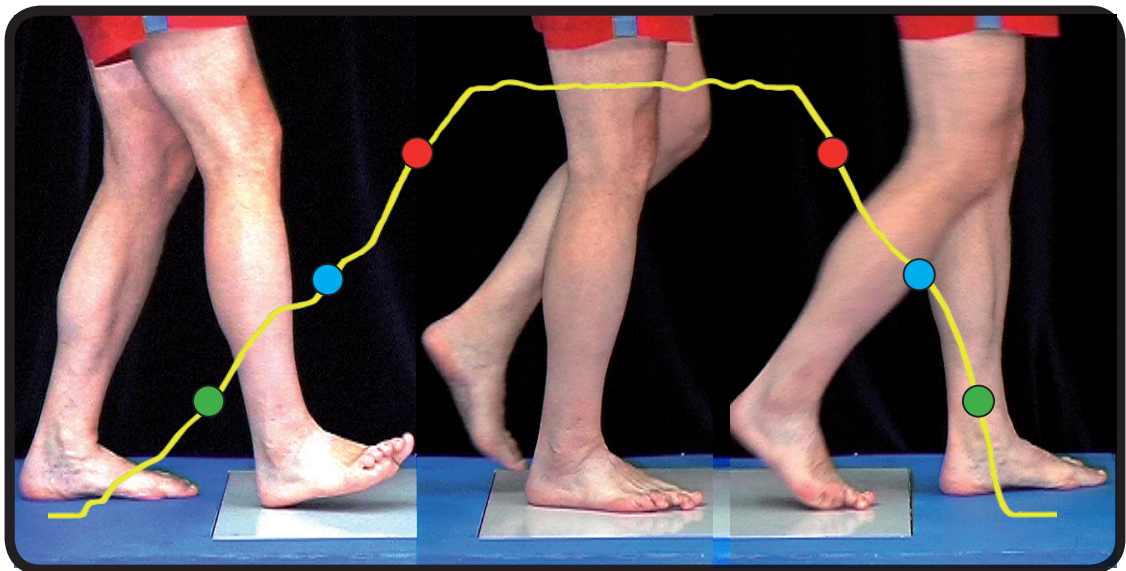


Die Tonale Feedback Therapie

Fallanalyse Patient M.

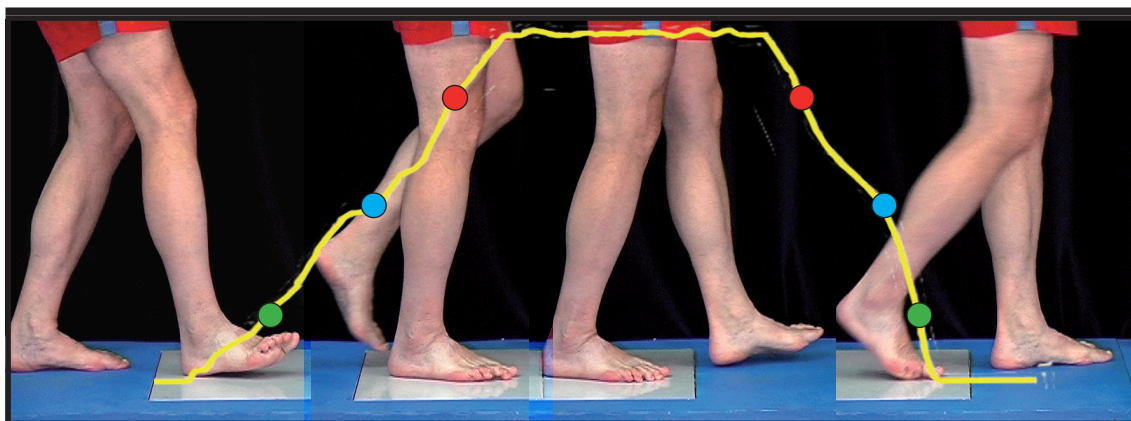


Steirische Gesellschaft für Wirbelsäulenforschung
Grazer Gang- und Rückenschule

Die Tonale Feedback Therapie

Das tonale Feedback macht die Charakteristik eines Schrittes hörbar, indem die vertikalen Kräfte, die beim Gehen auftreten, in Töne umgewandelt werden. Die akustische Wiedergabe der Belastungsabfolge wird synchron beim Auftreten auf eine Messplattform erzeugt und als externes Feedback wahrgenommen.

Ein normaler Einzelschritt beginnt mit dem Aufsetzen der Ferse (erster Bodenkontakt) und endet mit dem Abheben der Zehen (letzter Bodenkontakt). Die darüber liegende Kurve stellt die Vertikalkraft dar. Die Punkte geben die Töne wieder, die bei den verschiedenen Kraftschwellen auftreten. Das Bild zeigt einen Einzelschritt rechts.



Tonale Feedback Therapie: „Hören, wie man geht“.

Die Töne werden bei 30%, 60% und 90% des individuellen Körpergewichts erzeugt. Beim normalen Schritt sind fünf Töne hörbar (Belastungsphase/2 Töne - mittlere Stützphase/1 langer Ton - Entlastungsphase/2 Töne), deren zeitliche Abfolge die Dynamik eines Schrittes wiedergeben. Diese fünf Töne ergeben beim Gehen eine melodische Klangfolge, die einprägsam ist und die ihre Charakteristik auch bei verschiedenen Ganggeschwindigkeiten beibehält.

Bei einer Gangschulung kann auf die Schrittgestaltung eingewirkt werden, indem das Aufsetzen des Fußes, die Stützphase oder das Abrollen zum nächsten Schritt modifiziert wird. Jede Veränderung im Schrittmuster wird durch die Art der Tonfolge wiedergegeben - man „hört wie man geht“.

Bei Kindern, die auf Grund eines Spitzfuß-Gangmusters noch nie mit der ganzen Fußsohle aufgetreten sind, tritt nach einiger Übungszeit mit dem tonalen Feedback ein überraschender Effekt auf: Die Kinder konzentrieren sich immer mehr auf die Tonfolge und beginnen bei jedem Schritt mit den Tönen zu spielen. Im Bemühen, eine „melodische“ Klangvariante zu erreichen, verändert sich das Gangmuster: Der ganze Fuß wird aufgesetzt, die Fußstellung verändert sich und Stütz-Streckmuster in Sprunggelenk, Knie oder Hüfte werden aufgegeben. Es erfolgt ein „pattern shift“. Es ist zu vermuten, dass die Tonfolge wie ein „internes Feedback“ erfahren wird und durch das Abrollen über die Fußsohle das „normale“ Abrollmuster aktiviert wird.

Tonale Feedback Therapie zur Gangschulung nach länger zurückliegendem Schlaganfall

O. Fleiss*, H. Fleiss*, P. Holzer*, G. Ritter**, R. Reimann**
Universität Graz und Med Uni Graz**, Österreich*

Fallanalyse M.

Abstract

Thema: Tonales Feedback bei Gangstörungen nach Schlaganfall.

Grundlagen: Die Tonale Feedback Therapie wird in folgenden Fällen eingesetzt: Bei Cerebralpareesen insbesondere bei Kindern, bei Gangstörungen in Verbindung mit Koordinationschwächen, nach Schlaganfällen oder Lähmungen mit Gang- und Gleichgewichtsproblemen, nach Fuß-, Knie- und Hüftoperationen sowie bei Prothesenversorgung.

