsische Fußmuskulatur und M. tibialis anterior spielen wesentliche Rolle im Stand und im Gehen; Funktion das Fußgewölbe aufrechtzuerhalten und die Fußstellung zusammen mit den restlichen anatomischen Strukturen, wie Knochen, Bänder, extrinsische Muskulatur und Faszien zu kontrollieren.
- Fokus auf Aufbau des Fundaments: Entgegensteuern eines Pes valgus.

- Durch die moderne Welt und ihre fehlenden Unebenheiten mit Straßen aus Beton oder einem Parkettboden in der Wohnung, adaptiert der Fuß und der Körper baut die Muskulatur, die nicht mehr gebraucht wird, ab.
- Biomechanische Vorgänge als Ganzes verstehen: der menschliche Körper kann mit einem Haus verglichen werden. Eine schöne Hausfassade ist zwar nicht schlecht, aber für die Lebenserwartung und die Werterhaltung ist allerdings das Fundament entscheidend. Wird ein Haus auf einen instabilen Untergrund gebaut, kann es mit den Jahren ins Rutschen kommen und schief stehen. Geschätzt leiden 50% der Erwachsenen unter Knickfüßen, das heißt das Fersenbein steht schief und kann somit von oben nicht lotgerecht belastet werden. Dadurch entsteht die funktionelle Therapiestrategie: die orthograde Belastung. Nach dieser Strategie wird die programmierte Therapie priorisiert.
- Die Ferse knickt nach innen, das Os naviculare in die Supination: dadurch entsteht der Senkfuß und meistens auch ein Spreizfuß.
- Damit die Bewegungstherapie gestartet werden kann, sollte zunächst der Knickfuß mit der 3D-Verschraubung mobilisiert werden. Der Mobilitätszuwachs muss anschließend in alltägliche Bewegungsabläufe eingebaut werden. Valgusstellung des Rückfußes hat Verkettung nach oben zur Folge: die gesamte Beinachse rotiert nach innen, wodurch die Hüftaußenrotatoren an Funktionalität, an Aktivität und Kraft verlieren.

4. 3D-Wahrnehmung Fersenlot

- Start: Augen (halb)geschlossen, auf beiden Füßen stehend
- Aktion: Aufmerksamkeit auf beide Fersen. Abwechselnd rhythmische Gewichtsverlagerung im Rückfuß: Supination auf Außenkante, Pronation auf die Innenseite. Unter optischer Kontrolle oder verbal dem Patienten Feedback geben, bis beide Fersenteile kerzengerade eingestellt sind. Diese Stellung für 10 sec. Halten - jetzt alle Muskelspannung loslassen (Das Ausmaß der Rückstellbewegung entspricht der bevorstehenden Veränderung)
- Dosierung: Ziel ist erreicht, wenn Patient seine Wahrnehmung geeicht und orthograde Fersenbeinstellung selbstständig wiederfinden kann.
- Kontrolle: ungenügende Fersenaufrichtung, übertriebene Varusstellung im Rückfuß, Kontaktverlust der Großzehe am Boden

5. 3D-Mobilisierung Rückfuss gegen Vorfuss - Fußspirale konzentrisch

- Hilfsmittel: keine.
- Start: Patient sitzt bequem; eine Hand greift den Rückfuß, die andere den Vorfuß, den Oppositionsbogen MTP 1-5 manuell unterstützend. OSG rechtwinklig, Fußstellung orthograd.
- Aktion: Synchronisierte 3D-Torsion von Rück- und Vorfuß:
 - Das Fersenbein wird supiniert, distal vertikalisiert und distal abduziert - mit dem Aufbau des Längsgewölbes und der Verlängerung der Fersenaußenseite.
 - Der Vorfuß proniert und flektiert ohne Hyperextension der Zehengrundgelenke. Zudem „Anti-Varisierung“ des ersten Strahls. Mit anderen Worten: Das Naviculare proniert und bewegt dabei nach lateral (Talonaviculargelenk!).
 - Die 3D-Torsion erfolgt konzentrisch. Die beiden Hände „schieben den Fuß nur scheinbar zusammen“, sie unterstützen vielmehr das Längsgewölbe. Sobald genügend Flexibilität im Fuß vorhanden ist, kann der Patient seine Fußmuskulatur bewegungssynchron konzentrisch anspannen.
- Dosierung: Mobilisation und Entspannung werden im Rhythmus 2:1 wiederholt; Intensität im Wohlfühlbereich; Dauer 2 bis 5 Minuten pro Fuß. Das Ziel ist erreicht, wenn der Senkplattfuß im definierten Torsionssinn flexibel ist.
- Kontrolle: Kein Spitzfuß; kein Sichelfuß

6. Stand: Bodengefühl

- Die Übung „3D-Wahrnehmung Bodengefühl“ wird am Ende der Stunde als eine Art Retest wiederholt

7. Hausaufgabe: jeden Abend an Bettkante 1-2min/Fuß Fußspirale

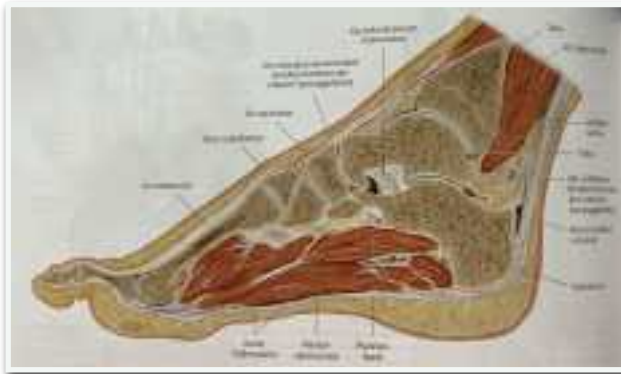
Stunde 2

Priorität: Funktion-Struktur | Fußlängsgewölbe

Prinzip: Spiralprinzip

Methode: Wahrnehmung/Mobilisierung/Kräftigung

1. Theorie Muskulatur Fußlängsgewölbe



- Aktive Verspannung durch Unterschenkelmuskulatur: Musculus flexor hallucis longus und Musculus flexor digitorum longus
- Und durch die kurze Fußmuskulatur: Musculus abductor hallucis, Musculus flexor hallucis brevis, Musculus flexor digitorum brevis, Musculus quadratus plantae und Musculus abductor digiti minimi pedis
- Steigbügelkonstruktion: die Sehnen des M. tibialis anterior (medial) und des M. peroneus longus (lateral) sind um den Fuß gespannt, wodurch dieser wie in einem Steigbügel aufgehängt ist.
- Durch den M. tibialis posterior wird die Ferse stabilisiert und der Fußinnenrand angehoben. Dadurch wird das Fußgewölbe aufgerichtet und unterstützt.
- Passive Verspannung durch Plantaraponeurose, Lig. plantare longum, Lig. calcaneonaviculare plantare
- Bei einem gesunden Fuß liegen nur die Ferse, Zehenballen und Zehen auf dem Boden auf
- Die Unterseite ist durch eine Fettschicht und die Plantarfaszie geschützt
- Spannung der Muskulatur und der Plantarfaszie zur Abfederung des Fußes beim Gehen (Stoßdämpfung) und zur Energieabsorbierung für den späteren Abdruck über den Großzeh

2. 3D-Wahrnehmung Bodengefühl

- Material: weißes Blatt Papier, Farbstifte
- Start: mit geschlossenen Augen sich in die Standmitte beider Füße einpendeln
- Aktion: Durch Pendeln des Körpers in verschiedene Richtungen der Druckverteilung zw. Links und rechts, Vorfuß und Rückfuß, Innenseite und Außenseite. Erspüren von Hauptbelastungszonen, Auflagefläche, Spannungszustand der Zehen. Augen öffnen und Bodengefühl auf Blatt Papier zeichnen: Umriss, Belastungspunkte, Fußstellung, blinde Flecken. Stärke des Auflagedrucks durch verschiedene Farben markieren
- Auswertung: intuitiv - spiegeln Form, Stellung, Symmetrie, Druckverteilung, Schmerz

3. 3D-Wahrnehmung Fußpendel

- Material: Bodenmatte
- Start: Rückenlage, Füße hüftbreit aufgestellt; bei guter Beweglichkeit breiter
- Aktion: Zweipunkt-Bodenkontakt erspüren: Fersenaußenkante und MTP 1. eventuell taktile Hilfe. Oberschenkel so weit nach außen sinken lassen, wie der Bodenkontakt MTP 1 aktiv gehalten werden kann. Fünf Sekunden halten. Jetzt Knie langsam zusammen, bis sie sich berühren. Dabei das Fersenbein aktiv supinieren. Kein Knickfuß! Der Bewegungszyklus in langsamem Rhythmus wiederholt erfordert alternierend aktive Vorfuß-Pronation und Rückfuß-Supination.
- Variation: Übung analog im Stehen mit „Kniekreisen“.
- Dosierung: 1.Serie: 5 min, 2. Serie: 2 min
- Kontrolle: Kein Knickfuß während Knieadduktion: Kein Nachlassen des MTP 1-Bodenkontakts während Abduktion (manuell prüfen)

4. 3D-Mobilisierung Fußspirale im Sitzen

- Aktion: Im Sitzen, den Übungsfuß leicht voraus, das Knie befindet sich auf einer Linie etwas seitlich von der Ferse. Der Fuß liegt leicht mit der Außenseite auf dem Boden auf. Jetzt soll sich Vorfuß nach unten schrauben, Großzehengrundgelenk berührt den Boden.
- Dosierung: im 4- bis 6-Sekunden-Rhythmus während 1 Minute, 3 Serien

- Aufgepasst: Beim Verschrauben des Fußes bleiben Ferse und Knie stabil. Die Füße dürfen nach innen einknicken und trotzdem auf der Außenkante stehen. Die Drehbewegung findet im Mittelfuß statt, nehmen Sie die Verschraubung bewusst wahr.
- Varianten: Egal ob im Meeting, bei der Kniebeuge im Fitnessstudio oder einer Yogaübung: Richten Sie Ihre Ferse achselgerecht aus und schrauben Sie den Vorfuß dagegen. Haben Sie ihre Füße im Griff, versuchen Sie es beim Autofahren: Mittels Fußverschraubung fein dosiert Gas geben statt Bleifuß

5. 3D-Kräftigung Fußspirale mit Theraband

- Material: Stuhl, rotes Theraband
- Start: Im Sitzen starten
- Aktion: Das Theraband wird über eine Schlaufe um den Vorfuß gewickelt: das Band von der Großzehen-Gewölbeinnenseite schräg über den Fußrist wickeln, spiralig um den Unterschenkel herum und hinten am Knie vorbei; das freie Ende wird in die Hand genommen. Den Fuß auf die Außenkante auf dem Boden absetzen und den Großzehenballen in Richtung Boden bewegen, als ob ein Magnet den Ballen nach unten ziehen würde. Diese Position für einen kurzen Moment halten, dann wieder zurück
- Dosierung: im 4- bis 6-Sekunden-Rhythmus während 1 Minute, 3 Serien
- Aufgepasst: Das Knie bleibt immer an Ort und Stelle, es bewegt sich nicht mit. Die Zehen bleiben entspannt und gestreckt - Krallenzehen sollten vermieden werden.

6. 3D-Stabilisation Fußschraube

- Hilfsmittel: rotes Theraband
- Start: entspanntes Stehen. Mit beiden MTP I auf das flache Ende des Therabands stehen. Theraband unter Zug bringen. Lässt der Bodenkontakt im MTP I nach, schnellst das Theraband weg.
- Aktion: Beide Fersenteile langsam in orthograde Stellung bringen, so weit wie möglich, ohne das Theraband zu verlieren. Bei kontraktum Knicksenkfuß oder Insuffizienz der Mm.peronei wird die orthograde Stellung nicht erreicht.
- Variation: beidbeinig.
- Dosierung: 30 Sekunden, 5 Wiederholungen beidseitig

- Kontrolle: Das Theraband übernimmt Feedbackfunktion. Springt es weg, war die Rückfuß-Supination zu dominant oder die Vorfuß-Pronation zu schwach. Stellungskontrolle des Rückfußes durch den Therapeuten oder mittels Spiegel.

