

Medizinische Fakultät der Universität Basel

MASTERARBEIT

MAS Functional Kinetic Science MFKSc

Aufbau von funktionellen Senkfüssen nach FBL, ein Leitfaden

Vorgelegt von:

Marko Eberle

Betreut von:

Christina Bertram

Studiengangleitung:

Prof. Dr. med. Niklaus F. Friederich,
Präsident der Studiengangkommission
Facharzt FMH Orthopädische Chirurgie
und Traumatologie des Bewegungsapparates
Sportmedizin SGSM

Andreas M. Bertram, Studiengangleiter
Dipl. Physiotherapeut
Master of Sports Physiotherapy
Certified Instructor Functional Kinetics (CIFK)

21.05.2022

Inhalt

1. Abstract.....	2
2. Einleitung	3
3. Ziel	4
4. Methodik	4
5. Begrifflichkeiten in der FBL	6
5.1. Pronation (des Vorfusses).....	6
5.2. Supination (des Vorfusses).....	6
5.3. Inversion (des Rückfusses).....	7
5.4. Eversion der Ferse	7
5.5. Der funktionelle Senkfuss.....	8
5.6. Die hypothetische Norm der FBL.....	8
6. Aktueller Wissensstand.....	9
6.1. Anatomie	9
6.2. Funktioneller Zusammenhang ft. SF und Beinachse	10
6.2.1. Hypothetischer Normzustand.....	10
6.2.2. Abweichungen von der Norm.....	11
6.3. Ergebnis Literaturanalyse.....	13
6.4. Organisation von Bewegung durch das Gehirn	19
6.5. Expertenmeinung aus MFKSc zum Aufbau FLG.....	21
7. Der Aufbau von funktionellen Senkfüssen nach FBL	23
7.1. Der Gewölbebauer (31)	24
7.2. Die inversorische Fersenaktivierung und die pronatorische Vorfuss-aktivierung.....	26
7.3. Platzieren (31).....	28
7.4. Ballübungen.....	29
7.5. Dynamischer Einbeinstand (31)	35
7.6. Eckengeher (31)	37
7.7. Gangschule.....	38
7.8. Gangvariationen.....	41
8. Ergebnis.....	42
8.1. Limitierungen dieser Arbeit	42
8.2. Conflict of interest.....	42
9. Schlussfolgerung.....	42
10. Quellenverzeichnis.....	43
11. Danksagung.....	47



1. Abstract

Darstellung des Themas: Senkfüsse sind ein weit verbreitetes Problem, welche sekundäre Problematiken am Bewegungsapparat verursachen können. Um diesen entgegen zu wirken, gibt es eine Vielzahl an physiotherapeutischen Interventionen.

Ziel/Fragestellung: Kreieren eines Leitfadens zum Aufrichten von Senkfüssen nach der funktionellen Bewegungslehre (FBL).

Methode: Es wurde eine Literaturrecherche von August bis Oktober 2021 in den Datenbanken PubMed und PEDro durchgeführt.

Ergebnisse: Die aktuellen Studien propagieren Massnahmen, welche von der Methodik der FBL divergieren. Die in aktuellen Studien propagierten Massnahmen stimmen nicht mit dem motorischen Lernen überein.

Schlussfolgerung: Es kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Methodik der FBL den Massnahmen der aktuellen Studien überlegen sind, es braucht mehr direkte Forschung.



2. Einleitung

Die Idee zu dieser Arbeit entstand aufgrund meines Interesses an funktionellen Senkfüssen (ft. SF) und deren Auswirkungen auf den Bewegungsapparat. Das intensive Auseinandersetzen mit den ft. SF in den Modulen des Master of Advanced Studies in Functional Kinetic Science (MFKSc) an der Universität Basel sowie die positiven Erfahrungen daraus in meinem täglichen Alltag als Physiotherapeut haben mich zusätzlich darin bestärkt, mich eingehender mit dieser Thematik auseinander zu setzen.

Laut dem Kantonspital Winterthur (1) sind rund 10-20% der Erwachsenen von einem Senkfuss betroffen. Gemäss Arain et al. 2019 (2) leben in den USA rund 5 Millionen Amerikaner*innen mit einem diagnostizierten Senkfuss. Der kindliche Senkfuss gilt als altersentsprechende Normvariante (3). Das Vorkommen wird bei 1.5-Jährigen mit 97%, bei 3-Jährigen mit 54%, bei 6-Jährigen mit 26% und bei 10-Jährigen mit 4% angegeben. Wie Zahlen aus den USA belegen (4), sind Senkfüsse ein geschlechterübergreifendes Problem, wobei Männer öfters betroffen zu sein scheinen als Frauen. Das Alter scheint keinen Indikator für die Prävalenz darzustellen, wobei bei Kindern bis etwa 10 Jahren, wie eingangs erwähnt, das Auftreten von Senkfüssen normal ist, bevor sich das Gewölbe überhaupt erst bildet. Wohlstand scheint keinen direkten Einfluss darauf zu haben, ob Patienten einen Senkfuss haben oder nicht. Identifizierte Risikofaktoren sind gemäss Shibuya et al. 2010 (4) ein erhöhter BMI, ein schlechter gesundheitlicher Zustand, als Angestellter zu arbeiten und ein Veteranenstatus. Weitere Risikofaktoren und Ursachen für funktionelle Senkfüsse können Überbelastung, einseitige Belastungen, eine Beinlängendifferenz, Traumata, mangelnde Bewegung in der Entwicklungsphase oder auch motorische Defizite sein.

Meine klinische Erfahrung mit den ft. SF ist, dass sie nicht nur am Fuss selber Beschwerden wie Achillessehnenprobleme, Plantar Fasziitis oder Fersensporn verursachen können, sondern aufgrund daraus potenziell resultierender instabiler Beinachse (BA) ihre Auswirkungen auch auf Knie, Hüften und weiterlaufend auf die Wirbelsäue (WS) haben können. Damit ist es möglich, aufgrund einer instabilen Fusslängswölbung Beschwerden am Knie, der Hüfte, am Rücken, den Schultern oder der Halswirbelsäule (HWS) zu entwickeln.

Somit hat die Behandlung, bzw. das Auftrainieren von ft. SF einen hohen Stellenwert in der Therapie um oben genannte Beschwerden behandeln zu können. Folglich wurde



nach einem Goldstandard im Aufbau von ft. SF gesucht. Das ursprüngliche Ziel dieser Arbeit war es, einen gefundenen Standard mit den Methoden der funktionellen Bewegungslehre (FBL) zu vergleichen. Da die Literaturrecherche keinen Standard hervorbrachte, war das angepasste Ziel einen Vergleich der FBL mit den Short Foot Exercises (SFE) durchzuführen. Für einen validen Vergleich ist eine grosse Population nötig, was es für mich als Einzelautor in Zeiten des Coronavirus unrealistisch machte, dies umsetzen zu können. Planungsunsicherheiten, Untersagung von Gruppenangeboten und häufig sich ändernde gesetzliche Bestimmungen zur Bekämpfung der Covid-Pandemie verunmöglichten eine Planung und Durchführung in der nötigen Grösse um einen Nachweis zu erbringen. Das Fehlen einer Beschreibung zum Aufbau von ft. SF nach FBL in der Literatur erwies sich als weitere Hürde, da ich mich nur auf Referenzen aus den Modulen des MFKSc berufen konnte. Aus diesen Problemstellungen heraus wurde die Zielsetzung für diese Arbeit gemäss dem nächsten Abschnitt formuliert.

3. Ziel

Mit dieser Arbeit soll ein Leitfaden zum Aufbau von ft. SF nach FBL kreiert werden, welcher einen Lösungsansatz aus Sicht der FBL präsentiert, um ft. SF aufzubauen. Dieser kann und wird hoffnungsvollerweise in einer kommenden Studie im oben beschriebenen Sinne als Basis verwendet werden.

4. Methodik

In einem ersten Schritt wurde sich mit der Anatomie des Fusses auseinandergesetzt um zu klären welche Struktur welche Aufgabe trägt. Anschliessend wurden der hypothetische Normzustand nach FBL beleuchtet und die Konsequenzen auf den Körper bei Abweichungen von der Norm beschrieben. Es folgte eine Literaturrecherche von August bis Oktober 2021 in den Datenbanken PubMed und PEDro mit den unten aufgeführten Mesh-Terms und Suchbegriffen, um Studien zu finden welche das Ziel verfolgten, Senkfüsse aufzutrainieren. Ebenfalls wurden die Quellenlisten der gefundenen Studien durchsucht. In einer Analyse der Ergebnisse der Studien wurde ein Überblick über den aktuellen Wissenstand zum Aufbau von Senkfüssen verschafft und einen Goldstandard oder eine Guideline in der Behandlung von ft. SF gesucht. Diese Ergebnisse wurden mit den Erkenntnissen aus dem Studiengang MFKSc verglichen. Unter Berücksichtigung des motorischen Lernens und

der Art und Weise wie das menschliche Gehirn Bewegung organisiert, wurde ein Leitfaden nach FBL entworfen um funktionelle Senkfüsse aufzubauen.

Verwendete MeSH-Terms und Suchbegriffe in der Literaturrecherche:

abductor hallucis	guideline
flat foot	medial longitudinal arch
foot	navicular drop
foot arch	pes planus
foot function	pronation
foot muscles	pronated foot
foot pronation	short foot exercises
gait analysis	toe curl exercises

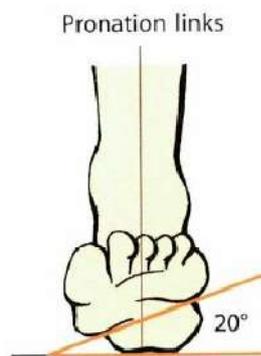
Einschlusskriterien für die Studien waren, dass es sich um randomized controlled trials (RCT) handelt. Die gewählten Massnahmen mussten den Aufbau von Senkfüssen zum Ziel haben und die Studien sollten nicht vor 2010 publiziert worden sein. Eine erste Selektion der Suchergebnisse fand durch das Lesen der Titel statt, eine Weitere durch das Lesen der Abstracts und schliesslich eine dritte durch das Lesen der ganzen Arbeit. Auf diese Art blieben neun Arbeiten zurück, welche in die Auswertung aufgenommen wurden.

5. Begrifflichkeiten in der FBL

Da dieselben Begriffe in der Literatur für verschiedene Bewegungen verwendet werden, erfolgt an dieser Stelle eine Definition einiger Begrifflichkeiten wie sie in der FBL und dementsprechend in dieser Arbeit verstanden werden.

5.1. Pronation (des Vorfusses)

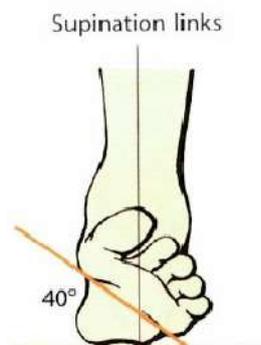
Unter Pronation nach Klein-Vogelbach wird die Vergrößerung des lateralen Winkels zwischen Längsachse des Calcaneus und der Basis der Querwölbung verstanden. Die Verwringung der Längswölbung verstärkt sich. Diese Bewegung entsteht in den Chopart- und Lisfranc-Gelenken (5).



Quelle: 5

5.2. Supination (des Vorfusses)

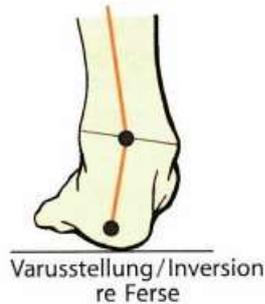
Unter Supination wird nach Klein-Vogelbach die Vergrößerung des medialen Winkels der Längsachse des Calcaneus und der Basis der Querwölbung verstanden. Die Verwringung der Längswölbung vermindert sich. Diese Bewegung entsteht ebenfalls in den Chopart- und Lisfranc-Gelenken (5).



Quelle: 5

5.3. Inversion (des Rückfusses)

Als Inversion wird nach Klein-Vogelbach die Bewegung des Calcaneus gegen den Talus bezeichnet. Bei der Inversion steht die Ferse relativ zur Bewegungsachse innen. Die Bewegung erfolgt im unteren Sprunggelenk (USG) (5).



Quelle: (5)

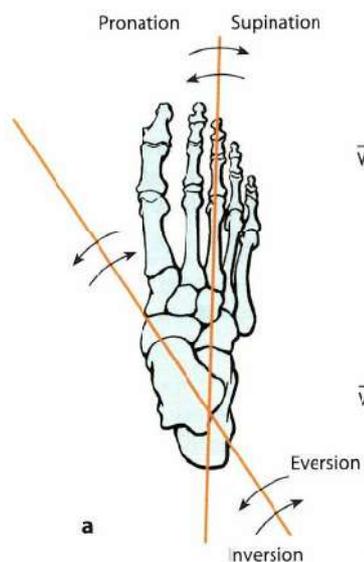
5.4. Eversion der Ferse

Bei der Eversion handelt es sich nach Klein-Vogelbach um die Gegenbewegung zur Inversion, die Bewegung des Calcaneus gegenüber dem Talus erfolgt so, dass die Ferse relativ zur Bewegungsachse aussen steht. Diese Bewegung erfolgt ebenfalls im USG (5).



Quelle: (5)

Pronation-Supination und Inversion-Eversion haben nicht die gleiche Bewegungsachse (5).



Quelle: (5)

5.5. Der funktionelle Senkfuss

Unter ft. SF wird ein Fuss verstanden, welcher unter Belastung keine intakte Fusslängswölbung (FL) aufweist, dieses aber in einer entlasteten Stellung, zum Beispiel in der Rückenlage oder wenn der Fuss auf dem gegenüberliegenden Knie ruht, doch tut. Als Beobachtungspunkte zur Beurteilung der Fussstellung werden hierfür von medial betrachtet der Abstand zwischen dem Os naviculare und dem Boden sowie von dorsal betrachtet die horizontale Ausrichtung der Ferse. Im Falle eines ft. SF wird der Abstand des Os naviculare zum Boden unter Belastung deutlich weniger oder berührt den Boden gar, während der Abstand an einem gesunden Fuss sich unter Belastung nur minim absenkt. Bei der Ferse steht beim gesunden Fuss von dorsal betrachtet die Calcaneuslängsachse vertikal ausgerichtet. Beim ft. SF kippt die Calcaneuslängsachse nach medial, so dass eine Valgusstellung im USG besteht. Die Differenzierung zu einem konventionellen Senkfuss ist, dass dieser ob belastet oder unbelastet erhalten bleibt. Die hypothetische Norm, welche in der FBL als Grundlage zur Beurteilung von Abweichungen dient, sieht vor, dass das OS naviculare ca. 1.5-2cm vom Boden entfernt ist (6), abhängig von der Körpergrösse.