Methode: Die Erfassung der Bodenreaktionskräfte beim Gehen erfolgt mittels einer Kraftmessplatte, welche die auf das Körpergewicht normierten Vertikalkräfte misst. Bei definierten Kraftschwellen werden Töne produziert, die während des Abrollvorgangs eine Klangfolge ergeben und der Person synchron zum Schritt zugespielt werden.

Programm: Das Feedback-Analyse Programm erfasst die Bodenreaktionskräfte, ermöglicht die Normierung auf das Körpergewicht und speichert die Kraftkurven in Zuordnung zum rechten bzw. linken Fuß.

Ergebnisse: 2 Fallanalysen vor/nach Feedback Therapie betreffen zwei erwachsene Männer mit länger zurückliegendem Schlaganfall. Die Ergebnisse zeigen die Möglichkeit einer Veränderung des Gangmusters mit Unterstützung durch das Tonale Feedback System. Dabei werden Fehlmuster abgebaut und der Abrollvorgang des Fußes, also die Belastung der ganzen Fußsohle einschließlich der Zehen beim Bodenkontakt, verbessert. Das vorliegende Manuskript bringt die Ergebnisse vor und nach einer Tonalen Feedback Therapie eines Patienten, der mit 50 Jahren einen Schlaganfall erlitten hatte, nach 5 Jahren austerapiert war und danach mit der Tonalen Feedback Therapie begann.

Key words: Gangmuster, Gangstörung, Tonales Feedback System, Schlaganfall, Koordinationsstörung.

1. Einleitung

Bei der Tonalen Feedback Therapie werden jeweils für einen einzelnen Schritt die auf den Boden wirkenden Kräfte in eine Tonfolge umgesetzt. Diese Tonfolge repräsentiert die Dauer und Dynamik eines Schrittes. In jenen Fällen, in denen das „interne“ Feedback einer Person gestört ist und sie daher keine Rückmeldung vom Fuß und von der Fußsohle erhält, kann nach einer gewissen Übungszeit das externe tonale Feedback die Funktion des „internen“ Feedbacks übernehmen und die Schrittgestaltung unterstützen.

Bei Personen nach einem Schlaganfall, bei denen Gangunsicherheit, pathologische Muster, Gleichgewichts- und Belastungsprobleme auftreten, sollte festgestellt werden, ob das Gangmuster mittels der Tonalen Feedback Therapie verändert werden kann.

An zwei Personen mit länger zurückliegendem Schlaganfall und ausgeprägten Gangproblemen werden Ausgangssituation, Feedbacktherapie und Ergebnisse nach je 13 Übungseinheiten vorgestellt und durch Bildmaterial sowie Kurzfilme dokumentiert.

2. Methode

2.1. Hard- und Software

Als Datenerfassungssystem dient eine Kraftmessplattform. Die Messdaten der Bodenreaktionskräfte werden digitalisiert und über eine USB-Schnittstelle erfasst. Über ein Softwaremodul erfolgt die Kalibrierung der Vertikalkräfte auf das Körpergewicht der Person. Definierten Prozenten des Körpergewichts sind Töne zugeordnet, die beim Schritt über die Messplattform synchron zur Bewegung zu hören sind. Die Aufzeichnung der Vertikalkräfte erfolgt mit 100 Hz. Die einzelnen Schritte werden nach rechts und links unterschieden.

2.2 Videodokumentation

Neben der Aufzeichnung der Kraftkurven werden mehrere Versuchsdurchgänge während der Feedbacktherapie mittels Video gefilmt, sodass auch die Tonfolgen zu hören sind. Weiters erfolgen Aufnahmen des Gesamtkörpers und des Fußes von der Seite und von vorne. Es wird sowohl das Gehen mit Schuhen als auch das Barfußgehen dokumentiert.

2.3 Video-Screening

Vor der Tonalen Feedback Therapie wird ein motorischer Muskelfunktionstest gemacht und ein Videoscreening der Wirbelsäule durchgeführt (Markierung der Dornfortsatzreihe und der Beckenpunkte sowie die Aufzeichnung der Körperhaltung und der Bewegung der Wirbelsäule bei Beuge- und Gangbewegungen). Nach Ausarbeitung der Aufzeichnungen werden die Ergebnisse besprochen, ein individuelles Bewegungsprogramm wird erstellt und die Schwerpunktübungen werden praktisch eingeschult. Dieses Bewegungsprogramm wird zusätzlich zur Feedbacktherapie vorgeschlagen.

2.4 Datenverarbeitung

Die Feedback-Daten werden über das Feedback-Modul analysiert, das individuelle Bewegungsprogramm wird über *Wirbel-med* erstellt und als grafische Vorlage für zu Hause mitgegeben. (www.wirbelix.com/software)

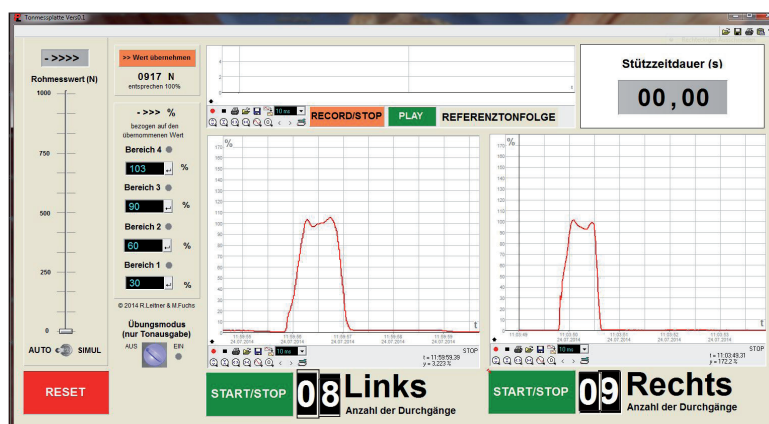


Abb. 1: Display der Feedback Software mit Kalibrierung, Bestimmung der Tonschwellen, Auswahl des Therapiemodus und Registrierung der einzelnen Versuche.

3. Fallanalysen

Vor der Tonalen Feedback Therapie wurden beide Personen zuerst beim freien Gehen mit Schuhen und barfuß über Video aufgezeichnet und danach ein Muskelfunktionstest gemacht. Die Übungseinheiten gingen über einen Zeitrahmen von 32 (M.) bzw. 25 (H.) Wochen. Insgesamt erfolgten jeweils 13 Einschulungen (Dauer incl. der Kontrollen der Bewegungsübungen ca. 90 Minuten). Einige Zeitabstände zwischen den einzelnen Einheiten waren länger, dann folgten einige in kürzeren Abständen, um eine intensivere Einschulung zu ermöglichen.

In der ersten Feedbackeinheit wurden die Messdaten beim Gehen mit Schuhen zuerst ohne Ton (Baseline) und danach die ersten Versuche mit Tonalem Feedback aufgezeichnet. In jeder der folgenden Übungseinheiten wurden mehrere Übungsserien ausgeführt. Geübt wurde mit Schuhen und barfuß, wobei das Barfußgehen am Anfang für beide Personen schwieriger war und Gleichgewichtsprobleme häufiger auftraten als beim Gehen mit Schuhen, in der Folge aber das Barfußgehen bessere Trainingsverläufe und deutlichere Einwirkungen auf die Fuß- bzw. Zehenbewegung zeigte.