7. Stand: Bodengefühl

- Die Übung „3D-Wahrnehmung Bodengefühl“ wird am Ende der Stunde als eine Art Retest wiederholt

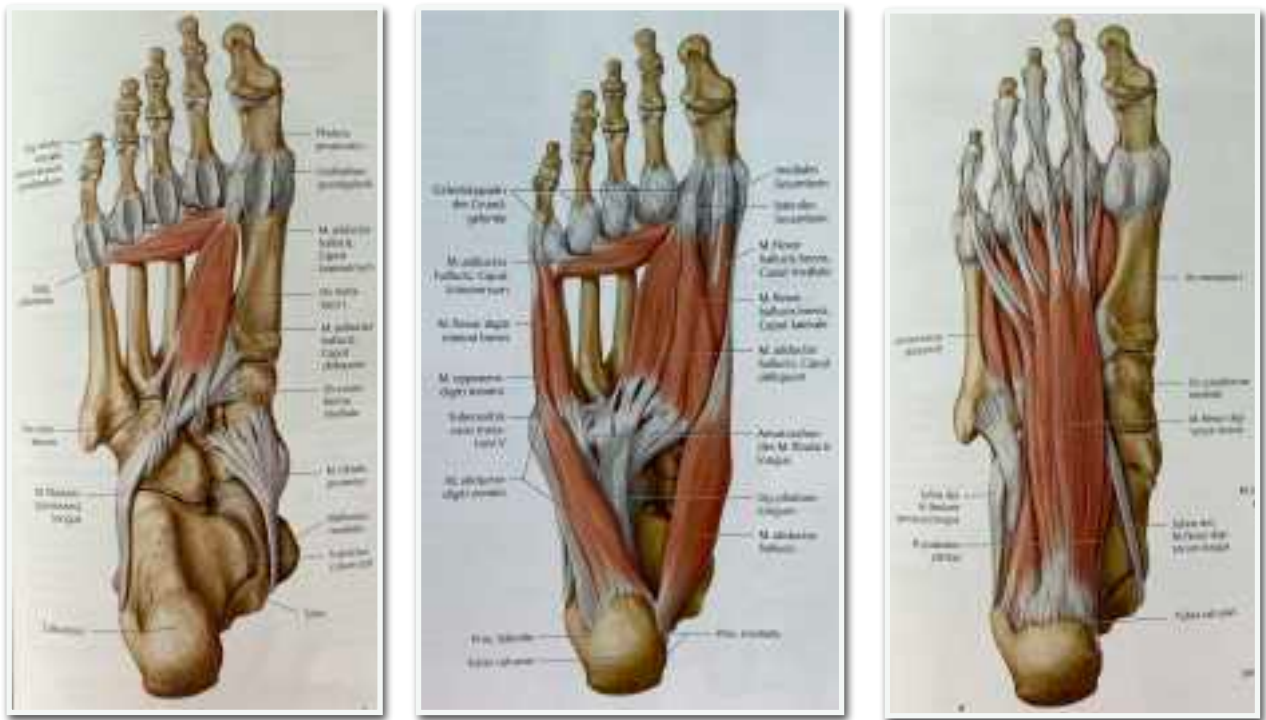
8. Hausaufgabe: beim Zähneputzen aktive Fußverschraubung beidseits
2min

Stunde 3

Priorität: Funktion-Struktur | Fußquergewölbe

Prinzip: Gewölbeprinzip

Methode: Wahrnehmung/Mobilisierung/Kräftigung



1. Theorie Muskulatur Vorfuß

- Die kräftige Wadenmuskulatur sorgt für den nötigen Antrieb beim Abbremsen und Abstoßen.
- Die Schienbeinmuskeln umgreifen den Mittelfuß wie ein Steigbügel. Sie drehen den Rückfuß nach außen. Die Wadenbeinmuskeln drehen den Vorfuß nach innen und unterstützen so die Spirale.
- Die kurzen Fußsohlenmuskeln geben dem Gewölbe Halt und Spannkraft. Sie können überdehnt (Plattfuß) oder verkürzt (Hohlfuß) sein.
- Die längs und quer verlaufende tiefe Ballenmuskulatur verstrebt das flache Vorfußquergewölbe, macht es zu einem effizienten Stoßdämpfer und vermittelt Impulskraft beim Abstoßen.
- Zehengrundgelenke: Stoßdämpfung abrollen und abstoßen.

2. Wahrnehmung Bodengefühl und Auflagefläche Vorfuß

- Material: weißes Blatt Papier, Farbstifte
- Start: mit geschlossenen Augen sich in die Standmitte beider Füße einpendeln
- Aktion: Durch Pendeln des Körpers in verschiedene Richtungen der Druckverteilung zw. Links und rechts, Vorfuß und Rückfuß, Innenseite und Außenseite. Erspüren von Hauptbelastungszonen, Auflagefläche des Vorfußes, Spannungszustand der Zehen. Augen öffnen und Bodengefühl auf Blatt Papier zeichnen: Umriss, Belastungspunkte, Fußstellung, blinde Flecken. Stärke des Auflagedrucks durch verschiedene Farben markieren
- Auswertung: intuitiv - spiegeln Form, Stellung, Symmetrie, Druckverteilung, Schmerz

3. Mobilisierung C-Bogen Vorfuß

- Hilfsmittel: Stuhl
- Start: Groß- und Kleinzehengrundgelenke in eine Hand nehmen und mit einer Einrollbewegung diese gegeneinander drehen.
- Aktion: Es entsteht ein gleichmäßiger C-Bogen, eine Bogenbrücke. Beim eingesteiften Vorfuß die Zehengrundgelenke gebeugt und die Zehen gestreckt halten. Zusätzlich die Mittelfußknochen von unten mit den Fingern abstützen. Bewegung rhythmisch wiederholen.
- Dosierung: 3 Minuten pro Fuß
- Kontrolle: Alle fünf Fußknöchel sollen dabei gut sichtbar sein (keine Krallenzehen machen). Groß- und Kleinzehengrundgelenk nicht „auseinanderziehen“.

4. Zehenraupen

- Hilfsmittel: Hocker
- Start: Füße ruhen auf dem Boden
- Aktion: Das Quergewölbe dosiert aufbauen, den C-Bogen ein paar Sekunden halten. Die geballte Kraft im Ballen spüren, dann wieder loslassen. Die Zehengrundgelenke, wie kleine Raupen rhythmisch auf und ab bewegen. Die Kräftigung der Ballenmuskulatur erfordert eine angemessene Belastung des Vorfußes, am besten mittels Körpergewichtsverlagerung. Der Muskel wächst

am Widerstand. Teilbelastung langsam steigern bis zur Vollbelastung im Stehen.

- Dosierung: 2 Minuten pro Fuß
- Variation: Beim Plattfuß wandern die Zehenraupen rückwärts, das Längsgewölbe nimmt an Höhe zu.
- Kontrolle: keine Krallenzehen

5. Turmspringer

- Hilfsmittel: Treppe
- Start: Stand auf unterster Treppenstufe. Fersen frei hängend, Vorfuß mit Bodenkontakt
- Aktion: Beide Fersenbeine in orthograde Stellung bringen und langsam absenken. Auf Beibehaltung der orthograden Fersenstellung achten. Bei Valgustendenz knickt der Rückfuß in diesem Moment regelmäßig ein. Fersen hoch zurück zum Horizontalen - dann langsam wieder runter - im eigenen Rhythmus rauf und runter - Fersen immer tiefer sinken lassen, bis maximale Dorsalextension erreicht ist. Schmerzhaften Anschlag der Tibiavorderkante am Talushals vermeiden.
- Variante: einbeinig
- Dosierung: 20 Wiederholungen, 3 Serien pro Seite
- Kontrolle: optische Kontrolle des Fersenteiles, eventuell im Spiegel

6. Sternensammler

- Hilfsmittel: Münzen, die im Raum verstreut werden
- Start: Schrittstellung
- Aktion: Schrittstellung einnehmen, die Ferse des vorderen Beins aufsetzen, der Vorfuß ist noch in der Luft. Eine Münze befindet sich genau dort, wo gleich der Vorfuß landen wird. Beim Abrollen und Abstoßen die Münze mitnehmen. Das Quergewölbe nimmt die Münze wie einen Saugnapf vom Boden auf und lässt sie dann wieder los.
- Dosierung: 2 bis 3 Minuten lang
- Kontrolle: Nicht mit den Zehen krallen. Das Einsammeln erfolgt durch Ansaugen mit den Fußballen - einem impulsartigen Aufbau des Quergewölbes im

Moment des Abstoßens. Der Impuls kommt sicht- und spürbar aus dem Vorfuß, nicht von den Hüftbeugern. Fersen möglichst gerade halten. (Sehr schwere Übungsaufgabe)

7. Stand: Bodengefühl

- Die Übung „3D-Wahrnehmung Bodengefühl“ wird am Ende der Stunde als eine Art Retest wiederholt

8. Hausaufgabe: 1Min Zehenraupen am Morgen an Bettkante

Stunde 4

Priorität: Verhalten ändern/Nachhaltigkeit | Fußgewölbe

Prinzip: Spiralprinzip/Gewölbeprinzip

Methode: Training/Heimprogramm/Integration in Alltag

1. 3D-Wahrnehmung Bodengefühl

- Material: weißes Blatt Papier, Farbstifte
- Start: mit geschlossenen Augen sich in die Standmitte beider Füße einpendeln
- Aktion: Durch Pendeln des Körpers in verschiedene Richtungen der Druckverteilung zw. Links und rechts, Vorfuß und Rückfuß, Innenseite und Außenseite. Erspüren von Hauptbelastungszonen, Auflagefläche, Spannungszustand der Zehen. Augen öffnen und Bodengefühl auf Blatt Papier zeichnen: Umriss, Belastungspunkte, Fußstellung, blinde Flecken. Stärke des Auflagedrucks durch verschiedene Farben markieren
- Auswertung: intuitiv - spiegeln Form, Stellung, Symmetrie, Druckverteilung, Schmerz

2. 3D-Kräftigung Fußspirale mit Theraband

- Material: Stuhl, rotes Theraband.
- Start: Im Sitzen starten.
- Aktion: Das Theraband wird über eine Schlaufe um den Vorfuß gewickelt: das Band von der Großzehen-Gewölbeinnenseite schräg über den Fußrücken wickeln, spiralig um den Unterschenkel herum und hinten am Knie vorbei; das freie Ende wird in die Hand genommen. Den Fuß auf die Außenkante auf dem Boden absetzen und den Großzehenballen in Richtung Boden bewegen, als ob ein Magnet den Ballen nach unten ziehen würde. Diese Position für einen kurzen Moment halten, dann wieder zurück
- Dosierung: im 4- bis 6-Sekunden-Rhythmus während 1 Minute, 5 Serien mit kurzen Pausen.
- Aufgepasst: Das Knie bleibt immer an Ort und Stelle, es bewegt sich nicht mit. Die Zehen bleiben entspannt und gestreckt - Krallenzehen sollten vermieden werden.

3. Zehenraupe mit Brettchen

- Hilfsmittel: Hocker, in der Studie wurde eine AIREX-Matte benutzt
- Start: Füße ruhen auf dem Boden, Zehen auf AIREX-Matte
- Aktion: Die Zehenspitzen ohne Krallen auf die Matte drücken. Der Mittelfußbereich hebt sich leicht ab und das Gewölbe wird aufgebaut. Die Vorstellung ist, dass der Fuß wie ein Frosch - sich vom Brett abstoßend - nach vorne springen möchte. Danach Spannung langsam nachlassen, und der Fuß senkt sich wieder.
- Dosierung: 2 Minuten
- Kontrolle: Die Kraft sollte aus den Zehengrundgelenken kommen und nicht die Zehen in den Boden krallen und in den vorderen Zehengelenken beugen.

4. Turmspringer

- Hilfsmittel: Treppe
- Start: Stand auf unterster Treppenstufe. Fersen frei hängend, Vorfuß mit Bodenkontakt
- Aktion: Beide Fersenbeine in orthograde Stellung bringen und langsam absenken. Auf Beibehaltung der orthograden Fersenstellung achten. Bei Valgustendenz knickt der Rückfuß in diesem Moment regelmäßig ein. Fersen hoch zurück zur Horizontalen - dann langsam wieder runter - im eigenen Rhythmus rauf und runter - Fersen immer tiefer sinken lassen, bis maximale Dorsalextension erreicht ist. Schmerzhaften Anschlag der Tibiavorderkante am Talushals vermeiden.
- Variante: einbeinig
- Dosierung: 20 Wiederholungen, 3 Serien pro Seite
- Kontrolle: optische Kontrolle des Fersenteiles, eventuell im Spiegel

5. Zeitlupengang: Abrollbewegung Fuss/Vorfußsimpuls (Spurenleger/Sternensammler)

- Aktion: In Zeitlupe gehen und auf die 4 Phasen konzentrieren:
 - Bodenkontakt: Die Ferse weich und gerade aufsetzen, die Vorfußballenmuskulatur ist zum Abfedern bereit.

- Belastung: Die Ferse gerade halten, das Gewölbe stabil, die Knie gerade ausrichten, den unteren Rücken lang machen. Beim Aufsetzen des Ballens den Vorfuß aktiv gegen den stabilisierenden Rückfuß verschrauben. Groß- und Kleinzehengrundgelenk berühren den Boden gleichzeitig, die Zehen bleiben entspannt und in den Grundgelenken leicht gebeugt.
 - Abrollen: Vorfuß - Ferse - Knie in einer Linie halten, die Leiste offen.
 - Abstoßen: Vorfußimpuls; nach dem Abstoßen die Zehen entspannt lassen.
- Dosierung: 10 Minuten
 - Kontrolle: Jede der vier Phasen hat ihre charakteristischen Herausforderungen. Folgendes sollte vermieden werden:
 - Bodenkontakt: harter und ungedämpfter Aufprall auf dem Boden, Ferse kippt nach innen.
 - Belastung: Ferse knickt nach innen; Knie dreht nach innen.
 - Abrollen: Becken kippt vor, Hohlkreuz; Leiste bleibt geschlossen.
 - Abstoßen: Vorfußimpuls fehlt, Zehen verspannt und überstreckt.