5.6. Die hypothetische Norm der FBL

Die hypothetische Norm beschreibt ein Leitbild, einen Idealzustand von Statik, Konstitution und Funktionen wie zum Beispiel Gehen. Sie ist abhängig von allgemeinen Standards und ihr Erkennen ist abhängig von klinischen Erfahrungen der Therapeuten*innen (5). In der Beurteilung von Statik, Konstitution und Funktionen wird sie als Referenz genommen um individuelle Abweichungen zu beschreiben. Die funktionelle Bewegungslehre verfolgt den Ansatz, dass je grösser die Abweichung von der hypothetischen Norm ist, desto höher die Wahrscheinlichkeit für Beschwerden, bzw. führt die Reduktion der Abweichung in Richtung hypothetischer Norm zu einer Reduktion von Beschwerden. Diese These beruht auf der Annahme, dass sich der Körper in der hypothetischen Norm im ökonomisch besten Zustand befindet. Die Muskelaktivität und die Belastung von Gelenken, Bändern, Kapseln und dem Bindegewebe sind dabei am ausgewogensten. Abweichungen davon haben negativen Einfluss auf die Muskelaktivität und die Belastung von den aufgezählten Strukturen. Dies kann durch die erhöhte oder verminderte Muskelaktivität und durch die Mehrbelastung der genannten Strukturen zu Beschwerden führen (5).

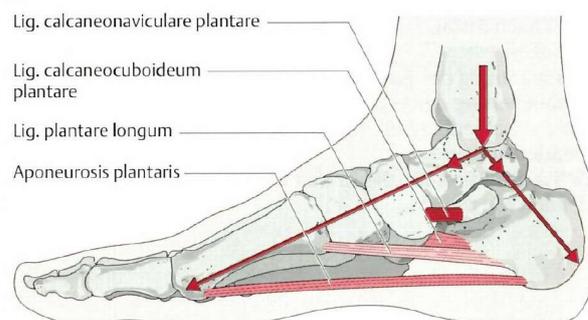


6. Aktueller Wissensstand

6.1. Anatomie

Das mediale Längsgewölbe des Fusses beschreibt den Bogen, welche die knöchernen Strukturen des Fusses schlagen. Medial wird das Gewölbe ventral durch das Caput ossis metatarsalis I und dorsal durch den Processus medialis des Calcaneus begrenzt. Das Os naviculare bildet mit 1.5-2 cm den höchsten Punkt der medialen Fusslängswölbung, weshalb es in Assessments welche die Fusslängswölbung betreffen gerne als Referenz genommen wird. Weil das auf dem Fuss lastende Körpergewicht die Tendenz hat, die Auflagefläche auseinander zu drücken, ist eine minimale Absenkung der Fusslängswölbung unter Belastung physiologisch (6).

Gemäss Hochschild (6) kommt die grösste Bedeutung hinsichtlich der Verspannung des Längsgewölbes den plantaren Bändern zu. Alle Bänder, welche die Tarsalknochen miteinander verbinden, verspannen nach Hochschild das Fusslängsgewölbe. Diese Aussage deckt sich auch mit der von Angin et al. 2018 (7), nach denen eine Absenkung des Längsgewölbes mit einer Ausdünnung der plantaren Bänder einhergeht. Besondere Aufmerksamkeit gilt laut Hochschild den Lig. calcaneonaviculare plantare und dem Lig. calcaneocuboideum plantare, dessen längere Fasern (Lig. plantare longum) das Gewölbe über eine längere Strecke verspannen, weiter ist auch die Plantaraponeurose an der Verspannung des Längsgewölbes beteiligt.



Quelle (6)

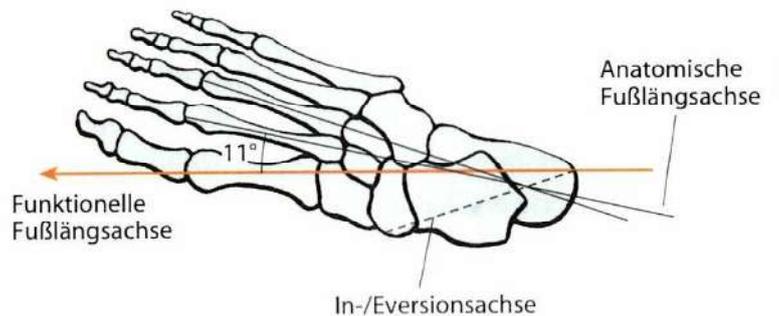
Nach Hochschild (6) sind auf muskulärer Seite die Mm. flexor digitorum et hallucis brevis, abductor hallucis et abductor digiti minimi bei der Verspannung des Längsgewölbes behilflich. Als weitere Unterstützer werden M. tibialis posterior, die Mm. flexores hallucis et digitorum longi und die Mm. peronei brevis et longus genannt. Auch diese Aufzählung deckt sich mit den Resultaten von Angin et al. 2018 (7), welche die Relevanz der einzelnen Muskeln für die Fusslängswölbung aufgrund ihrer Untersuchungen wie folgt einordnen: als wichtigster Muskel die Metatarsalmuskeln,

danach folgen absteigend der M. flexor hallucis brevis, M. flexor hallucis longus, M. peroneus longus und brevis und zuletzt der M. Flexor digitorum brevis.

6.2. Funktioneller Zusammenhang ft. SF und Beinachse

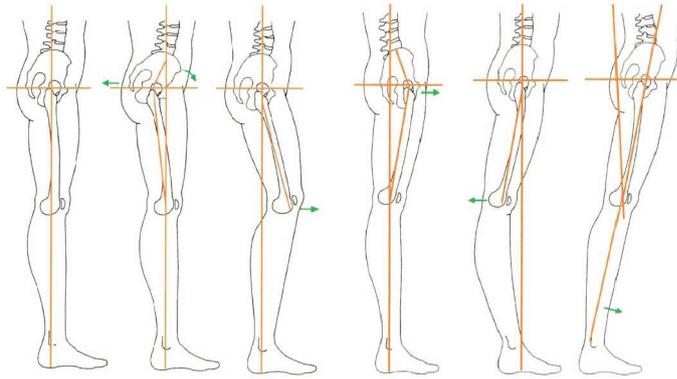
6.2.1. Hypothetischer Normzustand

Die hypothetische Norm der FBL beschreibt gemäss Anatomie, dass die funktionelle Abrollachse des Fusses um 11° von der anatomischen Mitte des Fusses abweicht. Die Normstellung der Füße beschreibt demnach von oben betrachtet eine leichte V-Form, wobei der Winkel zwischen den Füßen 22° betragen sollte (5).



Quelle (5)

Von dorsal betrachtet sollte in der hypothetischen Norm die Achse des Calcaneus senkrecht in der Verlängerung der Unterschenkelachse stehen. Von der Seite betrachtet sollte in der Sagittalebene medial am Fuss die mediale Fusslängswölbung erkennbar sein. Die Fibulalängsachse soll von dorsal und von der Seite betrachtet senkrecht stehen, so dass sich im oberen Sprunggelenk ein 90° Winkel ergibt, welcher als Nullstellung definiert ist und das untere Sprunggelenk sich ebenfalls in seiner Nullstellung befindet (5). Ober- und Unterschenkel welche die Beinlängsachse bilden, sollen von vorne/hinten und von der Seite betrachtet vertikal stehen. Als Beobachtungspunkte dienen von der Seite der Trochanterpunkt, die Mitte des Kniegelenks sowie das Os naviculare. Von vorne/hinten betrachtet, soll in der Frontalebene die Verlängerung der Verbindungslinie von Hüft- und Kniegelenk auf der Linie zwischen Malleolus medialis und lateralis zu liegen kommen, um der hypothetischen Norm zu entsprechen (5). Das Becken steht in der hypothetischen Norm von vorne/hinten betrachtet in der Frontalebene waagrecht ausgerichtet, die Beobachtungspunkte bilden hier ventral die Spina iliaca anterior superior (SIAS) und dorsal die Spina iliaca posterior superior (SIPS). Seitlich in der Sagittalebene betrachtet sollten die SIAS und die Symphyse in der gleichen Frontalebene stehen (5).



Quelle (5)

Die Wirbelsäule sollte normgemäss in der Frontalebene senkrecht stehen, in der Sagittalebene sollten Kopf, Brustkorb und Becken senkrecht übereinanderstehen und dabei die kyphotische Form der BWS, bzw. lordotische Form in der LWS und der HWS aufweisen (5).

6.2.2. Abweichungen von der Norm

Wie unter Abschnitt 4.6 erläutert, geht man in der FBL davon aus, dass Abweichungen von der hypothetischen Norm zu Beschwerden führen können, die durch die Abweichungen verständlich werden. Durch die Absenkung der Fusslängswölbung sind Abweichungen die Folge, von auf den Fuss isoliert bis hin weiterlaufend zum Kopf. Von medial betrachtet ist bei einem Senkfuss das Längsgewölbe gegenüber der Norm abgesenkt bis komplett abgeflacht. Der Vorfuss steht dabei in der Frontalebene in einer Supinationsstellung, der Calcaneus steht von dorsal betrachtet nicht wie in der hypothetischen Norm senkrecht, sondern kippt nach medial in eine Eversionsstellung (5). Diese Abweichung kann durch das untere Sprunggelenk kompensiert werden, so dass die Unterschenkelachse trotzdem senkrecht steht und das Becken sowie die Wirbelsäule korrekt ausgerichtet sind. Dies kann beispielsweise bei einer Beinlängendifferenz beobachtet werden; die Fusslängswölbung senkt sich am längeren Bein ab um die Beinlängendifferenz zu kompensieren. Von vorne betrachtet kann auch eine Abweichung der Fussstellung in der Transversalebene beobachtet werden; nach medial in Richtung Konvergenzstellung, bzw. nach lateral in Richtung Divergenzstellung eines oder beider Füsse (5). Eine weitere, den Fuss betreffende Abweichung kann seitlich in der Sagittalebene im oberen Sprunggelenk beobachtet werden; es kann eine Fehlstellung im OSG auftreten, so dass in diesem Gelenk eine Dorsalextensionsstellung oder eine Plantarflexionsstellung besteht, was zwangsläufig eine Fehlstellung im Knie zur Konsequenz hätte.

Wird die dekompenzierte Fusslängswölbung nicht im unteren Sprunggelenk kompensiert, kippt die Unterschenkel längsachse von vorne/hinten beobachtet dem instabilen Fuss folgend nach medial, so dass im Kniegelenk eine Valgusstellung entsteht. Diese kann zu Beschwerden wie zum Beispiel Patellaspitzensyndrom, Patellarsehnenentzündungen oder Überbelastung des Knies führen, da der mediale Kapselbandapparat überdehnt und das Körpergewicht sich auf der lateralen Seite des Knies manifestiert. Diese Fehlstellung endet nicht zwangsweise immer im Knie, sondern läuft in Abhängigkeit von der Grösse der Abweichung bis in die Hüftgelenke weiter, was dann in der Frontalebene als eine Adduktionsstellung im Hüftgelenk der betroffenen Seite beobachtet werden kann (5). Da die Hüfte biomechanisch als Kugelgelenk verstanden werden kann, kann sie diese Kräfte aber besser absorbieren und macht tendenziell weniger Beschwerden, als das von Bändern und Menisken stabilisierte Roll-Gleitverhalten des Kniegelenks. Auch der Fuss kann aufgrund der Freiheitsgrade des unteren und oberen Sprunggelenks funktionell diese Fehlstellungen besser kompensieren als das Knie (8). Von der Seite betrachtet können im Knie weiter auch Flexions- oder Extensionsstellungen in der Sagittalebene gefunden werden, beispielsweise aufgrund von wie oben beschriebenen Fehlstellungen im OSG. Auch diese Abweichungen folgen dem genannten Prinzip und beeinflussen das Hüftgelenk und führen zu einer Flexions- bzw. Extensionsstellung (5). Diese Kausalität wurde von Resende et al. 2015 (9) in ihrer Arbeit beschrieben.

Durch die Kugelform des Hüftgelenks können nun die Abweichungen im Becken durch Kompensationen und Abweichungen enden, oder das Becken miterfassen und so zu einer rotatorischen Abweichung des Beckens von der Norm in der Transversalebene, zu einer Absenkung oder Erhöhung einer Beckenhälfte in der Frontalebene oder zu einer Beckentorsion führen. Wird das Becken miterfasst, betrifft die Abweichung zwangsläufig auch die Wirbelsäule und darüber hinaus möglicherweise auch den Schultergürtel. Rotatorische Abweichungen des Beckens in der Transversalebene werden durch Gegenrotation in der Lendenwirbelsäule kompensiert. Erhöhungen oder Absenkungen des Beckens werden entsprechend versucht mit einer Lateralflexion zu kompensieren, führen möglicherweise auch zu einem translatorischen Abrutschen des Oberkörpers in Richtung der tieferen Beckenhälfte, was ebenfalls mittels Lateralflexion versucht wird zu kompensieren. Gelingt es der Lendenwirbelsäule nicht die genannten Abweichungen zu kompensieren, können die Abweichungen auch weiter die Brust- bis hin zur Halswirbelsäule und damit zum Kopf weiterlaufen und auch an diesen Stellen



Beschwerden verursachen. Der Schultergürtel kann ebenfalls kompromittiert werden, was zu einer Inkongruenz des Schultergürtels mit dem Brustkorb führen kann (5).

Es ist damit begründbar, dass Senkfüße Einflüsse auf die gesamte Körperhaltung haben können und dadurch an den betroffenen Stellen auch Beschwerden verursachen können, welche sich nicht nachhaltig behandeln lassen ohne den Senkfuss zu beheben.

6.3. Ergebnis Literaturanalyse

Es herrscht in der Literatur Einigkeit darüber, dass Senkfüße Probleme verursachen, welche sich nicht nur auf die Füße selbst konzentrieren, sondern kausal Einfluss auf die Knie, die Hüften und den Rücken haben können. Dadurch können sekundäre Beschwerden wie Plantarfasziitis, Schmerzen am iliotibialen Bandapparat, patellofemorale Syndrome, Patellarsehnenentzündungen, Chondropathien an der Patella oder mediale Tibia-Stresssyndrome verursacht werden (10–15).

In der Art wie die Senkfüße zu behandeln sind, gehen die Meinungen und Studienergebnisse auseinander.