Fallanalyse M., Schlaganfall mit 50 Jahren.

Anamnese

Multiinfarktgeschehen, Koordination deutlich ataktisch, Hypästhesie rechte Halbseite, Sensitivitätsverminderung linke Halbseite, Babinski links, massive Schluckbehinderungen, Sprachstörungen, Gleichgewichtsstörungen und Unfähigkeit zur selbstständigen Fortbewegung.

Verlauf: 1 Monat Neurologie-Intensiv Station LKH Graz, 1 Monat B-Rehabilitation der Neurologie LKH Graz, 3½ Monate Landesnervenklinik Sigmund Freud Graz, 7 Wochen Klinik Judendorf Straßengel, weiters Physio- und Ergotherapie LSF Graz, 3 Monate Logopädie am LSF Graz.

Nach 5 Jahren austerapiert. Beginn der Tonalen Feedback Therapie 5 Jahre und 3 Monate nach dem Schlaganfall. Zum Zeitpunkt des Beginns der Feedbacktherapie freies Gehen mit leichten ataktischen Extrabewegungen und Gleichgewichtsunsicherheiten.

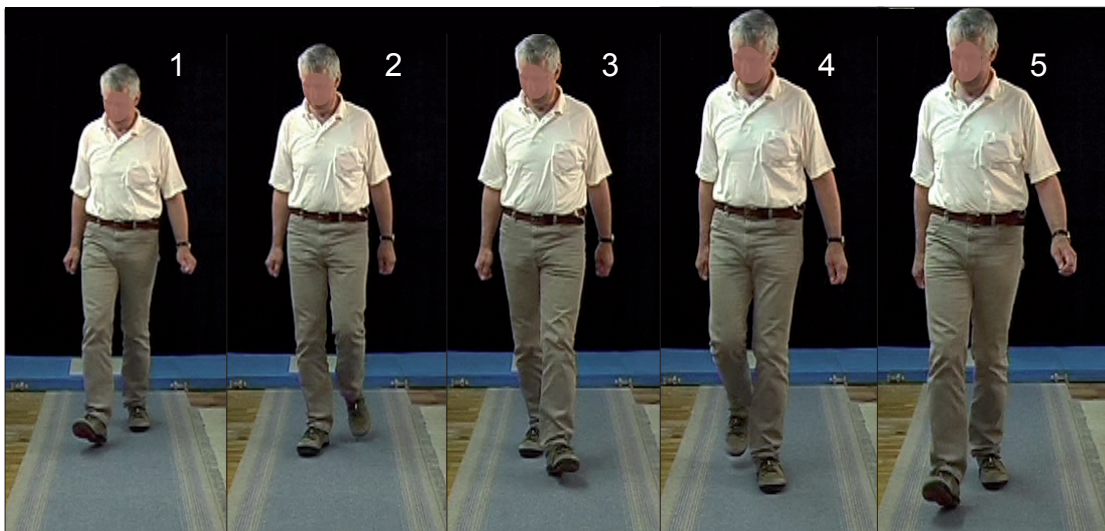
4. Haltung und Gangmuster vor der Feedbacktherapie

Vor der Tonalen Feedback Therapie wurde M. beim freien Gehen mit Schuhen und barfuß über Video aufgezeichnet. Der Muskelfunktionstest ergab deutliche Muskelverkürzungen an beiden Oberschenkelrückseiten und den Waden re>li, eine Beugekontraktur der Zehen re>li, ein ausreichendes Kraftniveau der Arm- und Oberschenkelmuskulatur, eine schwache Rückenmuskulatur und Verspannungen im Hals-Nackengebiet.

(Eigenschilderung: „Rechte Seite Gefühl da, aber Muskeln schwächer, links kein Gefühl da aber Muskeln stärker.“)

Haltung und Gang mit Schuhen

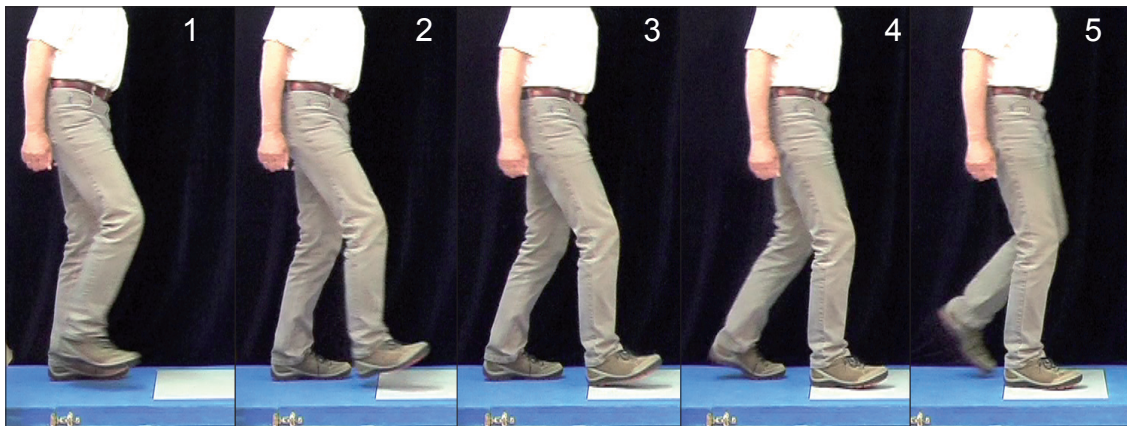
In Schuhen geht M. dynamische Schritte mit betontem Aufsetzen der Ferse rechts, teilweise rechts außenrotiert und in unterschiedlicher Spurbreite. Das Bewegungsmuster ist ein steifer, leicht ataktischer Gang mit fixierter Oberkörper-, Kopf- und Schulterhaltung, die Arme meist gestreckt in leichter Rückhalte, phasenweise schwingt der linke Arm geringfügig mit der Gehbewegung mit. Es zeigen sich wiederholt auftretende Gleichgewichtsunsicherheiten, vorwiegend bei zu enger Spurbreite; dann erfolgen kleine kurze „Ausgleichsschritte“ bis zur Gleichgewichtsfindung. Bei langsamem Gehen treten häufiger Unsicherheiten auf.



1 Aufsetzen rechts, 2 Stütz rechts, Beginn Schwungphase links, 3 Aufsetzen links, 4 Stütz links, Beginn der Schwungphase rechts, 5 Aufsetzen rechts.

Die Körperhaltung beim Gehen ist aufrecht, der Kopf wird leicht vorgebeugt und in einer leichten Rechts-Drehung gehalten. Mit Gehbeginn erfolgt eine leichte Oberkörpervorlage und eine verstärkte Kopfseiddrehung nach rechts, immer mit Blickrichtung Boden.

In der Seitansicht fällt bei der Beinbewegung das stärkere Anheben des rechten Knies in der Schwungphase auf: Das rechte Bein wird nicht vorgeschwungen und danach aufgesetzt, sondern das Knie wird angehoben (Hebemuster), in der gebeugten Kniestellung wird das Bein nach vorne gebracht, von oben nach unten geführt und mit der Ferse aufgesetzt. Der Fuß ist dabei dorsal flektiert. Auch im Einzelstütz (Bild 5) ist der Ballen noch nicht aufgesetzt. Dies wird durch die Biegung des Schuhs gefördert. Dieses Aufsetzmuster wird auch als „Hakengang“ bezeichnet. Links ist die Schwungphase unauffällig.