6. Stand: 3D Wahrnehmung Bodengefühl

- Die Übung „3D-Wahrnehmung Bodengefühl“ wird am Ende der Stunde als eine Art Retest wiederholt

7. Hausaufgabe: Integration aller 3 bisherigen Aufgaben von Stunde 1-3 in Alltag

Stunde 5

Priorität: Funktion-Struktur | Hüfte | Beinachse

Prinzip: Achsenkorrektur/Spiralprinzip

Methode: Wahrnehmung/Mobilisierung



1. Theorie Beinspirale

- Das Bein besteht aus einem Oberschenkelknochen und den zwei Unterschenkelknochen Schien- und Wadenbein.
- Der Fuß hat drei Rückfußknochen (Ferse, Sprungbein, Kahnbein), außerdem vier Mittelfußknochen und fünf Zehenstrahlen.
- Die logische Abfolge der Zehen 1 bis 5 entspricht der zunehmenden Aufsplitterung und Verfeinerung der tragenden Skelettstrukturen.
- Stoß kann dadurch nach oben aufgefangen und auf vielgliedrige Struktur verteilt werden.
- Einer der wichtigsten Muskeln für den perfekten Dreh ist der Schneidermuskel, M.sartorius, der sich vom äußeren Hüftknochen über den Oberschenkel schlingt und knapp unterhalb des Kniegelenks vorn innen am Unterschenkel ansetzt.
- Dadurch wird Oberschenkel nach außen und der Unterschenkel nach innen gedreht.
- Im Hüftgelenk überwiegen die Muskeln der Außenrotation: Hüftbeuger und Hüftstrecker wirken zusätzlich nach außen drehend.
- Das Schienbein dreht nach innen. Im Kniegelenk dominieren die Muskeln der Innenrotation.
- Der Schneidermuskel sorgt für den richtigen Dreh: er ist für die Steuerung verantwortlich.
- Die Spirale beginnt sozusagen bei der Hüfte, läuft durch den Schneidermuskel über den Oberschenkel Richtung Knieinnenseite,



zieht dann über die Unterschenkelrückseite nach außen und über den Fußrücken zum großen Zeh —> das Sprung-, Knie- und Hüftgelenk stehen perfekt im Lot und die Traglinie verläuft exakt senkrecht durch alle drei Gelenkmittelpunkte.

- Durch Außenrotation des Schienbeins, entsteht X-Bein mit einer Überlastung der Muskeln und Bänder auf der Knieinnenseite und später degenerativen Veränderungen. Folglich drehen die Oberschenkel im Hüftgelenk nach innen und der Sicherheitsabstand zwischen Schenkelhals und Pfannendach verengt sich. Dadurch kippt das Becken nach vorne ab und der untere Rücken verändert sich zu einem Hohlkreuz. Diese Bewegung bedeutet für die Wirbelsäule, dass sich die Brustwirbelsäule in einen Rundrücken zwingt. Mechanisch verschiebt der Hohl-Rundrücken den Kopf nach vorne, der Nacken verkürzt sich und die Muskulatur verspannt.

2. 3D-Wahrnehmung Grosszehe-Hüftgelenk

- Material: Keine.
- Aktion: Beide Handflächen auf die Oberschenkel legen. Mithilfe der Hände beide Hüftgelenke in eine leichte Außenrotation führen, die Füße bleiben am Boden. Im eigenen Rhythmus beide Oberschenkel abwechselnd nach innen und nach außen führen. Dabei die Stellung der Großzehe beobachten. Die Rotation im Hüftgelenk überträgt sich auf die Großzehe: Mit der Innenrotation nehmen Knickfuß und Hallux valgus zu, mit der Außenrotation finden eine Achsenkorrektur statt. Bei ausgeprägter Innenrotationsfehlstellung der Kniegelenke, bei Knickfüßen und bei lockeren Bändern sind die sichtbaren Veränderungen ausgeprägter.
- Dosierung: Bis der funktionelle Zusammenhang optisch und kinästhetisch wahrgenommen wird.
- Kontrolle: Das Großzehengrundgelenk darf den Bodenkontakt nicht verlieren.

3. 3D-Wahrnehmung Spurtreue

- Hilfsmittel: Keine.
- Start: Gehen mit Tempovariationen von Zeitlupe bis Normaltempo.
- Aktion: In Zeitlupe über den Fußballen und die Großzehe abrollen. Dabei - optisch und kinästhetisch - wahrnehmen, ob der Fuß orthograd abrollt und so seine Spurtreue hält. Ausweichbewegungen über den lateralen Vorfuß - der

Fuß „sichelt“ - bewusst wahrnehmen. Genauso das vermehrte Einknicken des Rückfußes nach innen mit vermehrten medialen Schub- und Scherkräften im Vorfuß. Nacheinander verschiedene Gangarten und deren Einfluss auf das Abrollen im Großzehengrundgelenk ausprobieren. Schrittlänge: Kleine Schritte vermindern die Belastungskräfte beim Abrollen, das neue Standbein übernimmt früher gewichtstragende Funktion. Spurbreite: Liniengang und Überkreuzen der Ganglinie erfordern mehr Dorsalextension im Grundgelenk als eine hüftbreite Gangspur.

- Dosierung: Bis der Einfluss von Schrittlänge und Spurbreite auf die Abrolldynamik klar wahrgenommen wird.
- Kontrolle: Orthogrades Abrollen. Laterale Ausweichbewegungen bei Hallux rigidus bewusst wahrnehmen.

4. Mobilisierung Hüftgelenk Psoas-Relax

- Hilfsmittel: Socken, nicht rutschfester Boden oder kleine Teppiche als Hilfsmittel
- Start: Rückenlage, beide Beine aufgestellt.
- Aktion: langsames Ausstrecken eines Beines, der Fuß bleibt am Boden. Infolge geringer Haftreibung rutscht der Fuß wie von allein in die Extension, der M. psoas bremst und kontrolliert die Streckbewegung im Hüftgelenk - in Zeitlupe bis zur vollständigen Beinstreckung. Jetzt den M. psoas vollständig entspannen. Dasselbe Bein wieder anwinkeln und die Psoas-Relax-Übung wiederholen. Relaxation im Anschluss an exzentrisches Training bahnt die normale Funktion an. Variante: Das gestreckte Bein im Anschluss an die Streckung und Entspannung alternierend nach innen und nach außen rotieren, mit den Fingerspitzen die rotierende Gelenkkugel in der Leiste palpieren.
- Kontrolle: Keine Lendenlordose, orthograde Fußstellung beider Beine.
- Dosierung: 2 Minuten pro Bein.

5. 3D-Stabilisierung Beinspirale

- Hilfsmittel: rotes Theraband.
- Beschreibung Bandwicklung: Theraband um das betroffene Bein wickeln. Zuerst das Band wie ein Flipflop zwischen den ersten und zweiten Zeh führen, von oben nach unten, dann das Band um die Großzehe wickeln und diagonal von vorne innen über den Fußrücken nach hinten, um den Unterschenkel

herum, hinter dem Knie vorbei, vorne über den Oberschenkel, hinter dem Becken führen... das freie Ende in die Hand auf der betroffenen Seite.

- Start: entspanntes Stehen. Mit beiden MTP I auf das flache Ende des Therabands stehen. Theraband unter Zug bringen. Lässt der Bodenkontakt im MTP I nach, schnellt das Theraband weg.
- Aktion: Das Theraband spiralgig von unten nach oben wickeln. Beide Fersenteile langsam in orthograde Stellung bringen, so weit wie möglich, ohne das Theraband zu verlieren. Bei Kontrakte Knicksenkfuß oder Insuffizienz der Mm.peronei wird die orthograde Stellung nicht erreicht.
- Variation: Wahrnehmung, Gewichtsverlagerung
- Dosierung: Im 4- bis 6-Sekunden-Rhythmus, 1 Minute pro Seite, 3 Serien mit kurzen Pausen
- Kontrolle: Achten Sie darauf, dass das Band möglichst breitflächig angelegt ist. Die Übertragung des Therabandzuges wird so optimiert. Wenn Sie keinen Effekt spüren, dürfen Sie etwas mehr Zug aufs Band geben.

6. Flamingo (Integration Fersenaufrichtung/Beinachse)

- Hilfsmittel: bei Standunsicherheiten Barren
- Start: entspanntes Stehen auf beiden Füßen. Bei Bedarf Hand locker am Barren.
- Aktion: Beide Fersenteile in orthograde Stellung bringen. Gewichtsverlagerung auf ein Bein, diese Ferse aktiv stabilisieren - vorsichtig das andere Bein heben - unnötige Muskelspannungen lösen, innere und äußere Ruhe finden. Manuell oder Verball situative Hilfeleistung: Aufrichtung des Kalkaneus, Bodenkontakt von Zehen und deren Grundgelenken, Außenrotation im Hüftgelenk, Beckenhochstand Spielbeinseite, Beckenrotation zur Standbeinseite
- Dosierung: 30 Sekunden pro Seite, 5 Wiederholungen
- Kontrolle: Der „Flamingo“ steht 30 Sekunden auf einem Bein ohne Fremdhilfe

7. Stand: Wahrnehmung Fuß-und Beinachse

8. Hausaufgabe: Flamingo 30-60sec pro Bein beim Zähneputzen

Stunde 6

Priorität: Funktion-Struktur | Hüfte | Beinachse

Prinzip: Spiralprinzip/Kraft/Stabilität

Methode: Kräftigung/Training

1. Flamingo (wie steht Beinachse, wie stabil fühlt es sich an?)

- Hilfsmittel: bei Standunsicherheiten Barren
- Start: entspanntes Stehen auf beiden Füßen. Bei Bedarf Hand locker am Barren.
- Aktion: Beide Fersenteile in orthograde Stellung bringen. Gewichtsverlagerung auf ein Bein, diese Ferse aktiv stabilisieren - vorsichtig das andere Bein heben - unnötige Muskelspannungen lösen, innere und äußere Ruhe finden. Manuell oder Verball situative Hilfeleistung: Aufrichtung des Kalkaneus, Bodenkontakt von Zehen und deren Grundgelenken, Außenrotation im Hüftgelenk, Beckenhochstand Spielbeinseite, Beckenrotation zur Standbeinseite
- Dosierung: 30 Sekunden pro Seite, 5 Wiederholungen
- Kontrolle: Der „Flamingo“ steht 30 Sekunden auf einem Bein ohne Fremdhilfe

2. 3D-Stabilisation Fußschraube

- Hilfsmittel: rotes Theraband
- Start: entspanntes Stehen. Mit beiden MTP I auf das flache Ende des Therabands stehen. Theraband unter Zug bringen. Lässt der Bodenkontakt im MTP I nach, schnellt das Theraband weg.
- Aktion: Beide Fersenteile langsam in orthograde Stellung bringen, so weit wie möglich, ohne das Theraband zu verlieren. Bei kontraktem Knicksenkfuß oder Insuffizienz der Mm.peronei wird die orthograde Stellung nicht erreicht.
- Variation: beidbeinig.
- Dosierung: 30 Sekunden, 2-5 Wiederholungen beidseitig
- Kontrolle: Das Theraband übernimmt Feedbackfunktion. Springt es weg, war die Rückfuß-Supination zu dominant oder die Vorfuß-Pronation zu schwach. Stellungskontrolle des Rückfußes durch den Therapeuten oder mittels Spiegel.

3. 3D-Stabilisierung Beinspirale

- Hilfsmittel: rotes Theraband.
- Beschreibung Bandwicklung: Theraband um das betroffene Bein wickeln. Zuerst das Band wie ein Flipflop zwischen den ersten und zweiten Zeh führen, von oben nach unten, dann das Band um die Großzehe wickeln und diagonal von vorne innen über den Fußrücken nach hinten, um den Unterschenkel herum, hinter dem Knie vorbei, vorne über den Oberschenkel, hinter dem Becken führen... das freie Ende in die Hand auf der betroffenen Seite.
- Aktion: Band spiralig von unten nach oben wickeln. Zu Beginn die Verschraubung im Bein durch den Zug des Therabands spüren. Nach und nach die Gewichtsverlagerung und die Vorbereitung auf das Gehen einbauen.
- Dosierung: Im 4- bis 6-Sekunden-Rhythmus, 1 Minute pro Seite, 3 Serien mit kurzen Pausen
- Variation: 1. Serie: Wahrnehmung, 2. Serie: Schrittstellung, 3. Serie: Gehen
- Aufgepasst: Achten Sie darauf, dass das Band möglichst breitflächig angelegt ist. Die Übertragung des Therabandzuges wird so optimiert. Wenn Sie keinen Effekt spüren, dürfen Sie etwas mehr Zug aufs Band geben.