Es scheint, wie auch Pabon et al. 2020 festhalten (16), wenig wissenschaftliche Evidenz bezüglich der Effektivität der Verbesserung von statischer und dynamischer Stabilität der unteren Extremität vorhanden zu sein. Die dabei am meisten genannte Muskulatur ist die intrinsische Fussmuskulatur. Nach Sulowska et al. 2019 (17) hat die intrinsische Fussmuskulatur eine grundlegende Rolle in der Aufrechterhaltung des Gewölbes und somit der Fusshaltung. Eine Schwäche der intrinsischen Fussmuskulatur scheint nach Moon et al. 2014 (18) und auch Schwartz & Su 2014 (19) für ein erhöhtes Risiko für Fussprobleme zu stehen und das Training derselben nach McKeon et al. 2015 (20) ist sinnvoll, um die Haltung des Fusses zu verbessern. Auch die extrinsische Fussmuskulatur wird häufig mit ihrer Bedeutung in Bezug auf die Fusslängswölbung genannt (7). Alam et al. 2018 (21) belegen in ihrer Arbeit die Wichtigkeit der Tibialis posterior Sehne für die Fusslängswölbung. Ebenfalls unbestritten ist die Wichtigkeit der Plantarfaszie. Eine dünnere Plantarfaszie, welche z.B. aufgrund von zu viel Belastung in die Länge gezogen wurde, kann schlechter zu einer guten Fusshaltung beitragen als eine dickere Plantarfaszie (7). Auch Shibuya et al. 2010 (4) schilderten in ihrer Arbeit diesen kausalen Zusammenhang, demnach kann eine exzessive Überdehnung der plantaren Strukturen zum Ausleiern des

Springligaments und Subluxationen der Fussknochen führen, was wiederum zu einem Absenken der medialen Fusslängswölbung führen kann.

Der Einsatz von Orthesen um die Fusslängswölbung (FL) aufzubauen wurde ebenfalls untersucht. Jafarnezhadgero et al. 2018 (22), welche den Langzeiteffekt von Tragen von Orthesen bei Kindern untersuchten, kamen zu einem positiven Ergebnis, Kim & Kim 2016 (23) welche die Einlagen mit SFE verglichen, befanden die Einlagen den SFE unterlegen. Dies kann einerseits damit zusammenhängen, dass die Orthesen bei Jafarnezhadgero et al. 2018 (22) während 4 Monate getragen wurden, bei Kim & Kim 2016 (23) hingegen nur 5 Wochen, andererseits aber auch dadurch, dass die Assessments bei Kim & Kim barfuss gemessen wurden. Bei Jafarnezhadgero et al. wird dies nicht explizit beschrieben, aus dem Kontext lässt sich aber deuten, dass die Assessments bei der Follow-up-Untersuchung mit den Orthesen erhoben wurden.

Die gefundenen Studien gingen, wie in der folgenden Tabelle dargestellt, mit unterschiedlichen Zielsetzungen ans Werk, versuchten aber dabei das FLG aufzubauen.

Autoren	Form	Ziel	TN	Assessments	Massnahmen	Dosierung	Ergebnis
Alam et al. 2018	RCT	Analyse der Effekte von selektivem tibialis posterior kräftigen und iliopsoas Dehnen	28	Navicular drop test Y-Balance test Elektromyographie-Messung der Aktivität des Abduktor hallucis und Tibialis anterior	Stretching iliopsoas und Stärkung Tibialis posterior (SSG) mit towel curl exercise vs.. konventionelle Übung (nur towel curl exercise)	SSG: für 6 Wo 3x/Wo Kräftigung TP 3-4 Serien a 10 Repetitionen, 2-3' Pause, täglich 3x30" Stretching iliopsoas, towel curl exercise 5"x100 Repetitionen/Tag vs.. Nur towel curl exercise (selbe Dosierung)	SSG zeigte in den Assessments grössere Verbesserungen als die konventionelle Gruppe. Schwäche und Dysfunktion der Tibialis posterior Sehne wird assoziiert mit Senkfluss.
Jafarnezha dgero et al. 2018	RCT	Effekt von Langzeitbehandlung mit Einlagen bei Kindern mit Senkfüssen zu evaluieren	30	Ganganalyse mit 8 Markern. Baseline Messung ohne Einlagen, Retest keine Angabe	Orthesen mit Funktion Gewölbe aufzurichten vs.. Placeboeinlagen ohne Funktion	1. Tag: 1h tragen der Einlagen, danach jeden Tag 1h zusätzlich, bis die Einlagen den ganzen Tag getragen werden. Dauer der Intervention: 4 Monate	Gemäss den Autoren demonstriert das Ergebnis, dass Orthesen sicher und überlegen gegenüber «warten-und-schauen» ist
Kim & Kim 2016	RCT	Effekt von den Massnahmen auf die dynamische Stabilität der Füsse und UE zu untersuchen	14	Navicular drop test Y-Balance test	SFE (sitzend) vs.. Sohleleinlagen	20" GZG zur Ferse ziehen, 30min lang 3x/Wo während 5 Wo vs.. Während 5 Wo 3x/Wo mit Einlagen 30min in der Ebene spazieren gehen	Signifikante Verbesserung der SFE Gruppe in den Assessments gegenüber den Einlagen
Lee et al. 2018	RCT	Beurteilung von Verbesserung von quantitativer neurosensorischer Indikatoren nach SFE und den Effekt von propriozeptiven sensorischen Übungen bei Pat mit Senkfüssen	30	Dyn. Balance gemessen mit «Biodex balance system SD» und Fussstabilität CAIT (Cumberland Ankle Instability Tool)	SFE (GZG zur Ferse ziehen) vs.. PSE (EBS)	Fuss auf blaues Theraband um Reibung zu gewährleisten. 5" halten, 3x12 Repetitionen mit 2' Pause dazwischen, 3x/ Woche. 1-4 Woche im Sitzen, 5-8 Woche stehen vs.. Wo 1-2 auf stabiler UL, Wo 3-5 auf Aerostep und 6-8 auf Posturomed: für 4x 30", dazwischen 10" Pause, 3x/Wo für 8 Wo.	SFE zeigten einen mehr verbesserten Positionssinn des Sprunggelenks sowie der dynamischen Balance als die PSE



Autoren	Form	Ziel	TN	Assessments	Massnahmen	Dosierung	Ergebnis
Moon & Jung 2021	RCT	Effekt auf posturale Stabilität von sensomotorischem Training (SMT) im Vergleich zu SMT mit SFE ergänzt	32	AMTI force platform (statisches GGW), Y-Balance Test (dynamisches GGW), Hoffman Reflex	SMT 3x/Wo für 6Wo: Wo1: EBS, Tandemstand & vorlehnen auf fixer UL, 3x30" Wo2: dito Wo1 auf labiler UL Wo3: Ball werfen, Bein kicken, PNF-Muster OE mit elastischem Widerstand auf fixer UL, je 3x10 Repetitionen Wo4: dito Wo3 auf labiler UL Wo5: Squats, Lunge & Sprünge auf fixer UL je 3x10 Wo6: dito W5, auf labiler UL	SMT mit SFE ergänzt erzielte signifikant bessere Werte im statischen und dynamischen Gleichgewicht. Kein Unterschied in der Nervenleitgeschwindigkeit	
Namsawang et al. 2019	RCT	Effekt von SFE allein oder mit Neuromuskulärer Elektrostimulation zu untersuchen	36	Navicular drop test Durchmesser des Abduktor hallucis und Aktivität des Abduktor hallucis	SMT mit SF: vor jeder SMT Session 20x5" SFE im Stand SFE mit NMES vs. nur SFE	SFE sitzend, 5"x30 Repetitionen pro Tag. NMES auf AbdH 85Hz, 90% Frequenzmodulation, 5" Kontraktion, 12" Pause für 30min.	Trotz signifikanter Verbesserung der Muskelkraft in beiden Gruppen wurde nur eine minimale Verbesserung im ND gefunden. Dieses Ergebnis wird von den Autoren als kongruent mit Arbeiten eingeschätzt, in welchen keine Verbesserung durch intrinsisches Fussmuskeltraining gefunden werden konnte. Die Zunahme der Kraft des AbdH reicht nicht aus um den ND zu beeinflussen.
Pabon et al. 2020	RCT	Evaluierung des Effekts auf die Fusshaltung im Vergleich von SFE und «nicht-biomechanischer Funktion» (NBF)	85	Navicular drop test, Foot posture Index	SFE (GZG zur Ferse ziehen) vs.. NBF (auf und ab bewegen der Zehen)	Täglich je Fuss 5x30" halten, 10" Pause, Wo 1: sitzend, Wo 2 sitzend, Gewicht auf Fuss durch nach vorne lehnen des Oberkörpers, Fuss bewegt vor und zurück, Wo 3 stehend, Wo 4 Einbeinstand, vs.. Täglich je Fuss 5x30" auf und ab bewegen der Zehen, 10" Pause, für 4 Wo sitzend	Kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen SFE und NBF in den Assessments, Tendenz zu mehr neutralerer Fussposition bei beiden Gruppen erkennbar



Autoren	Form	Ziel	TN	Assessments	Massnahmen	Dosierung	Ergebnis
Okamura et al. 2018	RCT	Bestätigen, dass die plantare, intrinsische Fussmuskulatur (PIFM) die Kapazität hat, das FLG derart zu unterstützen, dass durch Veränderung der Aktivität derselben eine Veränderung der Fusskinematik bei Personen mit Senkfüssen entsteht	18	Ganganalyse mit 28 Markern, und Bodenreaktionskraft Stand: Navicularhöhe	Elektrostimulation der PIFM im Gehen vs.. keine Stimulation	250 Impulsbreite, 20Hz, Stimulationsintensität wurde individuell angepasst, Schmerz als Limite	Die Autoren schliessen, dass die simulierte Verstärkung der PIFM durch Elektrostimulation eine Veränderung der Fusskinematik im Gang verursachte, welche mit verbesserter Fähigkeit das FLG zu unterstützen assoziiert wird. Daraus ziehen die Autoren den Schluss, dass die PIFM genügen Unterstützung des FLG bieten um die Fusskinematik im Gang zu verändern, und daher wird die Kräftigung der PIFM bei Patienten mit Senkfüssen empfohlen
Okamura et al. 2020	RCT	Frage klären, ob SFE das statische Fussalignement und die Fusskinematik im Gang beeinflussen bei Leuten mit Senkfüssen	20	Dynamischer Navicular drop test (3D Analyse), foot posture index, Navicular drop test, Ultraschallmessung an der intrinsischen und extrinsischen Fussmuskulatur, Bodenkraftmessungen	SFE vs.. Keine Massnahmen	5" GZG zur Ferse ziehen unter Verwendung von EMG Biofeedback, 3x10 Repetitionen, 45" Pausen zwischen den Serien, 3x/Wo während 8 Wo. Start im Sitzen, 1 Sitzung / Woche um Verlauf zu kontrollieren und Progression zu instruieren, zunächst in Zweibeinstand, danach Einbeinstand	Die Autoren fanden Verbesserungen in den statischen Assessments, entgegen ihrer eigenen Erwartungen aber keine in DND.



Aus meiner Sicht ist es erstaunlich, wie wenige Studien den Einfluss von Massnahmen auf den Gang und nicht nur auf die Statik untersuchen. Die überwiegende Mehrheit der aufgeführten Studien wählte als Assessments keine Ganganalyse. Wie Angin et al. 2018 (7) festhalten, ist es nicht gesichert, dass statischen Messungen sich auf den Gang übertragen lassen. Die wirkenden Kräfte beim Gehen sind andere als beim Stehen. Für den Stand kann aber aufgrund der Ergebnisse festgehalten werden, dass die intrinsische und extrinsische Fussmuskulatur sowie die Plantarfaszie einen grossen Einfluss auf die Fusshaltung haben.

Ein weiterer Verlaufparameter, welcher häufig gemessen wurde, ist der Muskeldurchmesser einzelner Muskeln. Diese scheinen sich durch die gewählten Massnahmen vergrössert zu haben, was von den Autoren jeweils auch als Erfolg gewertet wurde. Dieser Ansicht widerspreche ich, und auch Angin et al. 2018 (7) ziehen den Schluss, dass es nicht auf die nominelle Grösse des Muskels ankommt, sondern auf den Trainingszustand jedes einzelnen Muskels. Diese These deckt sich auch mit den klinischen Beobachtungen im Rahmen dieser Arbeit. Ist die Muskulatur in das Gangmuster eingebunden, leistet sie ihren Beitrag in der Funktion und wird dadurch automatisch beim Gehen benutzt und in ihrer Funktion trainiert. Auch Namsawang et al. 2019 (24) stellen fest, dass Kraftzuwachs eines einzelnen Muskels nicht ausreicht, um im Gang die Gewölbehöhe zu beeinflussen. Okamura et al. 2018 (25) kamen gerade zum gegenteiligen Schluss, nämlich dass die Kräftigung der plantaren, intrinsischen Fussmuskulatur alleine dazu führen kann, dass die Fusskinematik im Gang, bzw. das FLG, verbessert wird. Okamura et al. 2018 gelangten zu dieser Aussage, da sie den Patienten im Gehen Elektrostimulation der plantaren, intrinsischen Fussmuskulatur (PIFM) verabreichten und dies als Simulation von verstärkter Kraft der PIFM betrachteten. Diese Einschätzung ist zu hinterfragen, aus meiner Sicht ist die Muskulatur nicht in der Lage mehr Kraft zu generieren, sondern sie wird durch die Elektrostimulation künstlich innerviert und damit in das Gangmuster implementiert. Daher ist, wie oben beschrieben, nicht die reine Muskelkraft der entscheidende Faktor, sondern die Implementierung der insuffizienten Muskulatur in das gespeicherte Gangmuster.

Die am häufigsten untersuchte Trainingsform für den Aufbau von Senkfüssen sind die Short Foot Exercises (SFE). Deren Wirksamkeit wird von vielen Autoren in ihrer Arbeit belegt, ohne einen Effekt dieser Übungsform auf den Gang zu untersuchen. Die Ziele

dieser Arbeiten werden denn auch divers formuliert (siehe Tabelle). Ferner konnten Pabon-Carrasco et al. 2020 (16) in ihrer Arbeit keinen nennenswerten Unterschied zwischen den SFE und dem auf und ab Bewegen der Zehen nachweisen. Lee et al. 2018 (26) und auch Moon & Jung 2021 (27) konnten zwar eine signifikante Verbesserung der Sensomotorik durch das Training mit SFE beweisen und zeigten weiter auf, dass sich durch SFE die dynamische Stabilität verbessert, allerdings untersuchten sie in ihrer Arbeit den Effekt auf den Gang nicht. Kim und Kim 2016 (23) verglichen in ihrer Arbeit die SFE mit dem Einsatz von Einlagen zur Aufrichtung des Gewölbes und massen, dass die SFE effizienter sind als Einlagen, haben aber ebenfalls keinen Effekt in der Dynamik im Gang nachgewiesen. Okamura et al. 2020 (28) schlossen diese Lücke und untersuchten den Effekt der Kräftigung der intrinsischen Fussmuskulatur mittels SFE auch im Gehen, konnten aber entgegen ihrer Erwartungen kein Effekt in der Dynamik nachweisen, obwohl sich zeitliche Gangparameter der Fusskinematik im Gang verbesserten. Da letzteres gelang und die Verschraubung des FLG dadurch verbessert sei, wird im Aufbau von Senkfüssen der Einsatz von SFE von Okamura et al. 2020 empfohlen.

Bemerkenswert ist auch, dass mit 14-36 Probanden auffällig kleine Populationen untersucht wurden und damit die Aussagekraft sich in Grenzen hält. Einzig Pabon-Carrasco et al. 2020 (16) schafften mit 85 Teilnehmern eine etwas grössere Population.