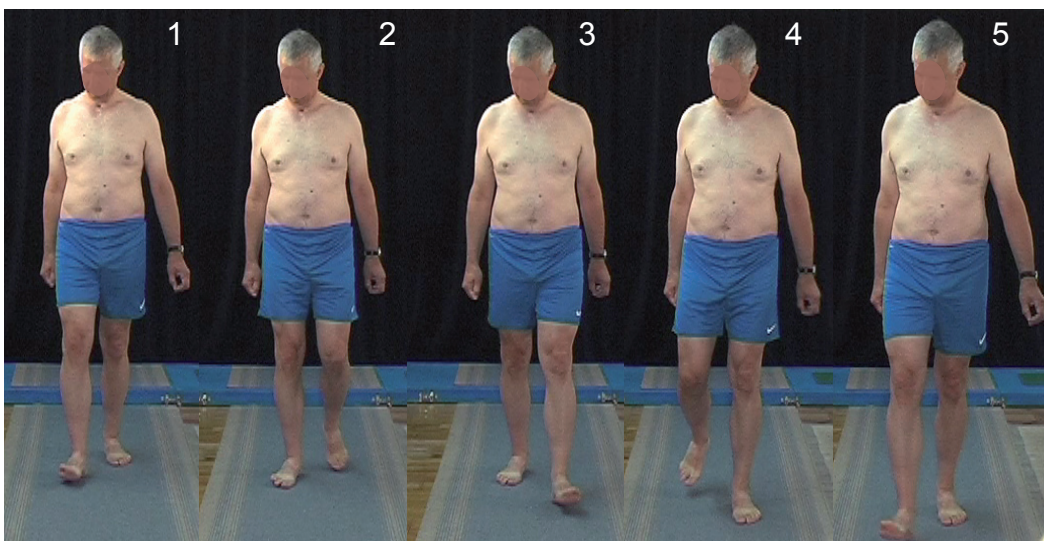


1 Schwungphase rechts, 2 Ende der Schwungphase rechts, 3 Aufsetzen rechts, 4 Ferse ab links, 5 Einzelstützphase rechts, Beginn der Schwungphase links.

Die Bildserie zeigt das Kniehebemuster rechts in der Schwungphase rechts und das Hakenmuster beim Aufsetzen.

Haltung und Gang barfuß

Beim Barfußgehen ist die fixierte Fuß- und Zehenbewegung deutlich zu sehen. Während alle anderen Merkmale wie Kopf- und Körperhaltung, Armbewegung, Schwungbewegung des Beines und die Fußaufsetzbewegung fast gleich bleiben, zeigt die Fuß- und Zehenbewegung einige Auffälligkeiten. Die Zehen des rechten Fußes sind schon vor dem Aufsetzen und beim Aufsetzen dorsal flektiert und bleiben auch noch in der Einzelstützphase angehoben.



Barfußgehen: 1 Aufsetzen rechts, 2 Stütz rechts, Beginn Schwungphase links, 3 Aufsetzen links, 4 Stütz links, Beginn der Schwungphase rechts, 5 Aufsetzen rechts.

Die Dorsalflexion der Zehen des rechten Fußes ist während des gesamten Gangzyklus vorhanden, kann bereits beim Abheben des Fußes einsetzen oder beginnt vor dem Aufsetzen des Fußes. In den meisten Fällen bleibt die Dorsalflexion zumindest bis in die mittlere Stützphase rechts erhalten. Damit ist die Stütz- und Balancefunktion des Ballens und der Zehen zum Zeitpunkt der Gewichtsübernahme nicht gegeben und verringert so die Gleichgewichtssicherheit.

In der Bildserie von vorne ist im ersten Bild zu erkennen, dass die Zehen des rechten Fußes auch noch am Ende der Stützphase rechts leicht dorsal flektiert und leicht gespreizt sind. Bereits beim Abheben des Fußes rechts (2. Bild) werden die Zehen stärker dorsal flektiert und gespreizt. Diese Haltung bleibt über die Schwungphase, über die gesamte Stützphase und wiederum bis zum Aufsetzen links erhalten.

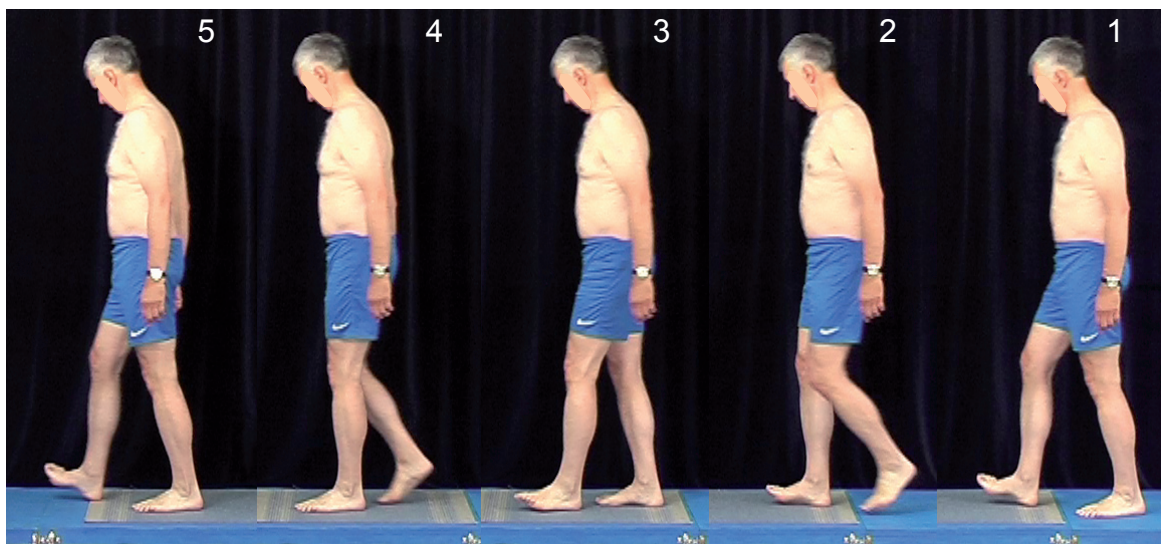
Beide Merkmale bedeuten, dass Ballen und Zehen des rechten Fußes nicht zur Gleichgewichtssicherung beim Gang beitragen können.



1 Aufsetzen links, 2 Stütz links, Beginn Schwungphase rechts, 3 Schwungphase rechts, 4 Aufsetzen rechts, 5 Aufsetzen links.

In der **Ansicht von der Seite** erkennt man die gut aufgerichtete Körperhaltung, den vorgebeugten und nach der rechten Seite gedrehten Kopf sowie den fast fixiert gehaltenen linken Arm. Die Gangbewegung ist langsam mit kleinen Schritten auf einer kurzen Gangstrecke.

Die Beinbewegung zeigt die schon besprochene „Hakenhaltung“ rechts mit Aufsetzen der Ferse bei gebeugtem Bein (Bilder 1 und 5), den noch nicht aufgesetzten Ballen und die dorsal flektierten Zehen zu Beginn der Einzelstützphase rechts (2. Bild). Auch beim Aufsetzen links (3. Bild) sind die Zehen in Dorsalflexion.