4. Außenrotatorentraining Hüfte

- Hilfsmittel: Matte
- Start: Seitenlage links, das linke Bein ist im Hüftgelenk leicht angewinkelt (45°), das obere wird mit je 90° Grad im Hüft- und Kniegelenk gebeugt. Die Wirbelsäule ist lang und gerade.
- Aktion: Die unteren Außenrotatoren drehen den Oberschenkel nach außen und stoßen das Knie ein bisschen nach vorne in Verlängerung der Schenkelachse. Die Ferse dreht mit dem Unterschenkel Richtung Boden. Einige Wiederholungen können ein leichtes Brennen in der Tiefe hinter dem Trochanter bewirken. Die Gesäßmuskeln bleiben relativ entspannt.
- Kontrolle: Der Oberschenkel bleibt im Hüftgelenk 90° Grad gebeugt, Knie- und Hüftgelenk auf gleicher Höhe. Das rechte Hüftbein wird nicht nach hinten gezogen. Die Gesäßmuskeln sind entspannt.
- Dosierung: 40 Wiederholungen pro Seite

5. Sumo

- Start: barfuß, Knie gebeugt, Schwerpunkt tief - wie ein Torhüter oder Sumoringer vor dem Einsatz
- Aktion: Die Fersen werden funktionell aufgerichtet (Fersen-Lot). Der Patient pendelt mittels Schwerpunktverlagerung ein, bis er die subjektiv stabilste Stellung gefunden hat. Wichtig ist guter Bodenkontakt, am besten barfuß, das garantiert die erforderliche Haftreibung. Jetzt beide Füße „nach außen schrauben“ - ohne Nachlassen des Bodenkontakts der Großzehengrundgelenke. So, als ob die Füße auf zwei Schraubverschlüssen stünden und diese durch die Fußbewegung nach außen geschraubt würden. Die Aktivierung der Hüftaußenrotatoren führt zur funktionellen Stabilisierung der Beinachsen - der Sumoringer ist einsatzbereit. Durch sanften Händedruck auf Schultern, Rücken oder Becken können sie das Gleichgewicht ihres Patienten aus verschiedenen Richtungen stören. Variationen der Fußstellung von parallel bis 45° Außenrotation helfen, das Fersenbein unter verschiedenen Bedingungen aktiv zu stabilisieren.
- Dosierung: Schwierigkeitsgrad langsam steigern, Dauer 3 Minuten
- 1.Minute: parallele Fußstellung, 2.Minute: Fußrotation leicht nach außen, 3.Minute: Fußrotation 45° nach außen
- Kontrolle: orthograde Fersenteile, Belastungsverteilung auf Vor- und Rückfuß

6. Zeitlupeingang: Spurtreue (Integration Fuß-und Beinachse)

- Aktion: In Zeitlupe gehen und auf die 4 Phasen konzentrieren:
 - Bodenkontakt: Die Ferse weich und gerade aufsetzen, die Vorfußballenmuskulatur ist zum Abfedern bereit.
 - Belastung: Die Ferse gerade halten, das Gewölbe stabil, die Knie gerade ausrichten, den unteren Rücken lang machen. Beim Aufsetzen des Ballens den Vorfuß aktiv gegen den stabilisierenden Rückfuß verschrauben. Groß- und Kleinzehengrundgelenk berühren den Boden gleichzeitig, die Zehen bleiben entspannt und in den Grundgelenken leicht gebeugt.
 - Abrollen: Vorfuß - Ferse - Knie in einer Linie halten, die Leiste offen.
 - Abstoßen: Vorfußimpuls; nach dem Abstoßen die Zehen entspannt lassen.
- Dosierung: 10 Minuten

- Variation: Schwierigkeitsgrad steigern; ein Fuß - der andere Fuß - beide Füße. Tempo bis zum normalen Gehtempo steigern.
 - Kontrolle: Jede der vier Phasen hat ihre charakteristischen Herausforderungen. Folgendes sollte vermieden werden:
 - Bodenkontakt: harter und ungedämpfter Aufprall auf dem Boden, Ferse kippt nach innen.
 - Belastung: Ferse knickt nach innen; Knie dreht nach innen.
 - Abrollen: Becken kippt vor, Hohlkreuz; Leiste bleibt geschlossen.
 - Abstoßen: Vorfußimpuls fehlt, Zehen verspannt und überstreckt.
7. Flamingo (wie steht Beinachse, wie stabil fühlt es sich an)
- Die Übung „Flamingo“ wird am Ende der Stunde als eine Art Retest wiederholt
8. Hausaufgabe: Spurtreue, kurze Gehstrecke (individuell in der Stunde die Strecke festlegen)

Stunde 7

Priorität: Funktion-Struktur | Becken | Wirbelsäule

Prinzip: Aufrichteprinzip/Globalfunktion

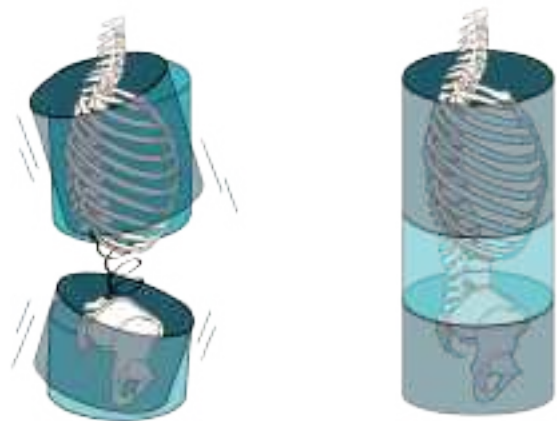
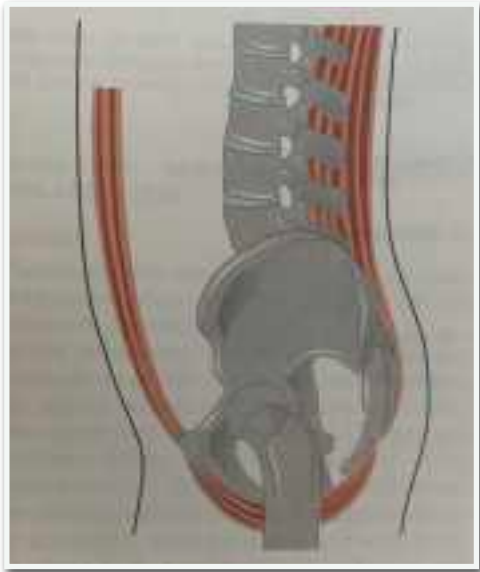
Methode: Wahrnehmung/Mobilisierung

1. Theorie Aufrichtung Wirbelsäule/Beckenstellung

- „Zentrum führt - Körper folgt“. Durch Bewegung wird der eigene Schwerpunkt verlagert und führt zu einer veränderten Ausgangsstellung. Das Becken ist ein stabil bewegliches Zentrum in der Dynamik, Stabilität durch Mobilität.
- Die Stellung des Beckens beeinflusst die Aufrichtung und das Gleichgewicht. Kippt dieses Fundament nach vorne, bauen die Wirbel auf einer schiefen Ebene ihre gekrümmte Säule (Hohlkreuz). Die Statik von Rumpf und Wirbelsäule ist beeinträchtigt, die muskuläre Balance verloren —> Bauchmuskeln überdehnt, Rückenstrecker verkürzt, usw.
- In der Dynamik führt die Kippung nach vorne zu einseitigen Bewegungs- und Belastungsmustern, die verhindern, dass Bandscheiben und Wirbelgelenke gleichmäßig belastet werden. Der Verlust der dreidimensionalen Beweglichkeit hat Folgen: chronische einseitige Belastungen führen zu Abnutzungen (Bandscheibenvorfälle, Arthrosen). Die Bewegung bleibt meist in der Lendenwirbelsäule und ist in der Weiterleitung in die untere Brustwirbelsäule gehemmt (Einschränkung im Brustkorb: Verringertes Atemvolumen, Reduktion Herzkreislauffeffizienz)
- Beckenaufrichtung bedeutet muskuläres Gleichgewicht zwischen den vorderen und hinteren Muskelanteilen.
- Aufgabe des Beckens beim Gehen und Laufen: Die Abstoßimpulse der Füße werden nach oben übertragen, indem das Becken die alternierende Verschraubung der Wirbelsäule auslöst. Die Position des Beckens entscheidet, ob die Abstoßkraft in Richtung Kopf übertragen oder die LWS gestaucht wird, bzw. ob die Bewegung weiter nach oben läuft oder nicht. Mobilität und Stabilität des Beckens sind in gleichem Maße gefragt, um in jeder Phase des Schrittes zentriert zu sein.
- Die Beckenbodenmuskulatur leitet die Einrollbewegung des Beckens ein, indem vor allem die innerste Schicht mit einem kräftigen Kontraktimpuls das Steiß- und Kreuzbein nach vorne-oben ins kleine Becken zieht. Dieser Einrollimpuls setzt die Lendenwirbelsäule unter Zug, die natürliche Lordose löst sich

auf (delordosiert). Im unteren Rücken geben die Muskeln langsam nach, die Bauchmuskeln werden angespannt, der Beckenboden wird aktiviert - ein muskuläres Gleichgewicht entsteht.

- Die Aufgabe des Beckens liegt in der gegensinnigen Orientierung zum Kopf: Das Becken zieht nach unten, der Kopf nach oben. Unter Zug bildet die Wirbelsäule die stabile Achse. Die langen Muskeln der Rumpfvorderseite bilden den mobilen Teil.



2. Wahrnehmung Beckenstellung in Rückenlage

- Hilfsmittel: Matte
- Start: In Rückenlage auf einer Matte liegend
- Aktion: Die Beine liegen ausgestreckt und entspannt auf der Matte. Die Wahrnehmung sollte nun in das Becken, das Kreuz, die Wirbelsäule und den Nacken gehen. Wie liegen diese Bereiche auf der Matte, wie viel Druck kommt an, welche Muskeln sind entspannt oder auch verspannt.
- Auswertung: intuitiv - spiegeln Form, Stellung, Symmetrie, Druckverteilung, Schmerz

3. Mobilisierung Beckenaufrichtung in Rückenlage

- Hilfsmittel: Matte, evtl. Redondoball bei Ansteuerungsschwierigkeiten
- Start: In Rückenlage auf eine Matte legen, die Beine sind aufgestellt und angewinkelt. Das Kreuz, der Übergang vom Rücken zum Gesäß, wird als „Südpol“ bezeichnet.

- Aktion: Die Muskeln in der Region des Südpols, im Lendenbereich, anspannen. Es entsteht ein Hohlkreuz. Die Verkürzung beim Einatmen bewusst wahrnehmen. Jetzt ausatmen und mit dem Atemfluss den Rücken entspannen und verlängern. Das Kreuz wandert nun nach unten. Die ganze Wirbelsäule verlängert sich. Es entsteht eine angenehme Dehnspannung der Wirbelsäule. Beim Einatmen löst sich diese Spannung der Wirbelsäule etwas, sie wird fühlbar kürzer, das Hohlkreuz ist wieder wahrnehmbar. Mit dem nächsten Ausatmen geht es wieder in die Länge. Die Atmung kann auch umgekehrt gekoppelt werden: Verlängerung und Dehnspannung beim Einatmen, Entspannung beim Ausatmen.
- Dosierung: 20 Wiederholungen.
- Kontrolle: auf die Fuß- und Beinstellung achten, keinen Knickfuß oder X-Bein.

4. Mobilisierung Kopfaufrichtung in Rückenlage

- Hilfsmittel: Matte
- Start: In Rückenlage auf eine Matte legen, die Beine sind aufgestellt und angewinkelt. Der Kopf wird nun als „Nordpol“ bezeichnet.
- Aktion: Die Muskeln in der Region des Nordpols, im Nackenbereich, entspannen. Es entsteht ein Hohnack. Die Verkürzung beim Einatmen bewusst wahrnehmen. Jetzt ausatmen und mit dem Atemfluss den Nacken entspannen und verlängern. Der Scheitel zieht nach oben. Die ganze Wirbelsäule verlängert sich. Es entsteht eine angenehme Dehnspannung der Wirbelsäule. Beim Einatmen löst sich diese Spannung der Wirbelsäule etwas, sie wird fühlbar kürzer, der Hohnack ist wieder wahrnehmbar. Mit dem nächsten Ausatmen geht es wieder in die Länge. Die Atmung kann auch umgekehrt gekoppelt werden: Verlängerung und Dehnspannung beim Einatmen, Entspannung beim Ausatmen.
- Dosierung: 20 Wiederholungen
- Kontrolle: auf die Fuß- und Beinstellung achten, keinen Knickfuß oder X-Bein.

5. Autoelongation Wirbelsäule in Rückenlage (Longissimo)

- Hilfsmittel: Matte, evtl. Redondoball bei Ansteuerungsschwierigkeiten
- Start: In Rückenlage auf eine Matte legen, die Beine sind aufgestellt und angewinkelt. Die Wirbelsäule wird in zwei Pole aufgeteilt. Der Kopf ist der „Nordpol“. Das Kreuz, Übergang vom Rücken zum Gesäß, liegt der „Südpol“.