Wie die Literaturrecherche zeigte und auch Pabon-Carrasco et al. 2020 (16) festhalten, bestehen zur Thematik der Senkfüsse viele Studien mit unterschiedlichen oder sogar widersprüchlichen Ergebnissen. Es findet sich kein Goldstandard und keine Guideline in der Behandlung von Senkfüssen.

6.4. Organisation von Bewegung durch das Gehirn

Um eine nachhaltige Verbesserung von Senkfüssen zu erzielen, ist es essenziell zu Verstehen wie das Gehirn Bewegung erlernt und organisiert. Das motorische Lernen basiert physiologisch auf der Eigenschaft des Nervensystems, neue Verbindungen mit anderen (Gruppen von) Neuronen zu knüpfen. Dadurch können bestehende Verbindungen variiert und vervielfältigt werden, um andere Muskeln oder Muskeln anders anzusteuern. Diese Umbauprozesse werden unter dem Begriff der «funktionelle Plastizität» des Gehirns zusammengefasst (29). Dadurch ist es uns möglich neue Bewegungen zu erlernen oder schon bekannte Bewegungen zu



korrigieren oder zu perfektionieren. Diese neuen Bewegungen und auch die Veränderungen der bereits bekannten Bewegungen durchlaufen die Phasen des motorischen Lernens, um im Bewegungsmuster abgespeichert zu werden. Zunächst wird die Bewegung in der kognitiven Phase als etwas Neues kennen gelernt und wahrgenommen. In dieser Phase spielt der/die Therapeut*in eine wichtige Rolle, die Bewegung muss korrekt und in entsprechender Qualität angeleitet werden. Die Bewegung ist in dieser Phase zumeist noch etwas grobmotorisch und kann nur in der eingeübten Form abgerufen werden. In der nächsten Phase, der assoziativen Phase wird die Bewegung feinmotorischer, der Patient kann dabei auf Veränderungen reagieren und die Bewegung auch unter anderen Bedingungen als der zunächst eingeübten abrufen und wiedergeben. In dieser Phase beginnt der/die Patientin* auch mehr Verantwortung für die Qualität der Bewegung zu übernehmen und der/die Therapeut*in konzentriert sich mehr aufs Feedback geben. Zuletzt, in der autonomen Phase, soll die Bewegung jeden Moment und unter jeder Bedingung abrufbar und in guter Qualität durchführbar sein. Diese letzte Phase ist vom Patienten*in abhängig, welcher durch die Automatisierung des Bewegungsablaufs nur noch korrigierend eingreifen muss (8,29). Wie lange es dauert bis diese Automatisierung erreicht ist, ist abhängig von der Komplexität der Bewegung und der Häufigkeit der Durchführung der Bewegung. Diesem Prozess entsprechen SFE und vergleichbare Übungen nicht. Zu Beginn des Übens wird gerade bei Veränderungen von schon bekannten Bewegungen die neue Form des Bewegens oft als unbequem, fremd, anstrengend oder gar falsch wahrgenommen. Selbst dann, wenn ein Spiegel den Übenden zeigt, dass das Ergebnis den Vorstellungen entspricht und Beschwerden dadurch gelindert werden. Dies weil das Neue vom bekannten, bereits erlernten und somit gespeicherten Programm abweicht. Diese Veränderungen der bestehenden motorischen Programme sind vonnöten, da die Kontrolle der Bewegung unbewusst über diese gespeicherten Programme erfolgt. Sie bestehen aus einem sensomotorischen Regelkreis, welcher mittels posturaler motorischer Kontrolle (Gleichgewichtsregulation), phasischer motorischer Kontrolle (Planung, Koordination und Korrektur von Bewegung), reziproker Motorik (Hemmung des Antagonisten) und synergetischer Motorik (Zusammenarbeit verschiedener Muskelgruppen über mehrere Gelenke) die Bewegung steuert. Bei funktionellen motorischen Aktivitäten greifen diese Kontrollmodelle eng ineinander, komplexere Motorik ist nur möglich, wenn all diese Mechanismen eng zusammenspielen (29). Daher ist es begründbar, dass es eine



Veränderung in den motorischen Programmen braucht, um mittels Veränderung der Bewegung eine nachhaltige Reduktion von Beschwerden zu erzielen. Dies benötigt einen hohen kognitiven Übungsaufwand, welcher in der Praxis von vielen Patienten*innen abgelehnt, als zu mühsam empfunden wird. Auf die Fusslängswölbung angewandt, bedeutet dies, dass die erwünschten Veränderungen direkt in der Funktion Gehen oder zumindest in den einzelnen Gangphasen einstudiert werden sollen. Ein Beispiel hierfür erfolgt unter Kapitel 6.

6.5. Expertenmeinung aus MFKSc zum Aufbau FLG

Nach Bertram 2020 (8) (Modul therapeutisches Üben, MFKSc) sind es die pronatorische Vorfussaktivität, welche durch den M. peroneus longus entsteht, und die inversorische Fersenaktivität, welche durch den M. tibialis posterior generiert wird, welches die Hauptkräfte sind die das Längsgewölbe aktiv verspannen. Laut Bertram wird im Moment der korrekten Aktivierung der Fusslängswölbung gleichzeitig der M. peroneus longus, M. tibialis posterior, M. abductor hallucis longus sowie der M. extensor hallucis innerviert, so dass sich die Zehen strecken und dieser Mechanismus ein sauberes Abrollen ermöglicht. Dadurch wird ein Abrollen ohne mechanische Belastung der Zehen ermöglicht. Die Zehen liegen nur mit ihrem Eigengewicht auf dem Boden auf und werden durch das Abrollen des Fusses abgehoben. Dieser Vorgang kann klinisch beobachtet werden, wenn die Verschraubung korrekt innerviert wird. Dieser Ansatz unterscheidet sich klar von den SFE, bei welchen das Grosszehengrundgelenk zu der Ferse gezogen werden muss. Von aussen betrachtet bildet sich auch bei den SFE ein Längsgewölbe. Durch diese Form der Aktivierung kommt es nach Ansicht von Bertram und auch aus meiner Erfahrung weiterlaufend zu einer Flexion der Zehen, welche das Abrollen des Fusses wiederlagern und damit die Funktion stören. Es wird in der Instruktion der der SFE darauf geachtet, dass eben dieses flektieren der Zehen nicht geschieht. Es erscheint aber nach Bertram naheliegender, dass die pronatorische Vorfuss- und inversorische Fersenaktivierung mehr dem physiologischen Vorgang entsprechen, da dabei das Flektieren der Zehen gar nicht erst geschieht und aktiv unterlassen werden muss, sondern mit der Aktivierung des M. extensor hallucis ein Effekt entsteht, welche den physiologischen Gang sogar unterstützt.

Einen sehr ähnlichen Ansatz wie Bertram 2020 und die FBL verfolgt die Spiraldynamik. Nach dieser wird der Vorfuss ebenfalls durch den M. peroneus longus pronatorisch

und der Rückfuss durch den M. tibialis posterior inversorisch aktiviert (30). Im Unterschied zur FBL und Bertram 2020 verfolgt die Spiraldynamik den Ansatz, dass die Grosszehe in der Endphase des Standes sich kraftvoll vom Boden wegdrückt und sich die Zehen danach in der Schwungphase leicht in den Grundgelenken flektieren. Diese zum Boden gerichtete Orientierung der Zehen soll nach der Spiraldynamik auch im Moment des Heelstrikes, dem Moment des Aufsetzens der Fersen auf dem Boden, erhalten bleiben (30). Nach Bertram 2020 und der FBL ist bei normalem Gangtempo, welches rund 120 Schritten pro Minute entspricht, kein Abstossen der Zehen vorhanden. Dieses komme erst bei erhöhtem Gangtempo oder dem Rennen zum Einsatz. Bei den Zehen wird ebenfalls nicht derselbe Ansatz verfolgt; es wird nicht von flektierten Zehen in der Schwungbeinphase ausgegangen, sondern von entspannten, in der Neutralstellung befindenden Zehen.

Nach Bertram 2020 und der funktionellen Bewegungslehre ist es essenziell, dass ein dysfunktionaler Muskel nach Möglichkeit so trainiert wird, wie er gemäss der hypothetischen Norm funktionieren sollte, oder zumindest so nahe wie möglich daran, um Beschwerden zu lindern. Dieser Ansatz deckt sich auch mit den Erkenntnissen aus dem motorischen Lernen. Daher legt Bertram besonders viel Wert auf sensorisches Training.

7. Der Aufbau von funktionellen Senkfüssen nach FBL

Bertram 2020 (8) schlägt wie oben erwähnt ein Training, möglichst in der gewünschten Funktion, entsprechend der hypothetischen Norm nach FBL vor. Dies setzt voraus, dass der Therapeut die Abweichung, bzw. vor allem deren Ursache, korrekt erfassen kann. Wie unter Punkt 5.2. erklärt, können Abweichungen der Fussstellung Einfluss auf die gesamte Körperhaltung haben und damit irgendwo am Körper Beschwerden verursachen, ohne dass die Abweichung selbst symptomatisch würde. Wird sich in der Behandlung nur auf die symptomatische Struktur, z.B. die Hüfte konzentriert, nicht aber auf die Ursache, z.B. Abweichung der Beinachse aufgrund eines Senkfusses, so ist anzunehmen, dass die Therapie nicht nachhaltig wirkungsvoll ist, bzw. nur Symptombehandlung ist. Diesem Leitbild folgend soll in der Anamnese primär die funktionelle Kausalität der Beschwerde untersucht und korrigiert werden, was dazu führen soll, dass die Beschwerden von selbst nachhaltig gelindert bzw. behoben werden.

Die FBL bietet eine Vielzahl funktioneller Übungen um in der Funktion das ökonomische Verhalten zu üben. Die Wahl der Übung orientiert sich einerseits an der Abweichung von der hypothetischen Norm, andererseits auch an den Voraussetzungen welche die Patienten mit sich bringen. Unter Voraussetzungen werden verschiedene Aspekte verstanden; hat der Patient die nötige Beweglichkeit in den Gelenken? Bringen Vor- und Rückfuss, oberes und unteres Sprunggelenk die notwendigen Bewegungsspielräume mit sich, um eine normgerechte Fussstellung überhaupt zu erreichen? Wie ist die Wahrnehmung des Körperteils? Wie ist dessen Ansteuerung? Sind Probleme vorhanden welche Wahrnehmung und oder Ansteuerung beeinträchtigen? Bsp. St. n. CVI, neurologische Erkrankung wie Multiple Sklerose oder M. Parkinson. Die Compliance ist ebenfalls ein gewichtiger Faktor; erkennt der Patient die bestehende Problematik an, kann er den Zusammenhang nachvollziehen und sich darauf einlassen an den Füßen zu arbeiten obwohl die Beschwerden an der Hüfte wahrgenommen werden? Ist der Patient grundsätzlich dazu bereit, Zeit und Mühen zu investieren, zu üben um die Beschwerden zu lindern oder begibt er sich lieber zum nächsten Orthopäden um sich Einlagen anfertigen zu lassen, in der Hoffnung, dass diese die Beschwerden lindern. Wie viel Geduld bringt der Patient mit sich, hat er einen fixen Termin bis wann die Beschwerden gelindert sein müssen (Bsp. Urlaub oder Wettkampf steht bevor). Hat der Patient zusätzliche Einflussfaktoren, Stress bei der Arbeit, in der Beziehung oder dergleichen, welche ein Gelingen der Therapie negativ



beeinflussen. Auf alle diese Faktoren einzugehen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, aber es gilt sie in die Planung der Therapie mit einzubeziehen.

Die folgenden Übungen sind nun nach FBL auf den Aufbau von funktionellen Senkfüssen ausgerichtet. Das gemeinsame Ziel dieser Übungen ist es, durch häufiges, repetitives Üben das Bewegungsverhalten zu verändern. Der Therapeut muss den Patienten anleiten, um den Lernweg optimal zu gestalten.

Der folgende Übungsaufbau bildet nun nach FBL nach der Expertenmeinung von Bertram 2021 (8) eine gute Möglichkeit funktionelle Senkfüsse zu behandeln. Die Übungen Gewölbebauer, die Pronatorische Vorfuss- und Inversorische Fersenaktivierung, das Platzieren, die Ballübungen, der dynamische Einbeinstand, der Eckengeher sowie die Gangschule bilden Möglichkeiten um die Voraussetzungen für ein Gelingen der Funktion zu üben. Die Notwendigkeit dieser Übungen kann individuell divergieren. Die Reihenfolge stellt eine Progression im Übungsprozess dar mit teils fließenden Übergängen von der einen zur nächsten oder übernächsten Übung.

7.1. Der Gewölbebauer (31)

Ziel des Gewölbebauers ist, dass der Patient lernt mit seinen Händen die Ferse und den Vorfuss gegensinnig zueinander zu bewegen und so die Fusslängswölbung des Fusses zu formen, sowie die Fusslängswölbung gegen Widerstand zu halten. Dadurch werden die Beweglichkeit des Vorfusses in und der Ferse im unteren Sprunggelenk verbessert und durch das isometrische Halten der Fussposition die Inversion der Ferse sowie die Pronation des Vorfusses innerviert, und so die Voraussetzungen für einen Aufbau der Fusslängswölbung geschaffen.

Ausgangsstellung (ASTE): Sitzend, der Unterschenkel des zu behandelnden Fusses liegt nahe am Malleolus lateralis auf dem auf dem anderen Oberschenkel. Die gleichseitige Hand umfasst den Vorfuss von dorsal, die andere Hand nimmt die Ferse von unten in die Hand.