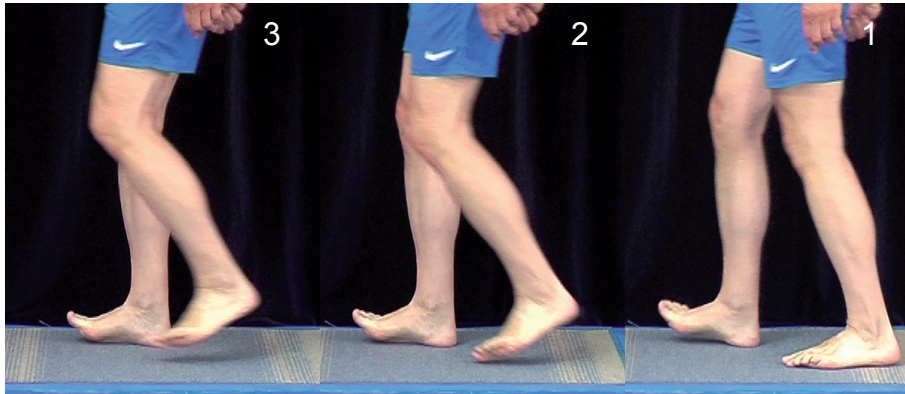
1 Aufsetzen rechts, 2 Stütz rechts, Beginn Schwungphase links, 3 Aufsetzen links, 4 Stütz links, Beginn der Schwungphase rechts, 5 Aufsetzen rechts.

Dorsalflexionsmuster rechter und linker Fuß

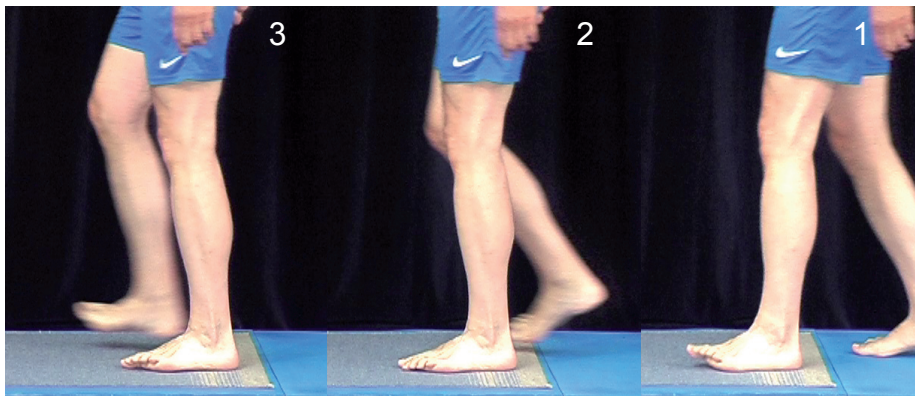
Das Dorsalflexionsmuster des rechten Fußes wurde bereits mehrfach erwähnt. Dieses Muster ist jedoch auch auf der linken Seite festzustellen.

Auf der rechten Seite ist das Dorsalflexionsmuster fast durchgehend vorhanden. Beim Abheben des linken Fußes wird das Muster wieder aktiviert und bleibt in der Schwungphase bis zum Aufsetzen links bzw. bis zum vollen Bodenkontakt erhalten.

Auf der linken Seite fehlt das Dorsalflexionsmuster in den meisten Fällen nur zwischen dem Aufsetzen bis zur mittleren Stützphase.



Fuß-Zehen-Muster rechts: 1 Aufsetzen rechts, 2 Stütz rechts, Beginn der Schwungphase links, 3 mittlere Schwungphase links.



Fuß-Zehen-Muster links: 1 Kurz nach dem Aufsetzen links, 2 Stütz links, Beginn der Schwungphase rechts, 3 mittlere Schwungphase rechts.

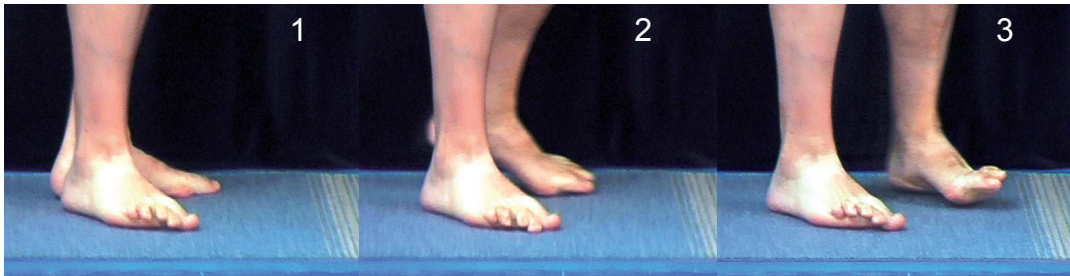
Dorsalflexionsmuster bei Start- und Drehbewegungen

Bei Start- und bei Drehbewegungen im Stand kann die unterschiedliche Aktivierung des Dorsalflexionsmusters der Zehen ebenfalls festgestellt werden. Bei der Drehbewegung des rechten Fußes wird das Flexionsmuster bereits bei Bewegungsbeginn aktiviert. Nach der Ausgangssituation (1) wird mit der Einleitung der Drehbewegung und einem leichten Abheben des Fußes das Muster aktiviert und bleibt während der gesamten Drehbewegung erhalten.



Drehbewegung rechter Fuß: 1 Ausgangssituation, 2 rechter Fuß beginnt zu drehen, 3 rechter Fuß hebt ab.

Bei der Drehbewegung des linken Fußes tritt das Flexionsmuster später auf. Zuerst wird nach der Standphase (1) die Ferse links angehoben (2) und erst mit dem Abheben des Fußes (3) tritt das Flexionsmuster auf.



Drehbewegung linker Fuß: 1 Ausgangssituation, 2 linke Ferse hebt ab, 3 linker Fuß dreht nach vorne.

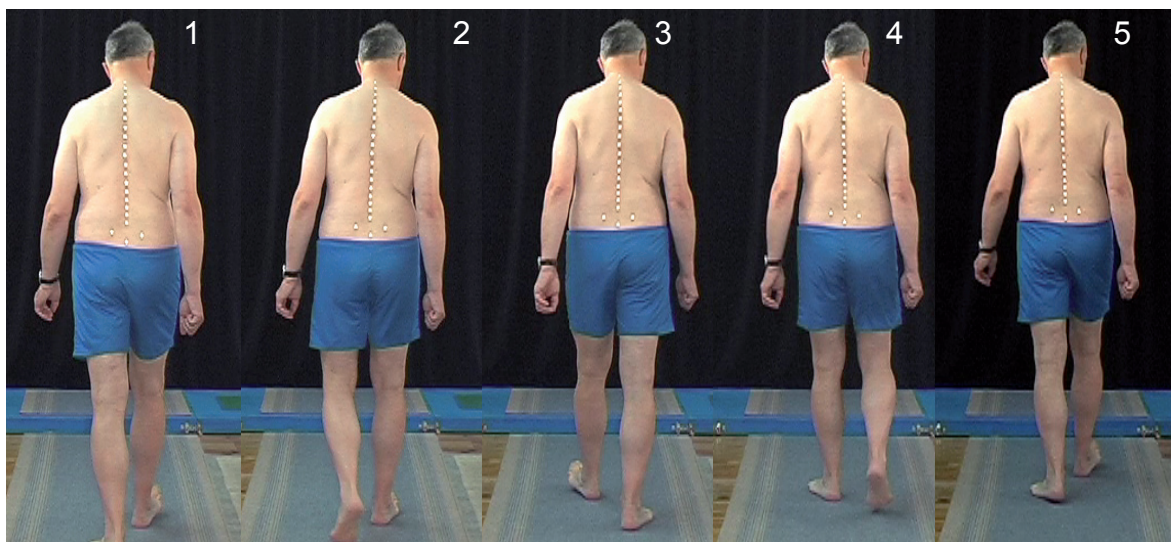
Das Dorsalflexionsmuster der Zehen ist auf beiden Körperseiten aktiv, tritt jedoch rechts meist stärker auf und ist mit dem Bewegungsbeginn gekoppelt. In einigen dokumentierten Fällen wird es bereits vor Beginn der Fußbewegung aktiviert, links häufig erst mit dem Abheben des Fußes.