- Aktion: Die Muskeln in der Region der beiden Pole anspannen, im Lenden- und im Nackenbereich. Es entstehen ein Hohlkreuz und ein Hohlnacken. Die Verkürzung beim Einatmen bewusst wahrnehmen. Jetzt ausatmen und mit dem Atemfluss Nacken und Rücken entspannen und verlängern. Beide Pole rollen voneinander weg. Der Scheitel nach oben, das Kreuz nach unten. Die ganze Wirbelsäule verlängert sich. Es entsteht eine angenehme Dehnspannung der Wirbelsäule. Beim Einatmen löst sich diese Spannung der Wirbelsäule etwas, sie wird fühlbar kürzer, Hohlkreuz und Hohlnacken sind wieder wahrnehmbar. Mit dem nächsten Ausatmen geht es wieder in die Länge. Die Atmung kann auch umgekehrt gekoppelt werden: Verlängerung und Dehnspannung beim Einatmen, Entspannung beim Ausatmen.
- Dosierung: 20 Wiederholungen
- Kontrolle: Darauf achten, dass sich Lenden- und Nackenmuskulatur möglichst vollständig entspannen. Die Bewegung von Becken und Kopf soll gleichmäßig und synchron erfolgen, keine Schiebebewegung, sondern eine Rollbewegung in Becken und Kopf. Nicht mit Kraft auseinanderziehen. Rollbewegung in die natürliche Länge vollziehen. Das Kinn sinkt mit der Rollbewegung des Kopfes etwas gegen das Brustbein, der Bauchnabel durch die Einrollbewegung des Beckens etwas in Richtung Brustkorb nach oben und Richtung Boden. Hinweis: Ausatmen in die Dehnung hilft beim Entspannen und Wahrnehmen der Länge.

6. Vor Wechsel in Stand Wahrnehmung Auflagefläche Rücken

- Aktion: Der Patient bleibt in der Rückenlage liegen und spürt der Autoelongation nach. Er soll nun wahrnehmen, wie der Rücken auf der Matte aufliegt.

7. Wiederholung der Übungen im Stand (Homo erectus/Autoelongation Kopf-Becken)

- Hilfsmittel: keine.
- Start: Der Patient steht entspannt auf beiden Füßen, Lenden- und Nackenbereich entspannt.
- Aktion: Die Muskeln in der Region der beiden Pole anspannen, im Lenden- und im Nackenbereich. Es entstehen ein Hohlkreuz und ein Hohlnacken. Die Verkürzung beim Einatmen bewusst wahrnehmen. Jetzt ausatmen und mit dem Atemfluss Nacken und Rücken entspannen und verlängern. Der Scheitel

nach oben, das Kreuz nach unten. Die ganze Wirbelsäule verlängert sich. Es entsteht eine angenehme Dehnspannung der Wirbelsäule. Beim Einatmen löst sich diese Spannung der Wirbelsäule etwas, sie wird fühlbar kürzer, Hohlkreuz und Hohnacken sind wieder wahrnehmbar. Mit dem nächsten Ausatmen geht es wieder in die Länge. Die Atmung kann auch umgekehrt gekoppelt werden: Verlängerung und Dehnspannung beim Einatmen, Entspannung beim Ausatmen.

- Dosierung: 20 Wiederholungen
- Kontrolle: Darauf achten, dass sich Lenden- und Nackenmuskulatur möglichst vollständig entspannen. Die Bewegung von Becken und Kopf soll gleichmäßig und synchron erfolgen, keine Schiebebewegung, sondern eine Rollbewegung in Becken und Kopf. Nicht mit Kraft auseinanderziehen. Rollbewegung in die natürliche Länge vollziehen. Der Kopf wandert bei der Rollbewegung in die orthograde Position auf den Hals zurück und Bauchnabel zieht beim Ausatmen nach innen Richtung Wirbelsäule.

8. Hausaufgabe: Homo erectus bei einer Alltagsaktivität im Stehen

Stunde 8

Priorität: Nachhaltigkeit | Becken | Beinachse | Wirbelsäule

Prinzip: Spiralprinzip/Aufrichteprinzip/Globalfunktion

Methode: Kräftigung/Training

1. Autoelongation Wirbelsäule im Stand

- Hilfsmittel: keine
- Start: Der Patient steht entspannt auf beiden Füßen, Lenden- und Nackenbereich entspannt.
- Aktion: Die Muskeln in der Region der beiden Pole anspannen, im Lenden- und im Nackenbereich. Es entstehen ein Hohlkreuz und ein Hohnacken. Die Verkürzung beim Einatmen bewusst wahrnehmen. Jetzt ausatmen und mit dem Atemfluss Nacken und Rücken entspannen und verlängern. Der Scheitel nach oben, das Kreuz nach unten. Die ganze Wirbelsäule verlängert sich. Es entsteht eine angenehme Dehnspannung der Wirbelsäule. Beim Einatmen löst sich diese Spannung der Wirbelsäule etwas, sie wird fühlbar kürzer, Hohlkreuz und Hohnacken sind wieder wahrnehmbar. Mit dem nächsten Ausatmen geht es wieder in die Länge. Die Atmung kann auch umgekehrt gekoppelt werden: Verlängerung und Dehnspannung beim Einatmen, Entspannung beim Ausatmen. Während der Übung das Bodengefühl wahrnehmen, wie fühlt sich der Fuß am Boden an, wie stehen die Knie, wie fühlt sich das Becken an?
- Dosierung: 20 Wiederholungen
- Kontrolle: Darauf achten, dass sich Lenden- und Nackenmuskulatur möglichst vollständig entspannen. Die Bewegung von Becken und Kopf soll gleichmäßig und synchron erfolgen, keine Schiebebewegung, sondern eine Rollbewegung in Becken und Kopf. Nicht mit Kraft auseinanderziehen. Rollbewegung in die natürliche Länge vollziehen. Der Kopf wandert bei der Rollbewegung in die orthograde Position auf den Hals zurück und Bauchnabel zieht beim Ausatmen nach innen Richtung Wirbelsäule.

2. Außenrotatorentaining Hüfte

- Hilfsmittel: Matte
- Start: Seitenlage links, das linke Bein ist im Hüftgelenk leicht angewinkelt (45°), das obere wird mit je 90° Grad im Hüft- und Kniegelenk gebeugt. Die Wirbelsäule ist lang und gerade.
- Aktion: Die unteren Außenrotatoren drehen den Oberschenkel nach außen und stoßen das Knie ein bisschen nach vorne in Verlängerung der Schenkelachse. Die Ferse dreht mit dem Unterschenkel Richtung Boden. Einige Wiederholungen können ein leichtes Brennen in der Tiefe hinter dem Trochanter bewirken. Die Gesäßmuskeln bleiben relativ entspannt.
- Kontrolle: Der Oberschenkel bleibt im Hüftgelenk 90° Grad gebeugt, Knie- und Hüftgelenk auf gleicher Höhe. Das rechte Hüftbein wird nicht nach hinten gezogen. Die Gesäßmuskeln sind entspannt.
- Dosierung: 10 bis 40 Wiederholungen pro Seite

3. Anti-Trendelenburg

- Hilfsmittel: Wand oder Geländer bei Gleichgewichtsproblemen
- Start: Einbeinstand mit orthograder Fußstellung. Knie- und Hüftgelenk der Spielbeinseite im rechten Winkel.
- Aktion: Funktionelle 3D-Beckenbewegung mit 3D-Hüftextension der Standbeinseite - bestehend aus:
 - Becken aufrichten (proximale Hüftextension),
 - Becken auf der Standbeinseite senken (proximale Hüftabduktion),
 - Beckenrotation zum Standbein (proximale Hüftinnenrotation); Thorax bleibt geradeaus gerichtet.
- Variante: Becken der Spielbeinseite im Sekundenrhythmus hochheben und wieder zur Horizontale absenken. Dabei sind die schrägen Bauchmuskeln aktiv, nicht der M. quadratus lumborum. Diese Variante entspricht dem dynamischen Trendelenburg-Muskeltest zur Diagnose der Abduktoreninsuffizienz.
- Dosierung: 30 Sekunden, 3 bis 5 Wiederholungen.
- Kontrolle: Kein Trendelenburg, kein Hohlkreuz, keine Hyperaktivität des M. quadratus lumborum.

4. 3D-Beckendynamik (Beckentreppe)

- Hilfsmittel: Treppe.
- Start: vor einer Treppe stehen, bereit zum Hochsteigen.
- Aktion: Das linke Bein mit Beckenboden-Impuls auf die erste Treppenstufe heben. Die rechte Beckenhälfte sinkt bewusst in die stabile Position nach hinten-unten-außen auf das Standbein. Nun der entscheidende Moment: Das ganze Körpergewicht wird mit dem Hochsteigen impulsartig auf das andere Bein verlagert. Diesen Bewegungsauslöser bewusst mit dem Beckenboden geben. Dabei an einen Gummiball denken, der elastisch in die Höhe springt: Impuls und hoch auf die nächste Treppenstufe. Ganz über das neue Standbein richten, die Beckenhälfte sinkt nach hinten-unten-außen, ohne abzuknicken, Die Spielbeinseite führt mit der Beckenbewegung nach vorn-oben-innen den Fuß auf die nächste Treppenstufe. Mit einem weiteren Beckenboden-Impuls die nächste Stufe erklimmen - Schritt für Schritt die ganze Treppe hoch - aufgerichtet, elastisch und stabil. Das Becken bleibt dabei aufgerichtet.
- Dosierung: 5 Minuten
- Kontrolle: Vorerst in Zeitlupe üben und auf die Wahrnehmung im Becken auf der Standbeinseite konzentrieren: das Becken sinkt über den Oberschenkelkopf nach hinten-unten-außen. Achtung: Außen heißt nicht Wegknicken. Außen als eine Tendenz wahrnehmen, die zur optimalen Aufrichtung des Beckens führt. Das ergibt eine stabile Überdachung des Oberschenkelkopfs und schont das Hüftgelenk dank intelligenter Belastung. Als Nächstes auf die Gegenbewegung der Spielbeinseite achten: Das Becken kommt hier nach vorn-oben-innen. Bein- und Fußachsen beachten: keine X-Beine und möglichst parallel gerichtete Füße.

5. Treppe: Integration Länge über Standbein

- Hilfsmittel: Treppenstufen.
- Start: langsames Treppensteigen.
- Aktion: Füße und Beinachsen analog zum „Zeitlupengang“. Hinzu kommt die Betonung der 3D-Beckenbewegungen. Das Spielbein wird eine Stufe höher platziert, das Standbein stößt nach hinten-unten ab.
- Becken Spielbeinseite: Beckenanheben ohne M. quadratus lumborum, Beckenaufrichtung ohne LWS-Hyperlordose, Beckenrotation weg vom Spielbein ohne Valgisierung der Spielbeinachse.

- Becken Standbeinseite: Beckentieftand ohne Trendelenburg, Beckenauf-
richtung ohne LWS-Kyphose, Beckenrotation zur Standbeinseite ohne Ver-
lust der orthograden Patellastellung.
- Dosierung: 3 Minuten.
- Kontrolle: Orthograde Fußbelastung, gerade Beinachsen und funktionelle
Drehrichtungen.

6. Zeitlupeingang: Integration Länge über Standbein (Anti-Trendelenburg)

- Aktion: In Zeitlupe gehen und auf die 4 Phasen konzentrieren:
 - Bodenkontakt: Die Ferse weich und gerade aufsetzen, die Vorfuß-
ballenmuskulatur ist zum Abfedern bereit.
 - Belastung: Die Ferse gerade halten, das Gewölbe stabil, die Knie
gerade ausrichten, den unteren Rücken lang machen. Beim Auf-
setzen des Ballens den Vorfuß aktiv gegen den stabilisierenden
Rückfuß verschrauben. Groß- und Kleinzehengrundgelenk berühren
den Boden gleichzeitig, die Zehen bleiben entspannt und in den
Grundgelenken leicht gebeugt.
 - Abrollen: Vorfuß - Ferse - Knie in einer Linie halten, die Leiste offen.
 - Abstoßen: Vorfußimpuls; nach dem Abstoßen die Zehen entspannt
lassen.
- Funktionelle 3D-Beckenbewegung mit 3D-Hüftextension der Stand-
beinseite - bestehend aus
 - Becken aufrichten (proximale Hüftextension),
 - Becken auf der Standbeinseite senken (proximale Hüftabduktion),
 - Beckenrotation zum Standbein (proximale Hüftinnenrotation); Tho-
rax bleibt geradeaus gerichtet.
- Dosierung: 10 Minuten
- Variation: Schwierigkeitsgrad steigern; ein Fuß - der andere Fuß - beide Füße.
Tempo bis zum normalen Gehtempo steigern.
- Kontrolle: Jede der vier Phasen hat ihre charakteristischen Herausforderun-
gen. Folgendes sollte vermieden werden:
 - Bodenkontakt: harter und ungedämpfter Aufprall auf dem Boden,
Ferse kippt nach innen.

- Belastung: Ferse knickt nach innen; Knie dreht nach innen.
- Abrollen: Becken kippt vor, Hohlkreuz; Leiste bleibt geschlossen.
- Abstoßen: Vorfußimpuls fehlt, Zehen verspannt und überstreckt.