Bewegungsablauf: Primärbewegung: gegensinniges Auf- und Zuschrauben von Vorfuss und Ferse; die gleichseitige Hand dreht den Vorfuss nach innen/unten und nach oben/ausen, die Ferse wird vom Daumenballen der anderen Hand nach unten gegen das andere Bein gedrückt und wieder nach oben vom unteren Bein weg. Diese Schritte werden in einer ersten Phase einzeln durchgeführt, während die andere Hand widerlagert. In der zweiten Phase, wenn die einzelnen Schritte beherrscht werden,

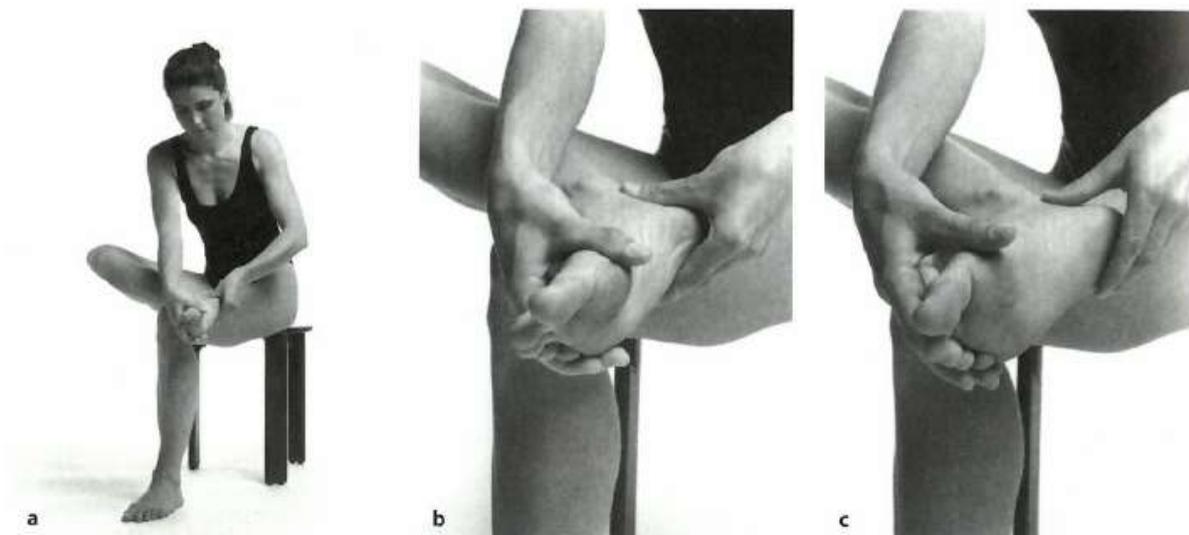


werden beide Schritte gleichzeitig ausgeführt, so dass sich die Hände gegensinnig bewegen. In einer dritten Phase wird versucht den Fuss von beiden Seiten blitzschnell in die Länge zu ziehen, aber der Fuss soll sich dagegen wehren, die Verschraubung halten.

Bedingungen: Die Verschraubung und das Auflösen des Längsgewölbes soll im 1-2 Sekundentakt erfolgen.

Effekt: Der Fuss wird durch das Üben beweglicher, der Vorfuss in Richtung Pronation und Supination, die Ferse in Richtung Inversion und Eversion. Durch das „Stretching“ des Fusses wird die Wahrnehmung des Fusses verbessert, durch das halten der Position des Fusses in Phase 3 werden die Ansteuerung und Wahrnehmung geschult.

Der Gewölbebauer trainiert die Voraussetzungen für ein Gelingen der stabilen Verschraubung. Falls diese gegeben sind, kann auf diesen auch verzichtet werden.



Quelle (31)

7.2. Die inversorische Fersenaktivierung und die pronatorische Vorfussaktivierung

Ziel dieser Übung ist es, dass der Patient lernt seinen Vorfuss pronatorisch und seine Ferse inversorisch zu aktivieren. Wenn der Gewölbebauer zuvor schon erlernt wurde, sind dadurch Voraussetzungen wie Beweglichkeit, Wahrnehmung des Fusses sowie isometrische Aktivierung von Inversion der Ferse und Pronation des Vorfusses möglicherweise bereits gegeben. Mit dieser Übung nähern sich die Patienten der Funktion weiter an, ohne aber direkt in dieser zu üben. Gegen Ende der Übung soll der Fuss wie in der Funktion auf dem Boden stehen, ist jedoch, abgesehen vom Eigengewicht des Beins, weiter unbelastet.

ASTE: Zu Beginn sitzend, der Unterschenkel des zu behandelnden Fusses liegt nahe am Malleolus lateralis auf dem auf dem anderen Oberschenkel. Danach sitzend, beide Füße am Boden.

Bewegungsablauf: In einer ersten Phase wird das Grosszehengrundgelenk des zu behandelnden Fusses pronatorisch aktiviert; bewegt sich aus der ASTE heraus wie beim Gewölbebauer nach innen/unten, mit dem Unterschied, dass es hier nicht die Hand des Patienten ist welche die Bewegung ausführt, sondern die Fussmuskulatur selbst, der M. peroneus longus. In einer zweiten Phase wird aus derselben ASTE die Ferse inversorisch aktiviert. Dies bedeutet, dass sich die Ferse wie beim Gewölbebauer nach oben vom unteren Bein wegbewegt, wiederum mit der eigenen Muskelkraft, ohne dass die Hand nachhilft. Phase eins und zwei können von der Reihenfolge her auch getauscht werden, je nach individuellem Zugang des Patienten zu den Bewegungen. In der dritten Phase wird versucht die Pronation des Vorfusses und die Inversion der Ferse gleichzeitig anzusteuern. Zuletzt soll der Übergang aus der sitzenden ASTE hin zu einer ASTE bei welcher der zu behandelnde Fuss auf dem Boden steht, gestaltet werden. Dabei bleibt der Fuss abgesehen vom Eigengewicht weiter unbelastet, der Körperschwerpunkt befindet sich auf der Sitzfläche, nicht über dem Fuss, wie es in der belasteten Funktion der Fall wäre. Da dieser Wechsel sich häufig als Herausforderung präsentiert, lohnt es sich in dieser ASTE mit beiden Füßen auf dem Boden den Patienten weiter zu unterstützen. Einerseits durch sensorische Inputs wie dem Platzieren von Münzen oder Fingern unter dem Vorfuss und dem lateralen Drittel der Ferse um die Pronation bzw. Inversion besser ansteuern zu

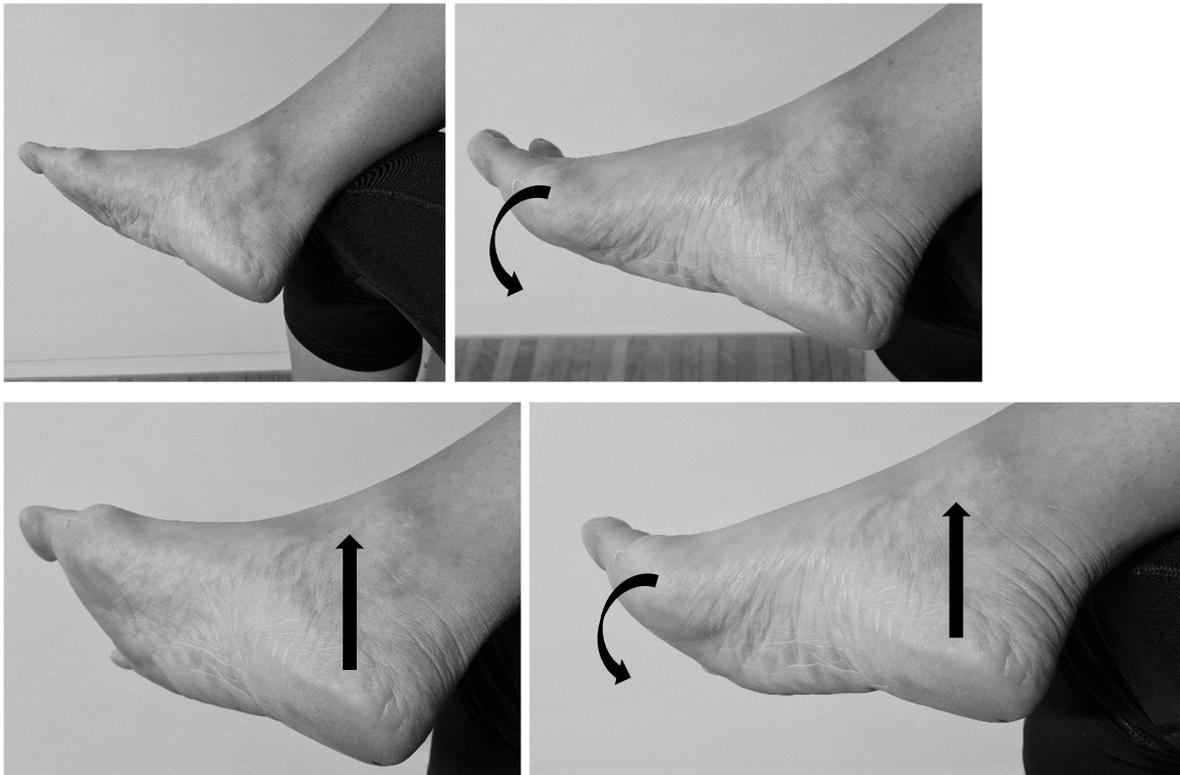


können, andererseits auch durch Führen des Vorfusses in Supination und Ferse in Eversion, so dass der Patient in die Pronation bzw. Inversion aktivieren muss.

Der Wechsel vom Fuss auf Knie zu Fuss auf Boden gestaltet sich häufig schwierig, die Veränderung der Lage der Orientierungspunkte, der plötzliche Widerstand des Bodens können den Patienten aus dem Konzept bringen. Ist dies der Fall kann mit der Übung 3, dieser Aspekt intensiviert werden.

Bedingungen: die Zehen dürfen nicht krallen, es soll eine klar ersichtliche Pronation des Vorfusses sein, keine Plantarflexion im OSG. Durch die Inversion sollen distal am medialen Malleolus Falten in der Haut geworfen werden.

Effekt; Bahnung der Ansteuerung, Aktivierung der gewünschten Funktion, Automatisierung derselben.



Quelle; eigene Darstellungen

7.3. Platzieren (31)

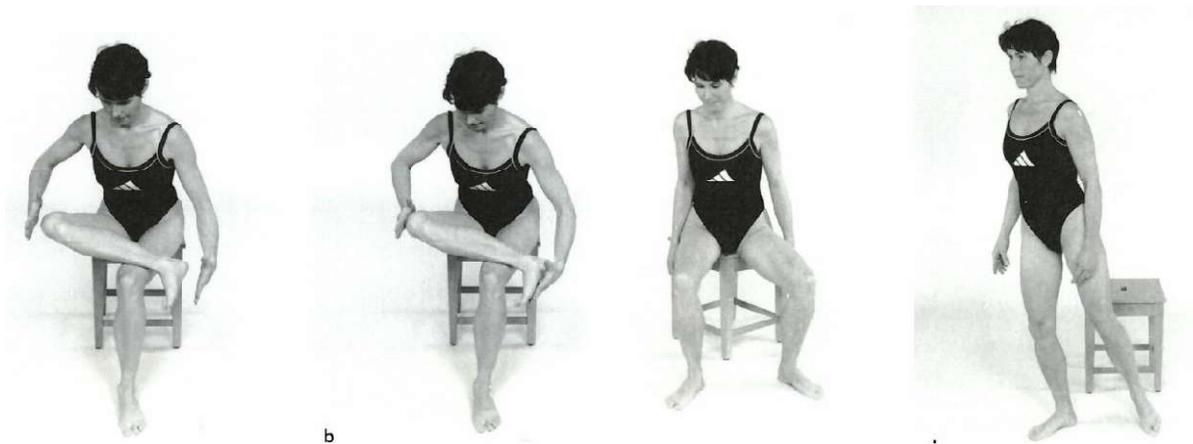
Ziel der Übung Platzieren ist es, dass der Patient lernt, selbstmanipulierend am unbelasteten Bein seine Fusssohle parallel zum Oberschenkel einzustellen, und mit der so erreichten guten Beinachsenstellung den Fuss am Boden zu platzieren und dann zu belasten. Bei dieser Übung erfolgt erstmals der Wechsel zu einer ASTE im Stand, wie sie in der Funktion vorkommt. Der Körperschwerpunkt befindet sich über den Füßen und damit in der Position wie in der Funktion. Diesen Aspekt gilt es hervorzuheben, da die Belastung, die Innervation, die Muskelaktivität und die Sensomotorik im Sitzen reduziert gefordert werden, was einer Vorbereitung der Funktion entspricht.

ASTE: entspricht erneut derjenigen des Gewölbebauers mit Ausnahme der Handstellungen. Die gleichseitige Handfläche liegt nahe am Knie auf der ventralen/kaudalen Seite des gleichseitigen Oberschenkels, die andere an der Fusssohle. Die Handflächen sollen parallel eingestellt werden, dazu muss der Fuss pronatorisch gedreht werden.

Bewegungsablauf: Durch einen stauchenden Druck der Hände an Oberschenkel und Fuss wird dem Patienten die Lagebeziehung der beiden bewusst. In dieser Einordnung soll der Fuss auf den Boden gestellt werden. Dabei soll die Verschraubung des Längsgewölbes (Inversion der Ferse sowie Pronation des Vorfusses) gehalten werden. Zuerst wird der Fuss unbelastet an verschiedene Orte am Boden platziert. Dann steigert man die Belastung zunächst durch einfaches Vorneigen des Oberkörpers, später durch abheben des Gesässes bis hin zum Zweibeinstand und danach in den Einbeinstand. Auch der dynamische Wechsel der Belastung von einem Fuss auf den anderen unter Einhaltung der Verschraubung ist hier gut durchführbar, dies stellt eine weitere Annäherung an die endgültige Funktion dar. Eine weitere Variante ist das halten der Verschraubung während der Fuss auf dem Boden steht bei gleichzeitigem Innen- und Aussenrotieren im gleichseitigen Hüftgelenk. Durch das Halten des Gewölbes wird der Fuss gezwungen, diese Bewegungen im unteren Sprunggelenk zu widerlagern.

Bedingungen: Zwischen der ASTE und dem Platzieren des Fusses auf dem Boden wird das Bein nur im Hüftgelenk extensorisch, innenrotatorisch und evtl. adduktorisch bewegt. Die Verschraubung des Längsgewölbes muss gehalten werden und die Zehen dürfen nicht krallen.





Quelle (31), Platzieren

7.4. Ballübungen

Ziel der Verwendung eines Balls ist unter anderem das Wecken von Bewegungsfreude. Ballübungen stellen Herausforderungen an die Bewegungsfähigkeit und an das Reaktionsvermögen der Patienten. Das gibt manchen Übungen einen kompetitiven Charakter, der sich positiv auf das Lernen auswirken kann (32). Die Ballübungen nutzen dabei überwiegend das Prinzip des Reaktiven Übens. Dies bedeutet, dass ein angestrebtes therapeutisches Ziel eines natürlichen, normgerechten Bewegungsablaufes dank geschickt gelenkter Bewegung automatisch und zwangsläufig auftritt. Dabei wird es vermieden, die gestörte Funktion direkt anzusprechen. Stattdessen wird die Richtung zum Bewegungsziel, durch Einhaltung von Bedingungen, bewusst gemacht, wie sie dem Ablauf natürlicher, ökonomischer und damit normgerechter Bewegung entspricht. Die Richtung wird dabei anhand von Stellungsveränderungen der Gelenke, Druckveränderungen auf der Unterlage, taktilen Hautempfindungen und ähnlichem beschrieben, welche der Patient bewusst aufnimmt und verarbeitet, so dass es zu einer Automatisierung des korrekten Bewegungsablaufs kommt. Da es keine Ballübung mit dem Lernziel «Aufbau der Fusslängswölbung» gibt, wird sich an dieser Stelle mit Ballübungen beholfen welche grundsätzlich gemäss Lehrbuch für ein anderes Ziel entwickelt wurden, für die gewünschten Zwecke aber adaptiert werden können.