Zusammenfassend scheinen das „Fersenaufsetzmuster“ und das „Dorsalflexionsmuster“ der Zehen die entscheidenden Parameter für die Gangunsicherheit und das labile Gleichgewicht beim Gehen zu sein und werden auch von M. als solche empfunden.

Die Problematik des Fersengangs ist auch beim Gehen mit Schuhen bemerkbar, das Dorsalflexionsmuster ist nur beim Barfußgehen zu erkennen. Da M. nicht gewohnt war, barfuß zu gehen, hatte er im Alltag auch nicht darauf geachtet.

Die Bewegung der Wirbelsäule beim Gehen

Der Oberkörper wird beim Gehen steif gehalten, es kommt nur zu einer leichten Pendelbewegung zur jeweiligen Stützbeinseite. Es gibt daher auch kein Mitschwingen in der Wirbelsäule. (M. empfindet seinen Oberkörper beim Gehen nur als unbeweglichen Block). Das Becken kippt beim Aufsetzen links und beim Vorschwingen des rechten Beines geringfügig nach rechts ab. Beim Aufsetzen rechts wird es kaum bewegt.



Bildserie von links nach rechts 1 Aufsetzen rechts, 2 Stütz rechts, Beginn Schwungphase links, 3 Aufsetzen links, 4 Stütz links, Beginn der Schwungphase rechts, 5 Aufsetzen rechts.

5. Feedbacktherapie, Haltungs- und Bewegungsübungen

Bei der Feedback Therapie werden nach einem Aufwärmen - mehrfaches Gehen über die Messplatte mit Tonalem Feedback in selbstgewähltem, meist langsamem Tempo - mehrere Schrittserien von 10 bis 12 Versuchen absolviert, jeweils mit dem rechten und dem linken Fuß. Nach einer kurzen Pause wird die Serie in umgekehrter Reihenfolge wiederholt. Pro Übungseinheit werden meist 4-5 Serien durchgeführt. Von einzelnen Serien werden die Kraftkurven dokumentiert und dazu Videos und Fotos gemacht. Geübt wird sowohl mit Schuhen als auch barfuß.

Die Tabelle zeigt die Anzahl der Übungseinheiten, die Übungswochen, das Training mit Schuh (S) und barfuß (b) und die Videoaufzeichnungen (V) zu Beginn bzw. am Ende der Übungseinheiten.

Erstes Ziel der Feedback Therapie ist es, die Stützzeit pro Einzelschritt zu verlängern. Die Stützzeit beträgt anfangs etwas über 1 sec.

M. wird aufgefordert, diese Stützzeit „maximal“ zu verlängern. Mit Hilfe der Tonfolge kann M. hören, wie er mit dem Fuß aufsetzt, wie er das Gleichgewicht halten kann und wie er den Übergang zum nächsten Schritt schafft. Die zeitliche Länge der Tonfolge ist ein akustischer Anhaltspunkt für die Länge der Stützzeit. Zusätzlich wird die gemessene Stützzeit angesagt, sodass sich M. auch an einer Zeitangabe orientieren kann. Außerdem kann damit auch eine Sollvorgabe („Versuchen Sie, 3 sec zu erreichen“) gegeben werden.

Einheit	Woche	Schuh	barfuß	Video
1	1.	S		V
2	9.		b	V
3	10.		b	
4	24.	S		
5	26.		b	
6	27.	S		
7	27.		b	
8	28.	S		
9	28.	S		
10	29.	S	b	
11	29.	S	b	V
12	31.	S	b	
13	32.		b	V

Anzahl der Übungseinheiten

Bei M. war es ein weiteres Ziel der Feedbacktherapie, beim Barfußgehen den Ballen und die Zehen zur Gänze auf der Platte aufliegen zu lassen und somit den normalen Abrollvorgang mit vollem Kontakt des Fußes (incl. der Zehen) in der Stützphase zu erreichen, um die Gleichgewichtssicherheit zu erhöhen. Weiters sollte ein ständiges Hinunterschauen zu den Füßen vermieden werden. Die Blickrichtung zum Boden ist darauf zurückzuführen, dass M. keine oder nur wenige Empfindungen vom Fuß und der Fußsohle hat und daher unsicher ist. Die Schritte auf die Messplattform werden so gewählt, dass aus dem Stand mit einem oder mit zwei Schritten die Messplatte erreicht wird. Die Auswahl der Ausgangsposition für die einzelnen Schritte richtet sich nach dem Übungsfortschritt.

Bei M. wurden 13 Übungseinheiten durchgeführt, 8 x mit Schuh und 8 x barfuß.

Die Übungseinheiten waren über einen Zeitraum von 32 Wochen verteilt. In einem Therapieprotokoll wurden die Ergebnisse der jeweiligen Einheit, die Kommentare von M. und die vorgeschlagenen Bewegungsübungen festgehalten.

Übungseinheiten mit Tonalem Feedback

In der ersten Feedbackeinheit wurden die Messdaten beim Gehen mit Schuhen und barfuß ohne Ton (Baseline) aufgezeichnet, dann machte M. die ersten Versuche mit Tonalem Feedback, indem er beim Gehen jeweils einen Schritt in selbstgewähltem Tempo auf die Platte setzte. Die rechts-links unterschiedliche Tonfolge wurde von M. sofort wahrgenommen und ein Variieren der „Gehmelodie“ ausprobiert. Die ersten Schrittserien wurden mit Schuhen ausgeführt, jeweils 10 bis 12 Schritte mit dem linken Fuß, dann mit dem rechten Fuß auf der Platte und nach einer kurzen Pause in umgekehrter Reihenfolge.

Erstes Ziel war es, den rechten Fuß weniger hart aufzusetzen. Dann wurde versucht, die Stützzeit des rechten Fußes zu verlängern, d. h. den rechten Fuß in der Einzelstützphase länger zu belasten. Nach anfänglichen Gleichgewichtsunsicherheiten (M. kommentierte, er müsse erst Vertrauen zu seinem rechten Bein aufbauen) gelang es in der 4. Einheit, die Stützzeit rechts auf das Doppelte zu verlängern, ohne Balanceprobleme auszulösen. Bei erfolgreicher Bewegungsausführung kann M. immer öfter seine Fußsohle spüren. („Jetzt waren alle Zehen am Boden!“).