7. Stand: Bodengefühl, Beinachse, Beckenstellung wahrnehmen

- Hilfsmittel: keine.
- Aktion: Zum Abschluss noch einmal in den Körper hineinführen und das Bodengefühl, die Beinachse und die Beckenstellung wahrnehmen.

8. Hausaufgabe: Beckentreppe 1min/Bein an einer Stufe (dabei Fersenlot, Großzehenballenverankerung, Beinachse und Autoelongation Wirbelsäule beachten)

Stunde 9

Priorität: Nachhaltigkeit | Integration von Fuss bis Kopf

Prinzip: Spiralprinzip/Aufrichteprinzip/Globalfunktion

Methode: Training/Integration in Alltag

1. 3D-Mobilisierung Fußspirale im Sitzen

- Aktion: Sie sitzen, den Übungsfuß leicht voraus, das Knie befindet sich auf einer Linie etwas seitlich von der Ferse, Ihr Fuß liegt leicht mit der Außenkante auf dem Boden auf. Jetzt soll sich Ihr Vorfuß nach unten schrauben, Ihr Großzehengrundgelenk berührt den Boden.
- Dosierung: im 4- bis 6-Sekunden-Rhythmus während 1 Minute, 5 Serien mit kurzer Pause.
- Aufgepasst: Beim Verschrauben des Fußes bleiben Ferse und Knie stabil. Die Füße dürfen werden nach innen einknicken noch auf der Außenkante stehen. Die Drehbewegung findet im Mittelfuß statt, nehmen Sie die Verschraubung bewusst wahr.
- Varianten: Egal ob im Meeting, bei der Kniebeuge im Fitnessstudio oder einer Yogaübung: Richten Sie Ihre Ferse achselgerecht aus und schrauben Sie den Vorfuß dagegen. Haben Sie ihre Füße im Griff, versuchen Sie es beim Autofahren: Mittels Fußverschraubung fein dosiert Gas geben statt Bleifuß

2. Zehenraupe mit Brettchen

- Hilfsmittel: Hocker, in der Studie wurde eine AIREX-Matte benutzt
- Start: Füße ruhen auf dem Boden, Zehen auf AIREX-Matte
- Aktion: Die Zehenspitzen ohne Krallen auf die Matte drücken. Der Mittelfußbereich hebt sich leicht ab und das Gewölbe wird aufgebaut. Die Vorstellung ist, dass der Fuß wie ein Frosch - sich vom Brett abstoßend - nach vorne springen möchte. Danach Spannung langsam nachlassen, und der Fuß senkt sich wieder.
- Dosierung: 2 Minuten
- Kontrolle: Die Kraft sollte wirklich aus den Zehengrundgelenken kommen und nicht die Zehen in den Boden krallen und in den vorderen Zehengelenken beugen.

3. 3D-Stabilisierung Beinspirale

- Hilfsmittel: rotes Theraband
- Beschreibung Bandwicklung: Theraband um das betroffene Bein wickeln. Zuerst das Band wie ein Flipflop zwischen den ersten und zweiten Zeh führen, von oben nach unten, dann das Band um die Großzehe wickeln und diagonal von vorne innen über den Fußrücken nach hinten, um den Unterschenkel herum, hinter dem Knie vorbei, vorne über den Oberschenkel, hinter dem Becken führen... das freie Ende in die Hand auf der betroffenen Seite.
- Aktion: Band spiralig von unten nach oben wickeln. Zu Beginn die Verschraubung im Bein durch den Zug des Therabands spüren. Nach und nach die Gewichtsverlagerung und die Vorbereitung auf das Gehen miteinbauen.
- Dosierung: Im 4- bis 6-Sekunden-Rhythmus, 1 Minute pro Seite, 3 Serien mit kurzen Pausen
- Variation: 1. Serie: Wahrnehmung, 2. Serie: Gewichtsverlagerung, 3. Serie: Einbeinstand
- Aufgepasst: Achten Sie darauf, dass das Band möglichst breitflächig angelegt ist. Die Übertragung des Therabandzuges wird so optimiert. Wenn Sie keinen Effekt spüren, dürfen Sie etwas mehr Zug aufs Band geben.

4. Flamingo (Integration Fersenaufrichtung/Beinachse)

- Hilfsmittel: bei Standunsicherheiten Barren
- Start: entspanntes Stehen auf beiden Füßen. Bei Bedarf Hand locker am Barren.
- Aktion: Beide Fersenteile in orthograde Stellung bringen. Gewichtsverlagerung auf ein Bein, diese Ferse aktiv stabilisieren - vorsichtig das andere Bein heben - unnötige Muskelspannungen lösen, innere und äußere Ruhe finden. Manuell oder verbal situative Hilfeleistung: Aufrichtung des Kalkaneus, Bodenkontakt von Zehen und deren Grundgelenken, Außenrotation im Hüftgelenk, Beckenhochstand Spielbeinseite, Beckenrotation zur Standbeinseite
- Dosierung: 30 Sekunden pro Seite, 5 Wiederholungen
- Kontrolle: Der „Flamingo“ steht 30 Sekunden auf einem Bein ohne Fremdhilfe

5. 3D-Beckendynamik (Beckentreppe)

- Hilfsmittel: Treppe
- Start: vor einer Treppe stehen, bereit zum Hochsteigen.
- Aktion: Das linke Bein mit Beckenboden-Impuls auf die erste Treppenstufe heben. Die rechte Beckenhälfte sinkt bewusst in die stabile Position nach hinten-unten-außen auf das Standbein. Nun der entscheidende Moment: Das ganze Körpergewicht wird mit dem Hochsteigen impulsartig auf das andere Bein verlagert. Diesen Bewegungsauslöser bewusst mit dem Beckenboden geben. Dabei an einen Gummiball denken, der elastisch in die Höhe springt: Impuls und hoch auf die nächste Treppenstufe. Ganz über das neue Standbein richten, die Beckenhälfte sinkt nach hinten-unten-außen, ohne abzuknicken, Die Spielbeinseite führt mit der Beckenbewegung nach vorn-oben-innen den Fuß auf die nächste Treppenstufe. Mit einem weiteren Beckenboden-Impuls die nächste Stufe erklimmen - Schritt für Schritt die ganze Treppe hoch - aufgerichtet, elastisch und stabil. Das Becken bleibt dabei aufgerichtet.
- Dosierung: 3 Minuten
- Kontrolle: Vorerst in Zeitlupe üben und auf die Wahrnehmung im Becken auf der Standbeinseite konzentrieren: das Becken sinkt über den Oberschenkelkopf nach hinten-unten-außen. Achtung: Außen heißt nicht Wegknicken. Außen als eine Tendenz wahrnehmen, die zur optimalen Aufrichtung des Beckens führt. Das ergibt eine stabile Überdachung des Oberschenkelkopfs und schont das Hüftgelenk dank intelligenter Belastung. Als Nächstes auf die Gegenbewegung der Spielbeinseite achten: Das Becken kommt hier nach vorn-oben-innen. Bein- und Fußachsen beachten: keine X-Beine und möglichst parallel gerichtete Füße.

6. Zeitlupengang: Abrollbewegung Fuss, Abstoßimpuls, Fussachse, Länge über Standbein (Beckenstabilität/Anti-Trendelenburg/Aufrichtung Kopf)

- Aktion: In Zeitlupe gehen und auf die 4 Phasen konzentrieren:
 - Bodenkontakt: Die Ferse weich und gerade aufsetzen, die Vorfußballenmuskulatur ist zum Abfedern bereit.
 - Belastung: Die Ferse gerade halten, das Gewölbe stabil, die Knie gerade ausrichten, den unteren Rücken lang machen. Beim Aufsetzen des Ballens den Vorfuß aktiv gegen den stabilisierenden Rückfuß verschrauben. Groß- und Kleinzehgrundgelenk berühren

den Boden gleichzeitig, die Zehen bleiben entspannt und in den Grundgelenken leicht gebeugt.

- Abrollen: Vorfuß - Ferse - Knie in einer Linie halten, die Leiste offen.
 - Abstoßen: Vorfußimpuls; nach dem Abstoßen die Zehen entspannt lassen.
 - Funktionelle 3D-Beckenbewegung mit 3D-Hüftextension der Standbeinseite - bestehend aus
 - Becken aufrichten (proximale Hüftextension),
 - Becken auf der Standbeinseite senken (proximale Hüftabduktion),
 - Beckenrotation zum Standbein (proximale Hüftinnenrotation); Thorax bleibt geradeaus gerichtet.
 - Autoelongation Kopf:
 - Scheitel zieht nach oben Richtung Decke. Rollbewegung in die natürliche Länge vollziehen. Der Kopf wandert bei der Rollbewegung in die orthograde Position auf den Hals zurück.
 - Dosierung: 5 Minuten
 - Variation: Schwierigkeitsgrad steigern; ein Fuß - der andere Fuß - beide Füße. Tempo bis zum normalen Gehtempo steigern.
 - Kontrolle: Jede der vier Phasen hat ihre charakteristischen Herausforderungen. Folgendes sollte vermieden werden:
 - Bodenkontakt: harter und ungedämpfter Aufprall auf dem Boden, Ferse kippt nach innen.
 - Belastung: Ferse knickt nach innen; Knie dreht nach innen.
 - Abrollen: Becken kippt vor, Hohlkreuz; Leiste bleibt geschlossen.
 - Abstoßen: Vorfußimpuls fehlt, Zehen verspannt und überstreckt.
7. Hausaufgabe: alle bisherigen Hausaufgaben in Alltag integrieren, Zeitlupegang

Teil II Einverständniserklärung

Probandeninformation und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben: **Eine historisch kontrollierte Studie: Die Auswirkungen von spiraldynamischen Übungen auf das mediale Längsgewölbe und das Gangbild bei einem Pes Planovalgus**

Probandeninformation

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

Ich bitte Sie, an einer wissenschaftlichen Studie teilzunehmen. In dieser Probandeninformation finden Sie alles Wesentliche zu der Studie. Bitte lesen Sie diese Information sorgfältig durch. Diese Studie wird von mir, Larissa Heyn, geplant und durchgeführt. Ich werde zusätzlich mit Ihnen über die Studie sprechen und Ihre Fragen beantworten. Das Rehasentrum Uschi Martin unterstützt die Studie finanziell. Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Wenn Sie nicht teilnehmen wollen oder wenn Sie später Ihre Einwilligung widerrufen, werden Ihnen daraus keine Nachteile entstehen.

Warum wird diese Studie durchgeführt?

Es existieren viele Fußfehlstellungen, die Probleme nach sich ziehen können. Im Jahr 2017 hatten rund 31% der Frauen und 19% der Männer in Deutschland Fuß- und Fersenschmerzen. Eine der Fußfehlstellungen ist der Knick-Senk-Fuß: dieser kann zu Schmerzen in Sprunggelenk, Knie, Hüften und in der Wirbelsäule führen und somit den gesamten Bewegungsapparat negativ beeinflussen.

Das Programm "Spiraldynamik" existiert seit knapp 30 Jahren und beschäftigt sich mit der ganzheitlichen Behandlung von speziellen Diagnosen, wie der Knick-Senk-Fuß. Wie gut können also die Übungen aus diesem Programm bei der Stabilisierung des Fußes und der Reduzierung von Schmerzen helfen, im Vergleich zu einem anderen Programm.

Wie läuft die Studie ab?

Die Teilnehmer werden in 2 Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 beginnt mit dem Therapiekonzept Spiraldynamik, während Gruppe 2 Übungen für zuhause und Informationen über die Fußfehlstellung erhält. Nach 5 Wochen findet ein Wechsel statt. Insgesamt sind 12 Besuche im Rehazentrum Uschi Martin notwendig. Für jeden Besuch planen Sie bitte 45 Minuten ein. Beim ersten Termin wird eine Untersuchung in Form einer Ganganalyse durchgeführt. Die erste Trainingseinheit ist ein 1:1 Training, die weiteren 8 Trainingseinheiten finden in einem 2:1 Training in den Räumlichkeiten des Rehazentrums Uschi Martin statt. Mit jedem Teilnehmer wird zu Beginn der Studie, nach 5 und nach 10 Wochen eine Ganganalyse durchgeführt, die 30 Minuten dauern wird.

Gibt es einen persönlichen Nutzen durch die Teilnahme an der Studie?

Durch die Durchführung des Programms können Ihre Schmerzen gelindert werden. Dies ist nicht abschließend erforscht. Es ist allerdings möglich, dass Sie durch Ihre Teilnahme keinen direkten Nutzen haben. Die Ergebnisse der Studie können jedoch in Zukunft anderen Menschen helfen.

Welche Risiken sind mit einer Teilnahme an der Studie verbunden?

Durch Teilnahme an der Studie können Nebenwirkungen in Form einer vorübergehenden Verschlechterung der Symptomatik auftreten. In meiner Studie werden zwei Untersuchungen durchgeführt, die vor und nach der Durchführung des Programms stattfinden. Dabei dürfen Sie auf ein Laufband, damit eine Ganganalyse durchgeführt werden kann. Die Teilnahme an der Studie kostet Ihnen Zeit, da Sie 12x für jeweils 30 bis 45 Minuten zu mir ins Rehazentrum kommen müssten.