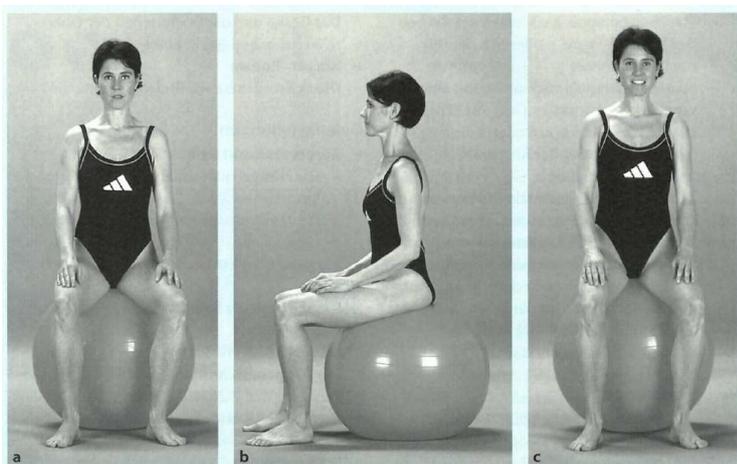
7.4.1. Der Cowboy (32)

Ziel (adaptiert): Der Patient soll lernen, während dem belasten durch Abstossen und nachfolgend abfangen von Stauchungsimpulsen die Fusslängswölbung und die Beinachse zu halten.

ASTE: Sitzend auf dem Ball, Körperabschnitte Becken, Brustkorb und Kopf sind in die vertikal stehende Körperlängsachse eingeordnet. Der Balldurchmesser ist etwas grösser als der Abstand Kniegelenk-Boden. Fuss- und Beinachse korrekt eingestellt, die Fussspitzen zeigen in die gleiche Richtung wie die Oberschenkel. Die Hände liegen auf den Oberschenkeln.

Bewegungsablauf: Mit beiden Füßen kurz auf den Boden drücken und dadurch den Ball zum Federn bringen. Durch ständige Wiederholung beginnt der Körper auf dem Ball zu hopsen, dabei sollen die Körperabschnitte Becken, Brustkorb und Kopf in die vertikale Körperlängsachse eingeordnet sein. Progressionen sind durch labile Unterlagen, Erhöhung der Kadenz und Erhöhung der Belastung durch Vorneigung der Körperlängsachse bis hin zum Aufstehen, möglich. Da die Bewegungsausführung aber sitzend auf dem Ball stattfindet, befindet sich das meiste Körpergewicht auf dem Ball, so dass die Füße entlastet sind und das Halten der Fusslängswölbungen mit weniger Belastung trainiert werden kann. Dies ist besonders dann sinnvoll, wenn zum Beispiel die unbelasteten Phasen der Übung Platzieren gut durchgeführt werden können, der Übergang in den Zweibeistand bereits aber zu viel Belastung darstellt.

Bedingungen: Während die Füße kurz in den Boden gedrückt werden, müssen die Fusslängswölbung, -achsen und Beinachsen stabil bleiben. Der Abstand zwischen den Füßen und den Knien bleibt konstant. Der Ball bleibt an Ort.



Quelle: (32)

7.4.2. Die Schublade

Ziel der Schublade ist es, dynamische Belastungswechsel der Fusslängswölbung zu stabilisieren.

ASTE: wie beim Cowboy sitzend auf dem Ball, Körperabschnitte Becken, Brustkorb und Kopf sind in die vertikal stehende Körperlängsachse eingeordnet. Der Balldurchmesser ist etwas grösser als der Abstand Kniegelenk-Boden. Fuss- und Beinachse korrekt eingestellt, die Fussspitzen zeigen in die gleiche Richtung wie die Oberschenkel. Die Hände ruhen verschränkt auf dem Brustkorb.

Bewegungsablauf: Die Füße halten ihre Position bei, verändern ihre Lage nicht. Der Ball soll in einer ersten Phase geradlinig soweit wie möglich nach vorne und wieder so weit wie möglich zurückgerollt werden. Der Patient soll die Druckveränderung unter den Füßen wahrnehmen, welche beim Zurückrollen abnimmt und beim nach vorne Rollen zunimmt. Als eine Steigerung oder Erleichterung kann der Patient dazu aufgefordert werden denn Ball nicht gerade nach vorne rollen zu lassen, sondern leicht diagonal nach links oder rechts um den jeweiligen Fuss in dieser Phase der dynamischen Stabilisierung mehr oder weniger zu belasten. Da sich das meiste Körpergewicht auch bei dieser Übung auf dem Ball befindet, wird auch während der Schublade der Bewegungsablauf nicht in der endgültigen Belastung beansprucht und geübt. Sie ist gegenüber der Alltagsbewegung eine Erleichterung um den Übergang von einer unbelasteten zu einer belasteten dynamischen Stabilisierung zu lernen. Gegenüber dem adaptierten Cowboy stellt die Schublade eine weitere Annäherung an die Funktion dar, da der Wechsel der Belastung durch das Rollen des Balls mehr der endgültigen Belastungsforderung entspricht.

Bedingungen: Die Fusslängswölbungen, -achsen und Beinachsen müssen stabil bleiben, dürfen nicht Einsinken, die Abstände zwischen den Füßen und den Knien bleiben ebenso wie das Türmchen der Körperlängsachse (KLA) konstant.



Quelle: eigene Darstellungen, Schublade

7.4.3. Die Waage (32)

Ziel (adaptiert): Der Patient soll die Stabilisation der Fusslängswölbungen während dem unbelasteten Abrollen über die Füße lernen.

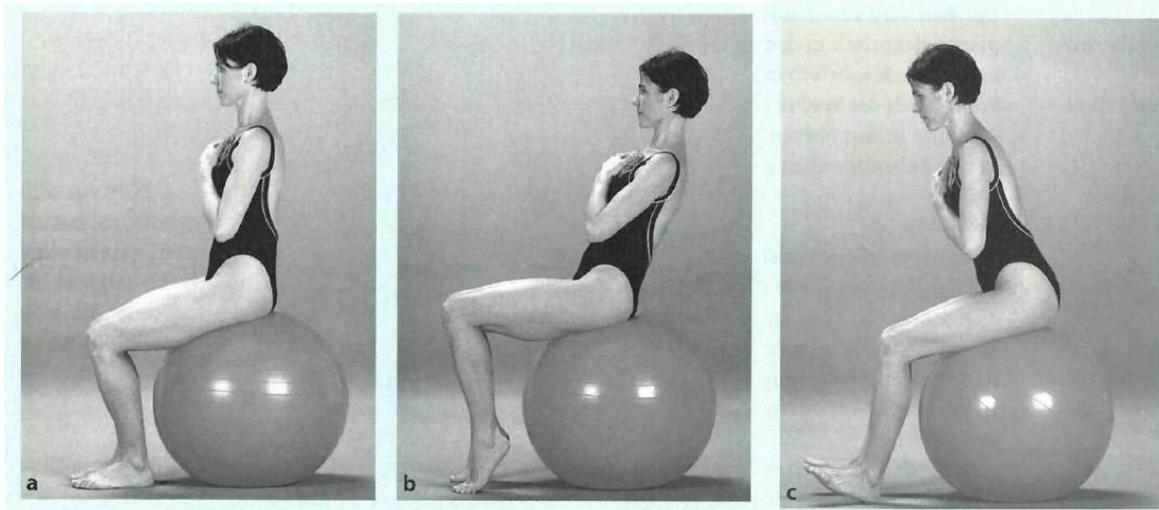
ASTE: wie beim Cowboy und der Schublade sitzend auf dem Ball, Körperabschnitte Becken, Brustkorb und Kopf sind in die vertikal stehende Körperlängsachse eingeordnet. Der Balldurchmesser ist etwas grösser als der Abstand Kniegelenk-Boden. Fuss- und Beinachse korrekt eingestellt, die Fussspitzen zeigen in die gleiche Richtung wie die Oberschenkel. Die Hände ruhen verschränkt auf dem Brustkorb.

Bewegungsablauf: Der Ball rollt in einer ersten Phase so weit zu nach vorne zu den Füßen, dass sich die Fersen vom Boden lösen und nur noch die Zehen Kontakt haben. Dabei bleibt die Belastung auf den Füßen gleich. Der Blick bleibt nach vorne gerichtet, die KLA bleibt aufgerichtet (lehnt nicht nach hinten, im Gegensatz zur Originalvariante). In einer zweiten Phase wird der Ball weit von den Füßen weg nach hinten gerollt, so dass die Zehen abheben und nur noch die Fersen Kontakt haben. Der Blick bleibt auch hier nach vorne gerichtet und die KLA ebenso aufgerichtet (wiederum entgegen der Originalvariante, bei welcher der Oberkörper an dieser Stelle sich nach vorne neigt). In einer dritten Phase werden die ersten zwei



aneinandergehängt und in einer Schlaufe beliebig oft wiederholt, so dass der Patient über die stabilisierten Fusslängswölbungen abrollt. Diese müssen aber durch das wechselnde Abheben von Fersen und Zehen jedes Mal aufs Neue erstellt werden, was gegenüber der Schublade eine erneute Progression und Annäherung an die tatsächliche Funktion darstellt, ohne die volle Belastung tragen zu müssen.

Bedingungen: Die Fusslängswölbungen, -achsen und Beinachsen stabil bleiben, dürfen nicht einsinken, der Abstand zwischen den Füßen und den Knien bleiben ebenso wie das Türmchen der KLA konstant.



Quelle: (32)

7.4.4. Der Delphin (32)

Ziel (adaptiert): Der Patient soll lernen, die funktionelle Fusslängsachsenbelastung halten zu können.

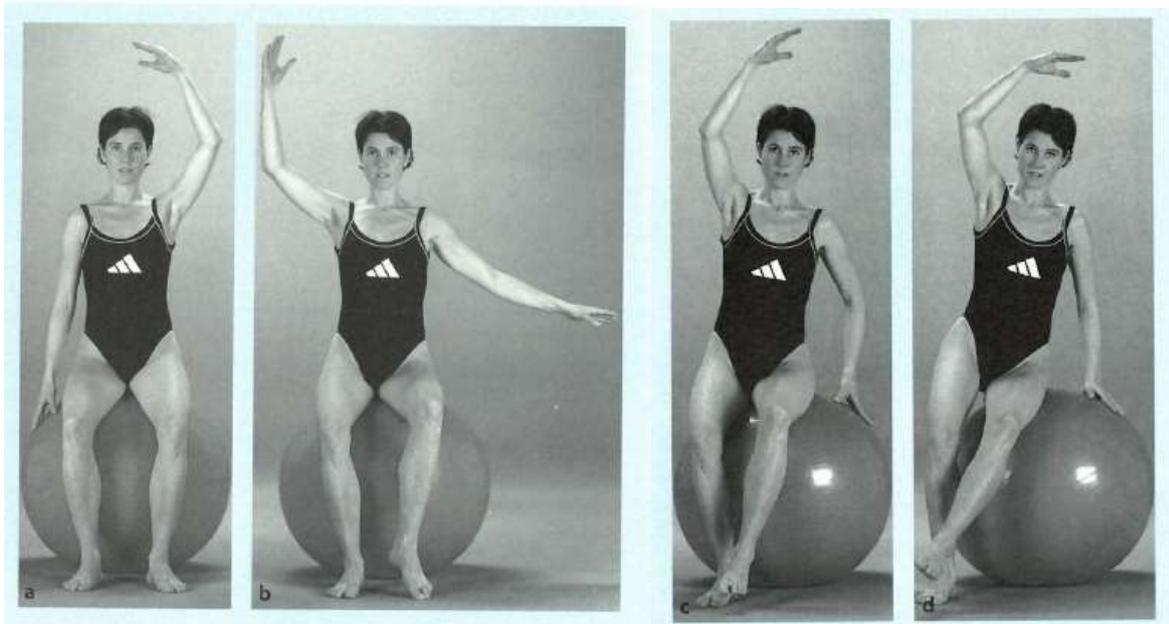
ASTE: Der Patient sitzt aufrecht auf dem Ball. Der Balldurchmesser ist deutlich grösser als der Abstand Kniegelenk-Boden. Fuss- und Beinachse korrekt eingestellt, die Fussspitzen zeigen in die gleiche Richtung wie die Oberschenkel.

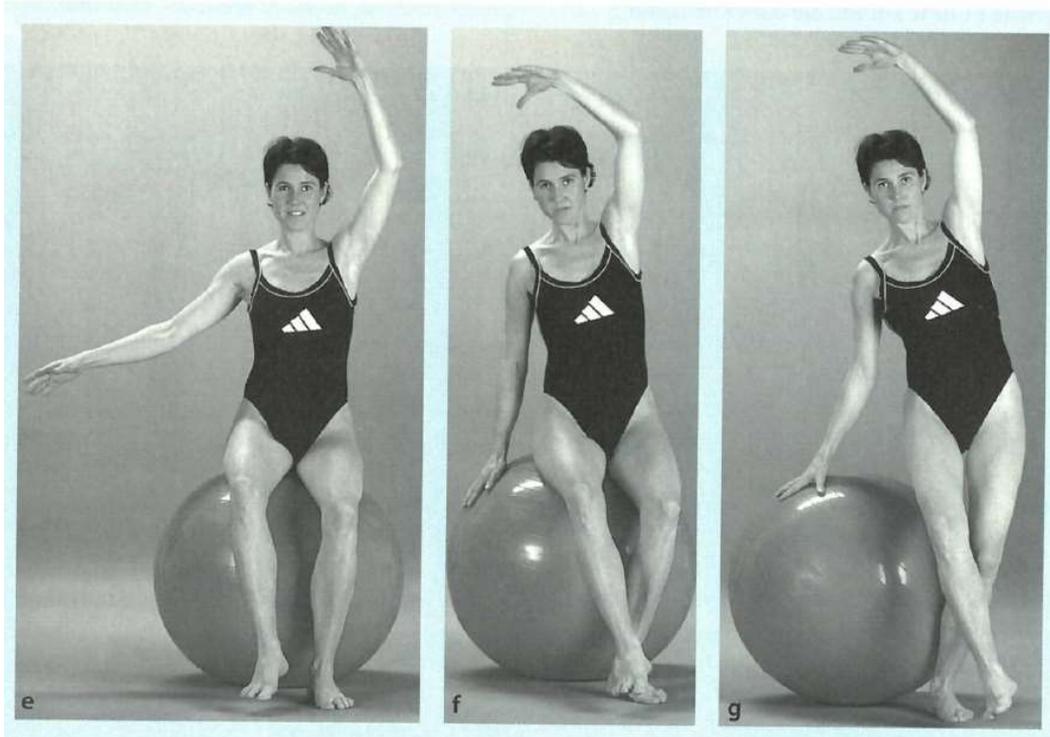
Bewegungsablauf: Durch das kreisförmige Bewegen des rechten Armes in der mittleren Frontalebene wird eine Ballrollung zur rechten Seite ausgelöst. Dabei gerät das rechte Bein in Stützfunktion und das linke Bein in Spielfunktion. Das Standbein bremst die Bewegung und leitet die Umkehr der Bewegung ein. Nun erfolgt eine kreisförmige Bewegung des linken Armes in der mittleren Frontalbeben, so dass der Ball zur linken Seite rollt und das linke Bein in Stützfunktion gerät. Mit zunehmender



Geschwindigkeit stellt sich die Fusslängsachse rechtwinklig zur Rollrichtung des Balls ein, der Schritt zur Seite wird dabei immer grösser und die Bewegung zur Seite stoppt, wenn das Knie des Standbeins über dem Fuss steht. Das kontralaterale Bein verliert dabei zunehmend den Kontakt zum Boden und überkreuzt schliesslich das Standbein. Die kontralaterale Hand berührt den Ball um ihn am Ort zu halten. Dies kann weiter gesteigert werden bis sich das Gesäss zunehmend vom Ball abhebt, bzw. sich der Patient im aufrechten Stand befindet. Der Delfin bedeutet einen grossen Schritt Richtung Funktion. Der Körperschwerpunkt (KSW) verlässt den Ball und begibt sich dorthin wo er auch während der Funktion ist; über den Fuss. Daher stellt der Delfin einen guten Übergang aus der Teilbelastung der Fusslängswölbung hin zur Vollbelastung, wie wir sie beim dynamischen Einbeinstand antreffen, dar.