In der 6. Einheit konnte M. differenzieren, ob der Schritt steif oder weich war und zeitliche Vorgaben zur Stützlänge umsetzen. Das nächste Übungsziel war, jeweils einen Einzelschritt rechts mit gebeugtem Knie und einer Vorwärtsbewegung des Knies ohne Anheben auszuführen und danach die Ferse weich aufzusetzen. Das wurde in der 6. Einheit erreicht.

Anweisungen wie das abrupte Aufsetzen der Ferse zu vermeiden und einen Bewegungsrhythmus mitzudenken (sanft aufsetzen - Knie vor - rollen - Pause) konnten immer öfter umgesetzt werden, anfangs mit leichter Tuchföhlung zur Wand („... nur als mentale Stütze!“). Die Belastungsphasen rechts und links wurden hörbar gleichmäßiger, das harte Aufsetzen der Ferse wurde in den Einzelschritten auf der Platte vermieden, beim normalen Gehen nur vereinzelt. In der 8. Einheit berichtet M., er sei zum ersten Mal die Stiege in den ersten Stock seines Hauses ohne Anhalten hinauf und hinunter gegangen und spüre jetzt „mehr von seinen Füßen“. Auch sei sein Gleichgewicht viel besser geworden. Beim Üben auf der Platte ginge „ein gutes Gefühl über den ganzen Körper“.

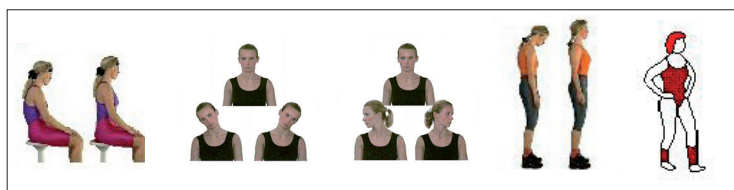
In der 9. Einheit berichtet M., sein Gehen im Gelände sei sicherer geworden, er traue sich jetzt auch mehr zu und probiere einiges aus, weil er mehr Vertrauen habe, gut zu reagieren.

In der 13. Einheit schildert M., er habe den Eindruck, dass sein Bewegungsraum größer geworden sei - der Unterschied sei deutlich spürbar. Als ob er „mehr Gelenke dazubekommen“ hätte. Er traue sich auch mehr zu und probiere Dinge, die früher undenkbar waren (Arbeit auf einer Leiter). Beim Bergabgehen habe er schon eine viel bessere Sicherheit und er suche auch bewusst neue Wege, die ihn herausfordern.

Bewegungsübungen

Um die verspannt-steife Körperhaltung beim Gehen etwas zu verringern, wurden Lockerungsübungen für den Hals-Nacken-Schulterbereich und Haltungsveränderungen im Sitzen und im Stehen vorgeschlagen. Ebenso das Üben einer Entspannungshaltung vor Schrittbeginn (Kommentar: „Möglichst entspannt bringt mehr“) und ein weiches Fuß-Abrollen.

Weitere Übungsvorschläge waren ein rotatorisches Mobilisieren der Wirbelsäule, um die steife Oberkörperhaltung zu verringern und ein gegengleiches Mitrotieren von Schulter- und Beckenachse zu ermöglichen, sowie Lockerungs- und Entspannungsübungen für Schultern und Arme.



Erste Serie Übungsvorschläge

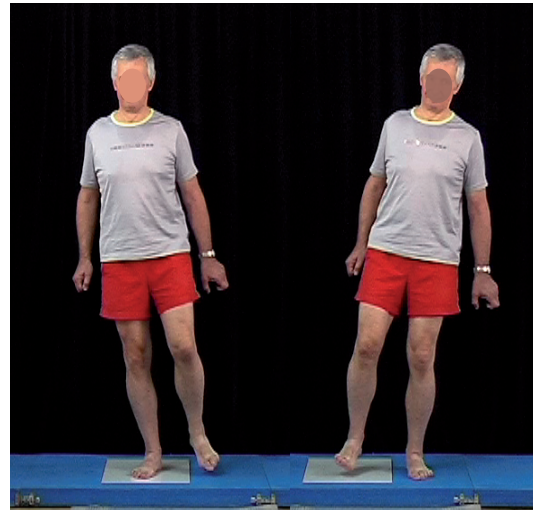


Zweite Serie
Übungsvorschläge

Nach der 7. Einheit wurde ein verstärktes Üben des Belastungswechsels re-li in breiter Spurstellung geübt, sowie den rhythmischen Belastungswechsel in Schrittstellung (re Bein vorne).

Eine Kontrolle des individuellen Bewegungsprogramms in jeder Einheit zeigte, dass alle Übungen richtig und ohne Probleme ausgeführt werden konnten. Zur Verbesserung der Beweglichkeit des Oberkörpers wurde in Folge das Programm um Übungen zur lateralen Mobilisierung in lockerem Rhythmus - nicht bis zum Verspannen - erweitert.

Für das seitliche Balancetraining wird das Tonale Feedback mit einer anderen Tonfolge als das Gangfeedback geübt.