Entstehen zusätzliche Kosten?

Durch die Teilnahme an der Studie entstehen Ihnen keine Kosten.

Was wird von mir erwartet?

Um bei der Studie teilnehmen zu können, müssen Sie folgende Einverständniserklärung unterschreiben. Ich würde Sie darum bitten bei jedem Termin zu erscheinen, damit die Studie erfolgreich durchgeführt werden kann. Aufgrund möglicher Ermüdungseffekte bitte 24 Stunden vor der Untersuchung und dem Training keine intensive, körperliche Aktivität ausüben.

Ist es möglich, im Verlauf aus der Studie auszusteigen?

Ihre Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können jederzeit die Teilnahme beenden. Sie müssen dies nicht begründen. Es entstehen für Sie dadurch auch keine Nachteile.

Information zum Datenschutz

In dieser Studie ist Larissa Heyn für die Datenverarbeitung verantwortlich. Rechtsgrundlage für die Verarbeitung ist die persönliche Einwilligung (Art. 6 Abs. 1a, Art. 9 Abs. 2a DSGVO). Die Daten werden zu jeder Zeit vertraulich behandelt.

Die Daten werden ausschließlich zum Zweck dieser oben beschriebenen Studie erhoben und nur in diesem Rahmen verwendet.

Es ist möglich, dass wir Sie erneut kontaktieren wollen, nachdem die Studie abgeschlossen ist. Wenn Sie damit einverstanden sind, können Sie in der Einwilligungserklärung zustimmen.

Die erfassten Daten beinhalten auch personenidentifizierende Daten wie Name, Geburtsdatum und sensible personenbezogene Gesundheitsdaten.

Ich erfasse noch weitere personenbezogene Daten. Dazu gehören die biometrischen Daten, wie beispielsweise Ihre Körpergröße und Gewicht.

Alle Daten, durch die Sie unmittelbar identifiziert werden könnten, z.B. Ihr Name oder Ihr Geburtsdatum, werden durch einen Identifizierungscode ersetzt (pseudonymisiert). Damit ist es Unbefugten fast unmöglich, Sie zu identifizieren.

Die Daten werden im Rehazentrum Uschi Martin, Bgm-Seidl-Platz 1, 93444 Bad Kötzing gespeichert.

Für die Studie wird eine Ganganalyse durchgeführt, bei der eine zugehörige Kamera mitfilmt. Die Daten der Ganganalyse werden zunächst im Rehazentrum Uschi Martin gespeichert. Die Aufnahmen werden innerhalb von 3 Monaten analysiert und ausgewertet. Das Videomaterial wird dann gelöscht, sodass nur noch die ausgewerteten Daten existieren. Alle Informationen, die dritten Personen Rückschluss auf Sie ermöglichen würden, werden in der Ausformulierung so verändert, dass ein Rückschluss nicht mehr möglich ist. Die pseudonymisierten Daten werden für 10 Jahre im Rehazentrum Uschi Martin für den oben genannten Zweck gespeichert und dann gelöscht.

Wir übermitteln die personenbezogenen Daten weder an andere Einrichtungen in Deutschland, der EU, noch an ein Drittland außerhalb der EU oder an eine internationale Organisation.

Die Einwilligung zur Verarbeitung Ihrer Daten ist freiwillig. Sie können jederzeit die Einwilligung ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für Sie widerrufen. Danach werden keine Daten mehr erhoben. Sie können im Fall des Widerrufs die Löschung der erhobenen Daten verlangen. Die Daten können auch in anonymisierter Form weiterverwendet werden, wenn Sie dem zum Zeitpunkt Ihres Widerrufs zustimmen.

Sie haben das Recht, Auskunft über die Daten zu erhalten, auch in Form einer unentgeltlichen Kopie. Darüber hinaus können Sie die Berichtigung, Sperrung, Einschränkung der Verarbeitung oder Löschung sowie gegebenenfalls eine Übertragung der Daten verlangen. Die Rechtmäßigkeit, der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Verarbeitung wird hiervon nicht berührt.

Wenden Sie sich in diesen Fällen an:

Larissa Heyn, Jahnstraße 10, 93413 Cham, 0160/6774110, larissahey@aol.com

Bei Rückfragen zur Datenverarbeitung und zur Einhaltung des Datenschutzes wenden Sie sich bitte an den Datenschutzbeauftragten:

Sie haben ebenfalls das Recht, sich bei jeder Datenschutzaufsichtsbehörde zu beschweren. Eine Liste der Aufsichtsbehörden in Deutschland finden Sie unter: https://www.bfdi.bund.de/DE/Infothek/Anschriften_Links/anschriften_links-node.html

Die für Sie zuständige Aufsichtsbehörde erreichen Sie unter:

Bayerischer Landesbeauftragter für den Datenschutz Postanschrift: Postfach 22 12 19, 80502 München Hausanschrift: Wagnmüllerstraße 18, 80538 München E-Mail: poststelle@datenschutz-bayern.de

Probandeninformation und Einwilligungserklärung zum Forschungsvorhaben: Eine historisch kontrollierte Studie: Die Auswirkungen von spiraldynamischen Übungen auf das mediale Längsgewölbe und das Gangbild bei einem Pes Planovalgus

Einwilligung zur Teilnahme

Ich wurde von _____ über die Studie informiert. Ich habe die schriftliche Information und Einwilligungserklärung zu der oben genannten Studie erhalten und gelesen. Ich wurde ausführlich schriftlich und mündlich über den Zweck und den Verlauf der Studie, die Chancen und Risiken der Teilnahme und meine Rechte und Pflichten aufgeklärt. Ich hatte Gelegenheit Fragen zu stellen. Diese wurden zufriedenstellend und vollständig beantwortet. Zusätzlich zur schriftlichen Information wurden folgende Punkte besprochen:

Meine Einwilligung in die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Ich habe das Recht, meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen zu widerrufen, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen.

Ich willige hiermit in die Teilnahme an der oben genannten Studie ein.

Außerdem willige ich ein, dass ich nach Studienende erneut kontaktiert werde.

☐ Ja

☐ Nein

Name der teilnehmenden Person in Druckbuchstaben

Ort, Datum Unterschrift der teilnehmenden Person

Name der aufklärenden Person in Druckbuchstaben

Ort, Datum Unterschrift der aufklärenden Person

Einwilligung zur Datenverarbeitung

Die Verarbeitung und Nutzung der persönlichen Daten für die oben genannte Studie erfolgten ausschließlich wie in der Information zur Studie beschrieben.

Ich willige hiermit in die beschriebene Verarbeitung meiner personenbezogenen Daten, insbesondere auch Gesundheitsdaten, ein.

Ort, Datum Unterschrift der teilnehmenden Person

Ort, Datum Unterschrift der aufklärenden Person

Teil III Fragebogen

Studie Knicksenkfuß

1 Wie oft machen Sie in der Woche Sport?

Fragesupport: Jegliche körperliche Aktivität zählt, beispielsweise auch Spaziergehen

☐ Nie ☐ 1-2x/Woche ☐ 3-4x/Woche ☐ 5-6x/Woche ☐ Täglich

2 Tragen Sie Einlagen?

☐ Ja ☐ Nein

3 Wenn ja, wie oft tragen Sie Einlagen?

Fragesupport: Hier geht es um den Zeitraum vor der Intervention

☐ 1-2x/Woche ☐ 3-4x/Woche ☐ 5-6x/Woche ☐ Täglich

4 Welche Art von Einlagen tragen Sie?

Fragesupport: Zum Beispiel: orthopädische, sensorimotorische, aktive... Einlagen

5 Wie oft tragen Sie jetzt Ihre Einlagen?

Fragesupport: Hier geht es um den Zeitraum nach der Intervention

☐ Nie ☐ 1-2x/Woche ☐ 3-4x/Woche ☐ 5-6x/Woche ☐ Täglich

6 Wie oft haben Sie die Übungen aus dem Newsletter gemacht?

Fragesupport: Wählen Sie eine oder mehr Antworten

☐ Nie ☐ 1-2x/Woche ☐ 3-4x/Woche ☐ 5-6x/Woche ☐ Täglich

7 Wie oft haben Sie die Heimübungen gemacht?

Fragesupport: Hier geht es um den Zeitraum während der Intervention

☐ Nie ☐ 1-2x/Woche ☐ 3-4x/Woche ☐ 5-6x/Woche ☐ Täglich

8 Haben Sie die Heimübungen weiterhin gemacht?

Fragesupport: Dabei ist der Zeitraum nach der Intervention gemeint

☐ Nie ☐ 1-2x/Woche ☐ 3-4x/Woche ☐ 5-6x/Woche ☐ Täglich

9 Werden Sie die Übungen nach Ende der Studie weitermachen?

Fragesupport: Wählen Sie eine oder mehr Antworten

☐ Ja ☐ Nein

10 Subjektives Empfinden:
Hat sich etwas verändert?

und wenn ja, was?

Teil IV Newsletter

Newsletter Spiraldynamik®

Woche 1

Spiraldynamik® - was hat es damit auf sich?

Bei der Entwicklung vom affenähnlichen Greiffuß zum menschlichen Standfuß hat sich die Evolution etwas einfallen lassen: den Trick mit der Spirale. Das Kugelgewölbe des Greiffußes wurde in ein Spiralgewölbe umgebaut. Die Ferse wurde um 90° gedreht, der Fersenknochen massiv verstärkt und die Großzehe vorn flach angelegt.

Eine Drehung macht allerdings noch keine Spirale. Die Schraubenspirale hat eine genau definierte Form und Dynamik. Das Geheimnis liegt in den drei Dimensionen, die eine Helix bilden: C-Bogen, S-bogen plus Rotation. Rotation entsteht durch Drehung und Gegendrehung. Der C-Bogen entspricht der Aufwölbung in der Mitte, der S-Bogen ist am besten von oben sichtbar. Die Helix entsteht durch Rotation plus C-Bogen plus S-Bogen. Daraus entwickelte die Natur den menschlichen Fuß und genau dadurch sollte der Fuß auch gesund erhalten werden.

Die Spirale ist ein altbewährtes Lebens-, Bewegungs- und Strukturprinzip und begegnet uns in der Natur auf Schritt und Tritt: Schneckenhäuser, gewundene Geweihe, Pflanzen wachsen sich winden nach oben und gewinnen somit Stabilität und Biegsamkeit. Die Urelemente Luft und Wasser bewegen sich bevorzugt in Spiralform, als Wirbelwind oder Wasserstrudel. Die Liste von Beispielen erstreckt sich von der DNS-Doppelhelix der Chromosomen über die Nabelschnur bis zum galaktischen Spiralnebel.



▲ Die Kombination von Rotation und Gegenrotation (Bild links) sind



▲ den C-Bogen



▲ und den S-Bogen ist entscheidend für Stabilität und Elastizität des Fußgewölbes



▲ und ergibt letztendlich die spiralförmige Verschraubung.

Übung 1



1. Woche: Kurzer Fuß-Übung im Sitzen

- Du sitzt so auf einem Stuhl, dass deine Knie 90° gebeugt werden können.
- Finde die Balance: Vorfuß und Rückfuß werden gleich belastet.
- Drücke die Zehenballen sanft in den Boden.
- Ziehe die Ferse in Richtung des Großzehengrundgelenks und das Großzehengrundgelenk in Richtung Ferse und spüre wie sich das weiche Gewebe im Fußgewölbe leicht nach oben wölbt.
- Anschließend loslassen und das Fußgewölbe entspannen lassen.
- Versuche nicht die Zehen in den Boden zu krallen.
- 5 x 30 Sekunden Anspannung halten - 10 Sekunden zwischen den Sätzen pausieren
- Beide Seiten trainieren.

Woche 2

Füße sind das Fundament, auf dem wir stehen

Im Kindesalter haben die Füße noch sehr viel Bodenkontakt: sie kommen in Berührung mit dem Sand im Sandkasten, planschen im Wasser und laufen über Wiesen. Wenn nicht gerade zu enges, zu großes, zu hartes oder zu steifes Schuhwerk in Spiel kommen, haben die Füße eine großartige Entwicklung vor sich. Das Schlimmste für unsere Füße ist allerdings nicht die Schuhe, sondern der Untergrund, auf dem wir die meiste Zeit gehen. Es ist alles flach: der Beton auf der Straße, der Parkettboden in der Wohnung, der englische Rasen im Garten. Die fehlenden Unebenheiten sind das Gift für die bewegungsfreudigen Füße, wodurch die Gelenke und Muskeln verkümmern. Es ist also kein Wunder, dass bereits im Kindesalter Anpassungen in Form von Knick-, Senk- und Plattfüße stattfinden.

Die meisten Füße leiden unter der Vernachlässigung und gleichzeitiger Überforderung. Dadurch kommt es zu weiteren Veränderungen der Füße: die Großzehe gerät aus der Spur, die Füße werden breiter, die Zehen beginnen zu kralen, es entstehen Hühneraugen oder ein Fersensporn, die Achillessehne schmerzt und jeder Schritt am Morgen wird zu einer Höllenqual.