Bedingungen: Der Ball rollt immer geradlinig nach rechts und links. Die Fussspitze und das Knie des Standbeins zeigen immer nach vorn. Das Türmchen darf sich nur wenig zur Seite neigen, muss dabei aber auch stabil bleiben, darf nicht einsinken. Die Arme dürfen das Türmchen nur seitlich bewegen. Die Fusslängswölbung, -achsen und Beinachsen bleiben stabil, dürfen nicht einsinken.





Quelle: (32)

7.5. Dynamischer Einbeinstand (31)

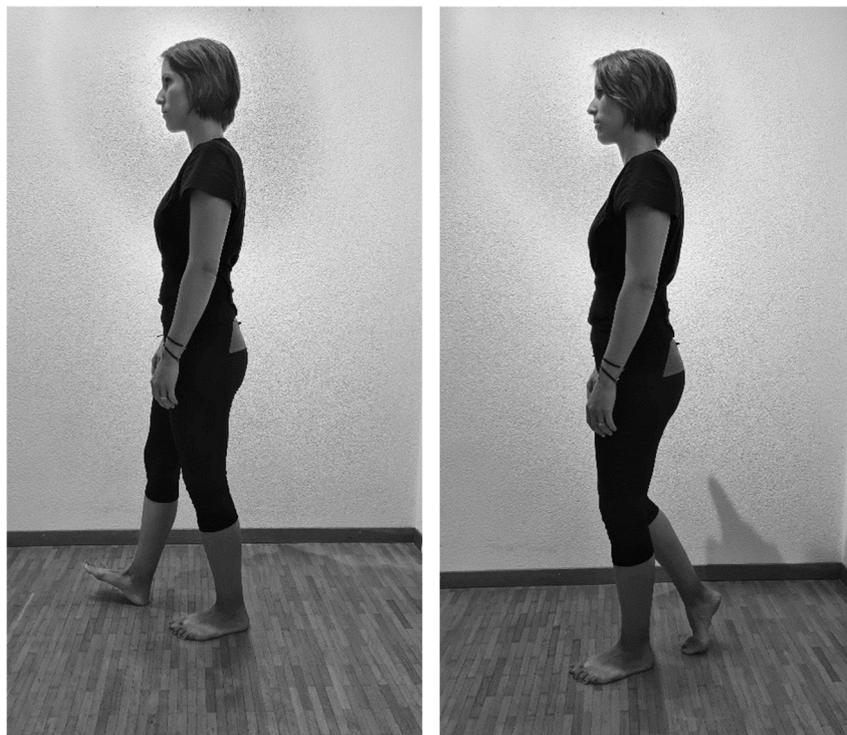
Ziel beim dynamischen Einbeinstand sind das Training der Knieextensoren (fallverhindernd), das Training der Hüftabduktoren und -ausserrotatoren sowie die optimale Fuss- und Beinachsenbelastung. Auf letzteres wird hier themenbezogen der Fokus gelegt.

ASTE: Aufrechter Zweibeinstand, die Knie sind deblockiert. Die Fusslängswölbung und die Fussachse sind korrekt eingestellt und damit einhergehend die Beinachse korrekt. Die Körperlängsachse ist ebenfalls korrekt eingeordnet; sprich Körperabschnitte Kopf, Brustkorb und Becken sind übereinander eingestellt.

Bewegungsablauf: zunächst erfolgt eine statische Gewichtsverlagerung von einem Fuss auf den anderen, in der Form wie es in der Übung 6.3. Platzieren schon beschrieben wurde. Können dabei die Bedingungen eingehalten werden, wird in die dynamische Phase gewechselt, bei welcher das Gewicht auf dem zu behandelnden Fuss bleibt (Standbein) und das Spielbein mit der Fussspitze hinten, bzw. der Ferse vor dem Standbein im Wechsel den Boden berührt. Diese Übung kommt der Forderung nach dem Üben in der Funktion sehr nach. Das zu beübende Standbein wird wie in der Funktion belastet, das Spielbein führt mit dem Wechsel von der Fussspitze hinten

zur Ferse vorne ebenfalls die Bewegung durch, wie sie in der Funktion gefragt ist. Der Körperschwerpunkt ist über dem Fuss, ebenfalls wie in der Funktion. Im Falle einer instabilen Beinachse, dem Absinken des Knies nach medial, können um das Erlernen zu erleichtern aussen am Knie taktile Stimuli gegeben werden, so dass der Patient einfacher im Hüftgelenk aussenrotatorisch Stabilisieren kann. Als Progression können an der Beckenhälfte des Spielbeins positiv- oder negativ-rotatorische Impulse gegeben werden, so dass der Patient widerlagern muss. Auch der Einsatz von labilen Unterlagen, von weichen Matten bis hin zu Kreiseln, dienen der Progression.

Bedingungen: Das Längsgewölbe und die Fussachse des Standbeins bleiben korrekt eingestellt, das Knie des Standbeins schaut über die Fussspitze nach vorn, die deblockierte, leicht flektierte Position des Knies des Standbeins bleibt erhalten. Der Brustkorb dreht sich nicht. Von aussen betrachtet sieht man nur das Spielbein sich bewegen.



Quelle: eigene Darstellungen

7.6. Eckengeher (31)

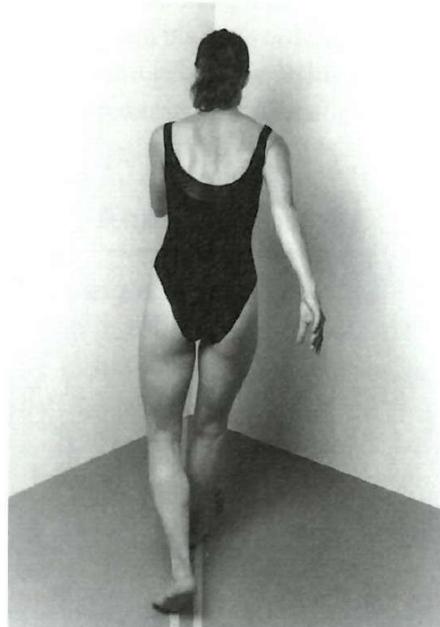
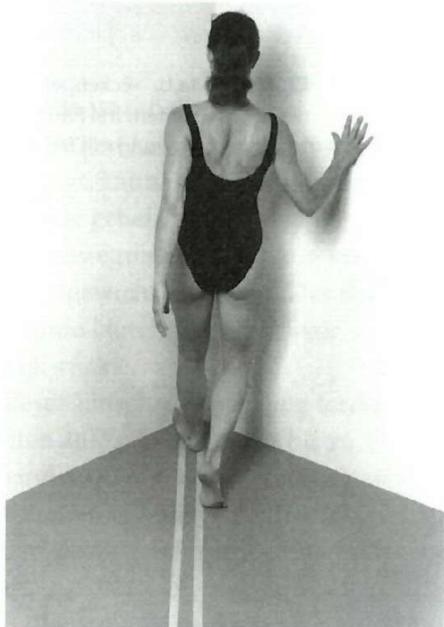
Ziel beim Eckengeher ist es, dass der Patient lernt, bei Vor- und Rückwärtsschritten eines Beins über die funktionelle Fusslängsachse des anderen Beins abzurollen. Die Arme sollen dabei gangtypisch eingesetzt werden.

ASTE: Der Ecke zugewandt in Schrittstellung in der Normalspur stehen; beide Hände berühren auf Brusthöhe links und rechts die Wand welche die Ecke bilden. Das zu beübende Bein steht vorne auf der Ferse, das andere Bein hinten auf dem Vorfuss.

Bewegungsablauf: Das andere, zunächst hintere Bein macht einen Schritt nach vorne, das zu beübende vordere Bein rollt ab und bleibt auf dem Vorfuss stehen. Dann macht das andere, nun vordere Bein wieder einen Schritt zurück und der zu beübende Fuss rollt zurück. Bei diesen kleinen Vor- und Rückwärtsschritten des anderen, zunächst hinteren Beins gleiten die Hände an den Wänden entlang in die Ecke und wieder weg von ihr. So hat der Patient beim Abrollen über den zu beübenden (Stand-)Fuss keine Gleichgewichtsprobleme. Diese Hilfe kann in einer Progression abgebaut werden. Zunächst kann beispielsweise die gleichseitige Hand von der Wand gelöst werden und mit dem Spielbein mitschwingen; dies reduziert die Unterstützung und erhöht gleichzeitig den Grad an Funktionalität, da das Armpendel wichtiger Bestandteil des sauberen Gangbildes ist. In einer weiteren Steigerung werden beide Hände von der Wand genommen, so dass der gleichseitige Arm pendeln kann und der gegenüberliegende Arm mit dem zu beübenden Standfuss stehenbleibt. In einer nächsten Phase kann diese Übung losgelöst von einer Ecke im freien Raum durchgeführt werden, was im Sinne des motorischen Lernens weiter eine Steigerung bedeutet. Von hier ist der Übergang in das Gehen und somit in die angestrebte Funktion nicht mehr weit.

Diese Übung stellt nach dem dynamischen Einbeinstand einen weiteren Schritt hin zur Funktion hin, wobei der Grad an Funktion nochmals höher ist, da das Abrollen direkt in der Funktion geübt wird, die Differenz zum normalen Gehen ist nur noch klein

Bedingungen: Die Fusslängswölbung und die Fusslängsachse sind bei beiden Füßen korrekt eingestellt und bleiben erhalten, die Beinachsen sind bei beiden Beinen ebenfalls normgerecht eingestellt so dass die Patellae nach vorne schauen. Das Knie des Standbeins ist leicht flektiert. Die Normalspur soll gehalten werden.



Quelle: (31)

7.7. Gangschule

Ziel der Gangschulung ist es, das erlernte im Alltag in der Funktion umzusetzen. Das durch die vorangegangenen Übungen Erlernte soll automatisiert werden und in dieser in der Funktion perfektioniert werden.

ASTE: Stehend, bzw. gehend. Für diese Form der Übung wird eine ausreichend lange Gehstrecke benötigt, da es nach dem loslaufen ein paar Schritte dauert bis man in seinem Rhythmus ist. Ist die Gehstrecke zu kurz, kann es vorkommen, dass man gar nicht oder nur kurz in seinen Schritt findet bevor man wenden muss.

Bewegungsablauf: Der Patient geht zunächst auf gerader, fester Unterlage hin und her. Da sich der normale Schritt erst nach ein paar Schritten einstellt, soll darauf geachtet werden, dass die Gehstrecke ausreichend ist und der Patient nicht zu früh wenden muss. Der Therapeut gibt Korrekturen an, welche er durch die Ganginspektion beobachtet und der Patient umsetzen soll. Dabei soll darauf geachtet werden, dass nicht zu viele Punkte angesprochen werden. Es sollten nach Grillo (8) (Feedbackmodul) nur ein bis zwei Punkte angesprochen werden, welche die Patienten dann umsetzen sollen, danach können weitere folgen. Progressionsvarianten stellen labile Unterlagen dar, Umgebungen die den Patienten ablenken, so er sich nicht voll konzentrieren.

Bedingungen: Der Gang findet entsprechend der Norm oder so nah wie möglich daran bei begründeten Abweichungen/Kompensationen. Dabei ist festzuhalten, dass die Kriterien nicht einzeln zu beobachten sind, da sie sich jeweils gegenseitig beeinflussen. Beobachtungskriterien des Gangs nach FBL (5):

1. Vorwärtstransport von Kopf, Brustkorb und Becken: bei diesem Kriterium wird beurteilt, ob die genannten KA nach „vorne“ gerichtet sind, in die Richtung der Bewegung schauen oder ob ein KA von dieser Ausrichtung abweicht
2. Erhaltung der Körperlängsachse: an dieser Stelle wird beobachtet, ob das Türmchen von der Seite und von vorne betrachtet während dem gehen erhalten bleibt, oder ob die KLA während dem Gehen kollabiert.
3. Gangtempo: wie der Name dieses Beobachtungskriterium schon andeutet steht hier das Gangtempo im Fokus. Der Norm entsprechen 108-120 Schritte pro Minute. Ein langsames Tempo bringt kleinere Schritte, eine vergrößerte Spurbreite, ein reduziertes Armpendel und häufig eine gesteigerte Gleichgewichtsnotwendigkeit mit sich, da der Körperschwerpunkt schwieriger zu stabilisieren ist. Ein schnelleres Gangtempo ist einhergehend mit vergrößerter Schrittlänge und erhöhtem Armpendel. Die Gangsicherheit wird üblicherweise dadurch nicht negativ beeinflusst, jedoch ist es im Sinne einer ökonomischen Bewegung nicht sinnvoll schneller als 120 Schritte pro Minute zu gehen, da der Wechsel des Gehens ins Joggen dann ökonomischer ausfällt.
4. Schrittlänge: Die Schrittlänge entspricht in der Norm dem Abstand zwischen der Ferse des vorderen Fusses und den Zehen des hinteren Fusses der eineinhalbfachen Fusslänge des Patienten. Abweichungen im Gangtempo haben Einfluss auf die Schrittlänge. Ein Tempo oberhalb von 120 Schritten pro Minute vergrößert die Schrittlänge, ein Tempo unter 108 Schritten pro Minute verkürzt die Schrittlänge.
5. Spurbreite: In der Norm sollten die Abrollachsen rechts und links von der Symmetrieebene platziert sein, dadurch wird es möglich, dass sich die medialen Malleoli nicht berühren. Dies stellt einen möglichst ökonomischen Vorwärtstransport des KSW sicher, so dass dieser nicht von einer geraden Linie in Richtung des Vorwärtstransports abweichen muss. Je breiter die Spurbreit, desto mehr muss der KSW nach lateral über die Unterstützungsfläche des Fusses stabilisiert werden, was sich mit einem Schwanken des KA Becken,



Brustkorb und Kopf bemerkbar macht und so dem ersten Beobachtungskriterium nicht nachkommt.