In der Spiraldynamik gibt es **fünf goldene Regeln** mit dem Inhalt, dass es nie zu spät ist, seinen Füßen einen Gefallen zu tun.

1. Gut zu Fuß. es ist nie zu spät!
2. Plötzliche Fußprobleme haben lange Vorgeschichten.
3. Lokale Fußprobleme gibt es nicht, sie sind immer global.
4. Der Alltag ist die beste Übung.
5. Qualität macht den Meister, nicht das Üben. Wer falsch übt, tut sich und seinen Füßen nichts Gutes.



Übung 2



2. Woche: Kurzer Fuß-Übung im Sitzen und Belastungssteigerung

- Du sitzt auf einem Stuhl
 - Dein zu trainierendes Bein stellst du ein bisschen weiter weg von dir und legst diagonal den Ellbogen auf den Oberschenkel (leichten Druck nach unten Richtung Fuß entwickeln).
 - Finde die Balance: Vorfuß und Rückfuß werden gleich belastet.
-
- Drücke die Zehenballen sanft in den Boden.
 - Ziehe die Ferse in Richtung des Großzehengrundgelenks und das Großzehengrundgelenk in Richtung Ferse und spüre wie sich das weiche Gewebe im Fußgewölbe leicht nach oben wölbt.
 - Anschließend loslassen und das Fußgewölbe entspannen lassen.
 - Versuche nicht die Zehen in den Boden zu krallen.
 - 5 x 30 Sekunden Anspannung halten - 10 Sekunden zwischen den Sätzen pausieren
 - Beide Seiten trainieren.

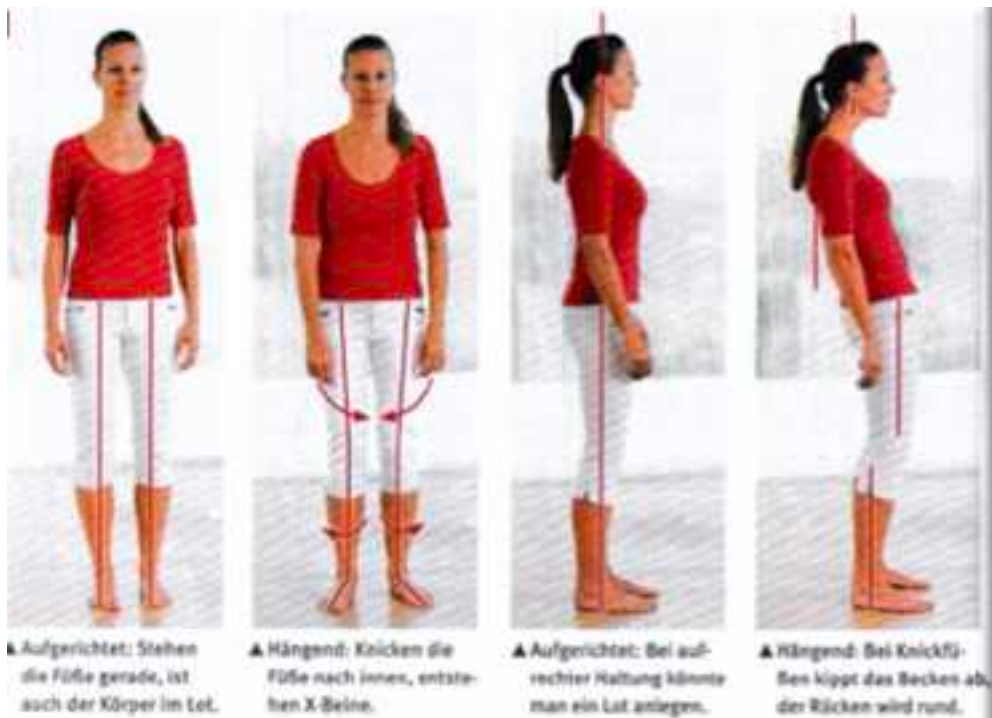
Woche 3

Was haben Knickfüße mit Kopfschmerzen zu tun?

Eine schöne Hausfassade ist eine feine Sache, aber für die Lebenserwartung und die Werterhaltung des Hauses ist das Fundament entscheidend. Wer sein Haus auf Sand baut, wird damit rechnen müssen, dass sein Haus früher oder später ins Rutschen gerät.

Geschätzt 50% der erwachsenen Bevölkerung haben einen Knickfuß: die Ferse steht somit schief statt gerade und werden von oben schräg belastet. Durch diese beginnende Fehlstellung kann es zu massiven Störungen im Fußgewölbe kommen.

Mit dem Einknicken der Ferse wird die gesamte Beinachse nach innen gedreht. Dadurch sind X-Beine, Überlastungen der Muskeln und Bänder auf der Knieinnenseite und später degenerative Veränderungen des Innenmeniskus vorprogrammiert. Zudem werden die Oberschenkel im Hüftgelenk nach innen gedreht, wodurch in den meisten Fällen das Becken nach vorne kippt. Dadurch wird der untere Rücken zum Hohlkreuz, die Brustwirbelsäule wird in einen Rundrücken gezwungen. Dieser sogenannte Hohl-Rundrücken schiebt den Kopf nach vorne, der Nacken verkürzt und verspannt sich. Tausende Nervenendigungen in der tiefen Nackenmuskulatur melden die chronischen Muskelverspannungen im Nacken, an Auge, Ohr und Gleichgewichtsorgan, was Spannungskopfschmerzen, Schwindel oder müde Augen auf die Bühne rufen kann.



Übung 3



3. Woche: Kurzer Fuß-Übung im Stand

- Du stellst dich hin.
- Finde die Balance: Vorfuß und Rückfuß werden gleich belastet.
- Drücke die Zehenballen sanft in den Boden.
- Ziehe die Ferse in Richtung des Großzehengrundgelenks und das Großzehengrundgelenk in Richtung Ferse und spüre wie sich das weiche Gewebe im Fußgewölbe leicht nach oben wölbt.
- Anschließend loslassen und das Fußgewölbe entspannen lassen.
- Versuche nicht die Zehen in den Boden zu krallen.
- 5 x 30 Sekunden Anspannung halten - 10 Sekunden zwischen den Sätzen pausieren
- Beide Seiten trainieren.

Woche 4

Fußskelett und Fußmuskeln

Das Fußskelett ist ein komplexes Wunderwerk aus 28 Knochen. Vier gut sichtbare Orientierungspunkte helfen dir bei der Selbstdiagnose und Übungskontrolle: Fersenbein, Keilbeine, Fußknöchelreihe und Zehennägel. Beim gesunden Fuß erkennst du:

- Das Fersenlot von hinten betrachtet
- Die Keilbeine: durch Schraubung im Fuß stabil verkeilt.
- Die Fußknöchelreihe: flacher C-Bogen beim entlasteten Fuß.
- Alle Zehennägel sind im Stehen mit bloßem Auge sichtbar (bei Krallen- und Hammerzehen sind sie nicht mehr sichtbar).

Die verschiedenen Gelenke teilen sich die unterschiedlichen Aufgaben:

- Oberes Sprunggelenk: Fortbewegung dank Beuge- und Streckbewegung kombiniert mit leichter Drehkomponente.
- Unteres Sprunggelenk: Ausgleich von Bodenunebenheiten durch eine komplexe Kipp-Dreh-Bewegung.
- Mittelfußgelenke: spiralige Schraubung von Vor- und Rückfuß, Gewölbe und Stabilität.
- Zehengrundgelenke: Stoßdämpfung, abrollen und abstoßen.

Dynamik und Stabilität:

- Stabilität: Rückfuß
- Beweglichkeit: Mittelfuß
- Abrollen: Vorfuß
- Stoßdämpfung: Fußsohle

Vier Muskelgruppen garantieren das aktive Zusammenspiel im Fuß: aufsetzen, Stoßdämpfung, abrollen und abstoßen.

- kräftige Wadenmuskulatur: Antrieb beim Abbremsen und Abstoßen.
- Schienbeinmuskeln: umgreift den Mittelfuß wie ein Steigbügel, dreht den Rückfuß nach außen. Die Wadenbeinmuskulatur drehen den Vorfuß nach innen und unterstützen die Spirale.

- kurzen Fußsohlenmuskeln: geben dem Gewölbe Halt und Spannkraft. Sie können überdehnt (Plattfuß) oder verkürzt (Hohlfuß) sein.
- längs und quer verlaufende tiefe Ballenmuskulatur: Verstrebung des flachen Vorfußquergewölbes —> effizienter Stoßdämpfer und vermittelt Impulskraft beim Abstoßen.

Fußstruktur:

- Innenseite: Gewölbe
- Außenseite: Bodenkontakt
- Längsgewölbe: Stabilität
- Quergewölbe: Elastizität

Die Fußsohle hat ein dickes Unterhautfettpolster, das verhindert, dass das Fettgewebe bei zu starker Belastung weggedrückt wird. Bei chronischer Fehlbelastung wird die Polsterung unwirksam.



Übung 4



4. Woche: Kurzer Fuß-Übung im Einbeinstand

- Du stellst dich auf ein Bein.
- Finde die Balance: Vorfuß und Rückfuß werden gleich belastet.
- Drücke die Zehenballen sanft in den Boden.
- Ziehe die Ferse in Richtung des Großzehengrundgelenks und das Großzehengrundgelenk in Richtung Ferse und spüre wie sich das weiche Gewebe im Fußgewölbe leicht nach oben wölbt.
- Anschließend loslassen und das Fußgewölbe entspannen lassen.
- Versuche nicht die Zehen in den Boden zu krallen.
- 5 x 30 Sekunden Anspannung halten - 10 Sekunden zwischen den Sätzen pausieren
- Beide Seiten trainieren.

Woche 5

Das Keilprinzip und die Dreipunkte-Theorie

Die Abschlusssteine eines römischen Torbogens sind keilförmig, zum Rundbogen aneinander gereiht ergibt sich so die gewünschte Stabilität. Der Torbogen trägt sich selbst ohne tragende Säule in der Mitte. Beim Iglu wirkt dasselbe Prinzip. Genauso beim Fußgewölbe: Am Scheitelpunkt des Gewölbes befinden sich die drei Keilbeine. Der Name ist Programm, die Genialität des Keilprinzips offenbart sich in der Dynamik: Mit wachsender Belastung verkeilen sich die Keile stärker ineinander und sorgen für Stabilität.

Klaffen die Keilbeinspitzen auseinander, geht die Eigenstabilität verloren. Die Verkeilung des Fußgewölbes kommt durch die gegensinnige Schraubung (Torsion) von Vor- und Rückfuß zustande. Dabei dreht der Rückfuß nach außen (Supination), der Vorfuß nach innen (Pronation), die Keilbeinspitzen lagern eng zusammen und stabilisieren sich optimal. Lässt die Torsion nach, nimmt die Verkeilung automatisch ab, die Keilbeinspitzen klaffen auseinander, das Fußgewölbe wird instabil.



Früher wurde davon ausgegangen, dass der Dreipunktstand der Beste ist. Dabei wird die Ferse, der Ballen des Großzehengrundgelenks und des Kleinzehengrundgelenks belastet. Die Frage, die sich Christian Larsen gestellt hat, war die: „Warum sollte ein Fuß auf drei Punkten stehen, wenn er das Körpergewicht auf seine ganze Bodenkontaktfläche verteilen kann?“. Die physikalische Formel besagt „Druck gleich Kraft pro Fläche“. Ob ein Fuß auf 120cm² oder auf drei Punkten steht, macht einen gewaltigen Unterschied: kleine Fläche, großer Druck. Genau das Gegenteil der Dreipunkte Theorie trifft zu: eine möglichst flächige Lastenverteilung ist anatomisch richtig.

So funktioniert das Vorfußquergewölbe:

- unter Entlastung ist es gut sichtbar, bei Belastung flacht es vollständig ab
- Die tiefe Ballenmuskulatur gibt bei Belastung federnd nach und wirkt als Stoßdämpfer
- Beim Abrollen wird das Vorfußquergewölbe wieder flach gedrückt und Energie wird gespeichert
- Die gespeicherte Energie wird beim Abstoßen wieder frei, was dem Fuß Impulskraft und Leichtfüßigkeit vermittelt

—> rhythmisch wiederholt entsteht eine wellenartige Bewegung im Fuß.



Übung 5

5. Woche: Kurzer Fuß-Übung in den Gang integrieren

- Du stellst dich auf ein Bein.
- Finde die Balance: Vorfuß und Rückfuß werden gleich belastet.
- Spannung im Fußgewölbe aufbauen: Ferse und Großzehengrundgelenk zueinander ziehen.
- Setze unter Beibehaltung der Spannung langsam und kontrolliert ein Bein vor das andere.
- In der Anfangsphase wird es dir vermutlich schwerfallen, die Fußaufrichtung über mehrere Schritte aufrecht zu erhalten. In diesem Fall baust du die Spannung im Stehen wieder neu auf.
- 5 x 30 Sekunden gehen und Anspannung halten - 10 Sekunden Pause zwischen den Sätzen.