6. Räumliche Einstellung der Fusslängsachse, Patella und des Standbeins: unter diesem Kriterium erfolgt die Beurteilung der Achsenstellung von Fuss und Bein. Die Fussposition entspricht in der Norm der funktionellen Fusslängsachse, welche vom lateralen Drittel der Ferse durch das Grosszehengrundgelenk verläuft, so dass die anatomische Fusslängsachse um 11° divergiert und der Fuss damit leicht v-förmig steht. Die Beinachse steht in der Norm gerade, wenn von ventral betrachtet der Fuss, das Knie und die Hüfte in einer Linie stehen. Weicht das Knie nach medial ab ist von einem Valgus die Rede, weicht es nach lateral ab, spricht man von einem Varus. Beides hat negative Auswirkungen auf die Belastung des Knies und damit die Ökonomie der Bewegung; das Knie wird stärker mechanisch belastet und der Abrieb dadurch gesteigert; und der Verschleiss des Knies erhöht. Die Hüfte als Kugelgelenk und der Fuss, welcher durch seine Bewegungsfreiheiten im oberen und unteren Sprunggelenk ebenfalls funktionell als kugelähnlich begriffen werden kann (8), kommen mit dieser Fehlstellung viel besser zurecht als das Scharniergelenk Knie.
7. Gehbewegung der Körperabschnitte Becken und Beine: unter diesem Gesichtspunkt wird beurteilt, ob sich kein Punkt am Körper im Raum nach dorsal bewegt. Während dem Gehen sollen alle Punkte am Körper sich in einer vorwärts gerichteten Bewegung befinden, oder zumindest die Position im Raum halten, aber nicht nach hinten bewegen. Dies betrifft auch das Armpendel; die Hand als distalster Beobachtungspunkt sollte sich während des Armpendels ebenfalls nicht nach hinten bewegen, sondern die Position im Raum halten (8). Die Rotation des Beckens ist eine physiologisch notwendige Bewegung, sie bremst die Beinbewegungen ab welche andernfalls ungedämpft in die Wirbelsäule weiterlaufen würden. So wird sichergestellt, dass die Bewegung der unteren Extremität nicht den stabilen Brustkorb beeinträchtigen (8).
8. Armpendel: unter diesem Beobachtungskriterium wird der Fokus auf die Geradlinigkeit, Verteilung nach ventral und dorsal sowie die Symmetrie der Länge des Armpendels gelegt. Abweichungen können aufgrund konstitutioneller Auffälligkeiten wie ein Minus-Schulterabstand oder ein Plus-Trochanterabstand auftreten, Adipositas kann einen Einflussfaktor darstellen, Eingeschränkte Beweglichkeiten in den Schultergelenken oder der Wirbelsäule



sowie wie unter Punkt 3 erwähnt, wirkt sich das Gangtempo auf das Armpendel aus.

Da wie eingangs erwähnt sich diese Punkte gegenseitig beeinflussen ist es durchaus denkbar und auch zu beobachten, dass ein Senkfuss negativen Einfluss auf die Fuss- und Beinachsenstabilität hat, diese dadurch Beschwerden beispielsweise am Knie verursacht, der Patient dadurch langsamer und breitspuriger geht und die Arme weniger pendeln. Relevant bei derartigen Beobachtungen ist es immer zu hinterfragen, ob die Beobachtungen in Einklang mit der Kausalität der Beschwerden zu bringen sind.

7.8. Gangvariationen

Ziel der Gangvariationen ist es im Sinne des motorischen Lernens die erlernte Bewegung/Funktion möglichst variantenreich zu beherrschen. Das Stabilisieren der Fusslängswölbung soll automatisiert werden und bei jeder Form von Bewegung und Funktion bei welcher der Fuss involviert ist, vorhanden sein.

ASTE: Entsprechend der gewünschten Funktion alles denkbar; stehend, kniend, Einbeinstand.

Bewegungsablauf: Ebenfalls entsprechend der gewünschten Funktion, Sportart oder benötigten Bewegungen alles denkbar; Gehen, Rennen, Sprünge, Ausfallschritte, zum Teil auch Verwendung von Sportgeräten. Zusätzliche Progression wie der Wechsel der Unterlage auf eine weiche, labile Unterlage, ein Wechsel der Umgebung von Reizarm zu Reizstark (leerer Raum vs. Bahnhofsumgebung mit vielen Passanten), Dualtaskaufgaben zur besseren Vernetzung der Funktion sind möglich. Korrektur der von der Norm abweichenden Komponente.

Bedingung: Einhaltung der Fusslängsachse, Fuss- und Beinachse sowie der acht Gangkriterien entsprechend der hypothetischen Norm. Abweichungen nur im Sinne von tolerierten, weil nicht verhinderbaren Kompensationsversuchen.

8. Ergebnis

Die erforschten Massnahmen in den gefundenen Studien divergieren von den Methoden der FBL, wie sie auch Bertram vorschlägt. Die gefundenen Arbeiten propagieren den Einsatz von SFE oder ähnlichem mit und ohne neuromuskuläre Elektrostimulation sowie die Verwendung von Orthesen für den Aufbau von Senkfüssen. Die FBL und Bertram dagegen empfehlen funktionelles Üben, Korrektur der von der Norm abweichenden Bewegung für den Aufbau von Senkfüssen.

8.1. Limitierungen dieser Arbeit

Diese Arbeit unterliegt einigen Limitierungen. Das Fehlen von wissenschaftlichen Nachweisen zur Methodik der funktionellen Bewegungslehre und die damit einhergehende Reduktion der FBL auf Expertenmeinungen sowie die kleinen Populationen in den gefundenen Arbeiten zum Aufbau von Senkfüssen, begrenzen die Aussagekraft dieser Arbeit.

8.2. Conflict of interest

Es bestehen keine Interessenskonflikte.

9. Schlussfolgerung

Aufgrund der vom motorischen Lernen abweichenden Massnahmen in den gefundenen RCT, ist es aus meiner Sicht nachvollziehbar, dass die Ergebnisse derselben nicht zu einem positiven Outcome hinsichtlich des Aufbaus von Senkfüssen kommen. Das Vorgehen der FBL und die vorgeschlagenen Übungen orientieren sich am motorischen Lernen und der hypothetischen Norm der FBL. Daher sollten sie aus meiner Sicht dazu führen Senkfüsse aufzutrainieren. Sie tun dies meiner klinischen Erfahrung nach auch. Das Fehlen von Untersuchungen der Methoden der FBL lässt jedoch keine Aussage zu, ob diese tatsächlich den in den gefundenen Arbeiten enthaltenen Massnahmen überlegen sind. Die Nähe zum motorischen Lernen und die klinische Erfahrung lassen es mich aber vermuten. Eine künftige Studie welche auf diesem Ergebnis aufbaut ist wünschenswert.



10. Quellenverzeichnis

1. Plattfuss [Internet]. KSW Kantonsspital Winterthur. [zitiert 19. April 2022]. Verfügbar unter: <https://www.ksw.ch/gesundheits Themen/kinderorthopaedie/plattfuss-knicksenkfuss/>
2. Arain A, Harrington MC, Rosenbaum AJ. Adult Acquired Flatfoot. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [zitiert 2. Mai 2022]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542178/>
3. Wagner F, Hofbauer R, Matussek J. Der kindliche Knick-Senk-Fuß: Normvariante oder therapiebedürftige Deformität? Orthop. Juni 2013;42(6):455–68.
4. Naohiro Shibuya, Daniel C. Jupiter, Louis J. Ciliberti, Vincent VanBuren, Javier La Fontaine. Characteristics of Adult Flatfoot in the United States | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [zitiert 17. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1067251610001249?token=8B2EE976D6C70AFEB11B9A6A127AB395CD191502593E87F7A9F5A9D5F833940F24C646CB928FB66D5093850E645C6BFD&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220117085813>
5. Suppé B, Spirgi-Gantert I. FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics: Die Grundlagen : Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung. 6th ed. 2007. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2007.
6. Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen: funktionelle Anatomie - therapierelevante Details. 2. LWS, Becken und Hüftgelenk, untere Extremität. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2020. (Physiofachbuch).
7. Angin S, Mickle K, Nester C. Contributions of foot muscles and plantar fascia morphology to foot posture | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [zitiert 3. November 2021]. Verfügbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S096663621830033X?token=54BE8DBCA67D738C0CE3B342E4736CBAEE25EC80360732DAEADC82A2A4E39C926E758EED1AB0CDF58B8C21DBEF628D44&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211103205930>
8. Bertram A. MAS Functional Kinetic Science (MFKSc) | Advanced Studies [Internet]. [zitiert 18. Mai 2022]. Verfügbar unter: <https://advancedstudies.unibas.ch/studienangebot/kurs/mas-functional-kinetic-science-mfksc-19539>
9. Resende RA, Deluzio KJ, Kirkwood RN, Hassan EA, Fonseca ST. Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [zitiert 3. November 2021]. Verfügbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0966636214007516?token=9C1BE36DED5411E598E2B67E3144933DEBD0FF5E3C4CDB40E62BBFDD62D0BF4C3C55312DA24DDC48A167F37AAD761C29&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211103201648>



10. Irving DB, Cook JL, Menz HB. Factors associated with chronic plantar heel pain: A systematic review [Internet]. [zitiert 24. November 2021]. Verfügbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1440244006000090?token=4F94C3D8B54E73F7AE53AFE32FDA6E82E531D7651CFC3370F25133660A11A6B14CDB4FD112D150F3A9A3EAFE7F8AE2BF&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211124194528>
11. Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk Factors for Plantar Fasciitis: A Matched Case-Control Study. *JBJS*. Mai 2003;85(5):872–7.
12. Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The Effect of Foot Structure and Range of Motion on Musculoskeletal Overuse Injuries. *Am J Sports Med*. September 1999;27(5):585–93.
13. Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij L, De Clercq D. Intrinsic Risk Factors for Inversion Ankle Sprains in Male Subjects: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. März 2005;33(3):415–23.
14. Backman LJ, Danielson P. Low Range of Ankle Dorsiflexion Predisposes for Patellar Tendinopathy in Junior Elite Basketball Players: A 1-Year Prospective Study. *Am J Sports Med*. Dezember 2011;39(12):2626–33.
15. Chuter VH, Janse de Jonge XAK. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [zitiert 3. November 2021]. Verfügbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0966636212000409?token=B9931FA5F0C70BD9E5A45CD0D4F88D45483245D0C350040ADC785576AD80B50ED8C3785B20B0573788F9A4D8DC3F08AC&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211103193828>
16. Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation. *Int J Environ Res Public Health*. 7. Juli 2020;17(13):4882.
17. Sulowska I, Mika A, Oleksy Ł, Stolarczyk A. The Influence of Plantar Short Foot Muscle Exercises on the Lower Extremity Muscle Strength and Power in Proximal Segments of the Kinematic Chain in Long-Distance Runners. *BioMed Res Int*. 2. Januar 2019;2019:1–11.
18. Moon DC, Kim K, Lee SK. Immediate Effect of Short-foot Exercise on Dynamic Balance of Subjects with Excessively Pronated Feet. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(1):117–9.
19. Schwartz E, Su J. Plantar Fasciitis: A Concise Review. *Perm J* [Internet]. 2014 [zitiert 3. November 2021];18(1). Verfügbar unter: <http://www.thepermanentejournal.org/issues/2014/winter/5607-plantar-fasciitis.html>
20. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med*. März 2015;49(5):290–290.



21. Alam F, Raza S, Moiz JA, Bhati P, Anwer S, Alghadir A. Effects of selective strengthening of tibialis posterior and stretching of iliopsoas on navicular drop, dynamic balance, and lower limb muscle activity in pronated feet: A randomized clinical trial [Internet]. [zitiert 17. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.tandfonline.com/doi/epub/10.1080/00913847.2018.1553466?needAccess=true>
22. Jafarnezhadgero A, Madadi-Shad M, Alavi-Mehr SM, Granacher U. The long-term use of foot orthoses affects walking kinematics and kinetics of children with flexible flat feet: A randomized controlled trial. Padulo J, Herausgeber. PLOS ONE. 9. Oktober 2018;13(10):e0205187.
23. Kim EK, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. J Phys Ther Sci. 2016;28(11):3136–9.
24. Namsawang J, Eungpinichpong W, Vichiansiri R, Rattanathongkom S. Effects of the Short Foot Exercise With Neuromuscular Electrical Stimulation on Navicular Height in Flexible Flatfoot in Thailand: A Randomized Controlled Trial. J Prev Med Pub Health. 31. Juli 2019;52(4):250–7.
25. Okamura K, Shusaku K, Kengo F, Satoshi T, Takeya O. The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot dynamics during gait | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [zitiert 1. Mai 2022]. Verfügbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S095825921730086X?token=4D33F8C7576B3CF67332CCB8B8F55545DE9FFBA1F5489C533718D40ABC04234FA4C80D1961212ACE098F90A47A2DBAAA&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220501134349>
26. Lee E, Cho J, Lee S. Short-Foot Exercise Promotes Quantitative Somatosensory Function in Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res. 21. Januar 2019;25:618–26.
27. Moon D, Jung J. Effect of Incorporating Short-Foot Exercises in the Balance Rehabilitation of Flat Foot: A Randomized Controlled Trial. Healthcare. 13. Oktober 2021;9(10):1358.
28. Okamura K, Fukuda K, Oki S, Ono T, Tanaka S, Kanai S. Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. Gait Posture. 1. Januar 2020;75:40–5.
29. Geraedts P. Motorische Entwicklung und Steuerung: Eine Einführung für Physiotherapeuten, Ergotherapeuten und Trainer. 1st ed. 2020. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2020.
30. Hüter-Becker A, Betz U. Das neue Denkmodell in der Physiotherapie. 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme; 2013.
31. Spirgi-Gantert I. FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics: therapeutische Übungen. 6. Aufl. Berlin: Springer; 2012. 318 S. (Physiotherapie).



32. Klein-Vogelbach S. Funktionelle Bewegungslehre: Ballübungen : Instruktion und Analyse. 4. Aufl. völlig neu bearb. von Elisabeth Bürge; hrsg. von Irene Spirgi-Gantert und Barbara Werbeck. Berlin: Springer-Verl.; 2003. xii+137. (Physiotherapie).

11. Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle herzlichst bei Christina und Andreas Bertram, Prof. Dr. Niklaus Friederich, Marcel Hübscher sowie Philippe Buschor für die stetige und hilfreiche Unterstützung während des Schreib- und Überarbeitungsprozesses dieser Masterarbeit bedanken.