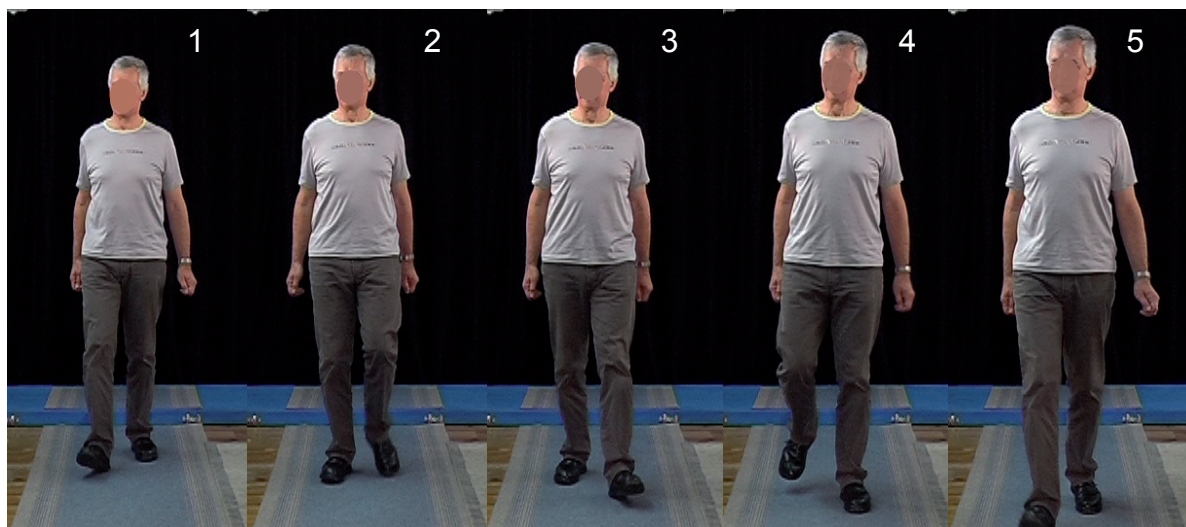


Rhythmisches Rechts-Links-Steigen

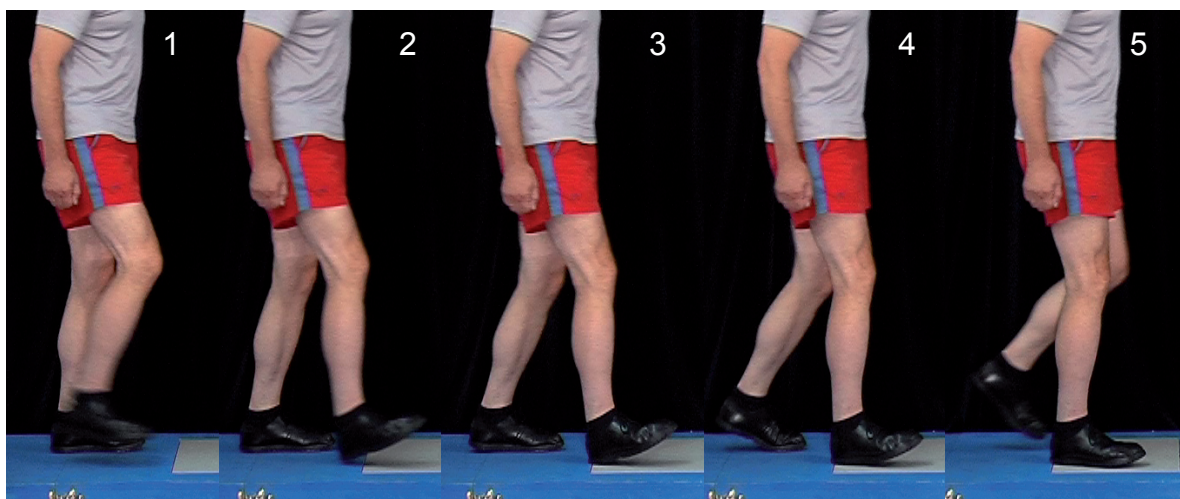
6. Ergebnisse

Haltung und Gangmuster

Eine deutliche Verbesserung zeigt sich in der Gesamtkörperhaltung beim Gehen: Der Kopf ist nicht mehr vorgeneigt und die Seitdrehung um die Körperlängsachse ist vermindert. Die Schultern sind aufgerichtet, die Arme werden nicht mehr hinter dem Körper gehalten sondern der linke Arm schwingt neben dem Körper mit, die Armfixierung rechts ist geringer. Der Gang ist sicherer geworden, die Spurbreite ist etwas weiter und die Überkreuztendenz verringert. Das für M. typische Fersenaufsetzmuster rechts anstelle eines Abrollmusters tritt nur mehr selten auf, beim dosierten Gangtempo ist es nicht mehr festzustellen. Es bleibt jedoch die stärkere Dorsalflexion des Fußes vor dem Aufsetzen rechts als Teil des früheren Musters erhalten.

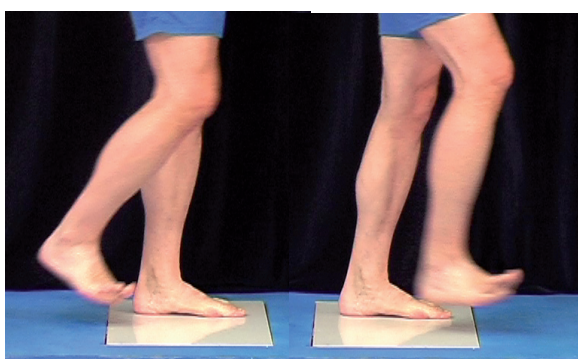


1 Aufsetzen rechts, 2 Einzelstütz rechts, Beginn der Schwungphase links, 3 Aufsetzen links, 4 Einzelstütz links, Beginn der Schwungphase rechts, 5 Aufsetzen rechts.

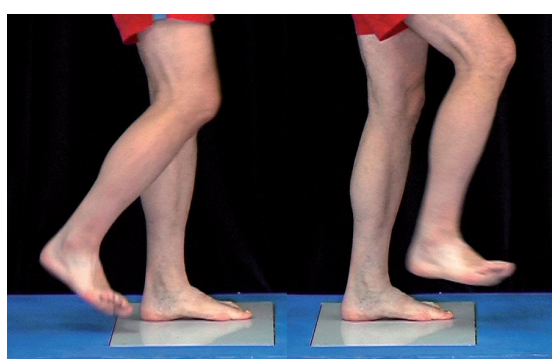


1 und 2 Einzelstütz links, Schwungphase rechts, 3 Aufsetzen rechts, 4 Beginn Abheben links, 5 Einzelstütz rechts, Beginn Schwungphase links.

Das Kniehebemuster rechts bleibt erhalten, tritt aber seltener auf und meist nur beim Barfußgehen. Die Zehen sind weniger dorsal flektiert als zu Beginn der Übungsserie, dazu kommt jedoch manchmal auch ein Anheben des Unterschenkels. Diese Hebebewegungen sind M. nicht bewusst.



Einzelstütz links, 2. Übungseinheit: starke Dorsalflexion der Zehen, deutliches Knieheben.



Einzelstütz links, 11. Übungseinheit: geringere Dorsalflexion der Zehen, stärkeres Knieheben.

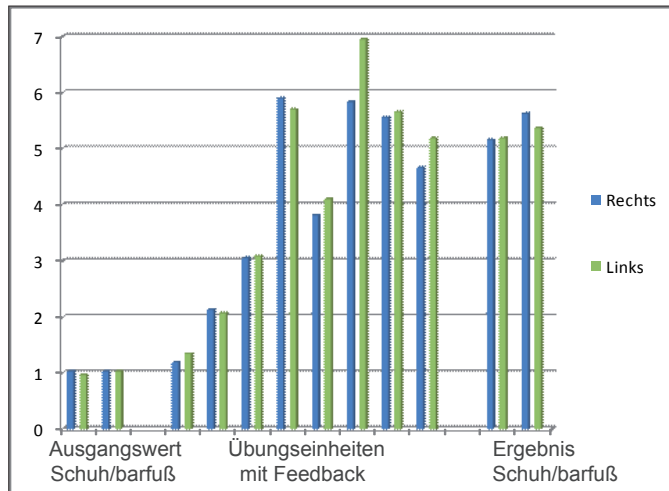
Verlängerung der Stützzeiten

Bei M. war das vorrangige Ziel der Feedback Therapie, die Stützzeiten sowohl rechts als auch links zu verlängern. Da M. keine sensorische Rückmeldung über seinen Fußkontakt rechts hatte, fehlte ihm das Vertrauen in die Belastbarkeit des Fußes und daher blieben die Stützzeiten rechts auch sehr kurz.

Mithilfe der Tonalen Feedback Therapie sollte M. lernen, vor allem den rechten Fuß bewusst länger zu belasten, als er es beim normalen Gehen tat und dadurch die Stützzeit zu verlängern.

Die Stützzeiten auf kurzer Gangstrecke betragen anfangs ca. 1 sec. Mit Feedback und ohne Anweisung zur Verlängerung der Stützzeit stiegen die Werte auf 1,2 sec rechts bzw. 1,35 sec links. Mit der Anweisung, möglichst langsam zu gehen und möglichst lange das Stützbein zu belasten, wurden in den ersten Übungseinheiten Zeiten von 2 sec. erreicht. Damit war das „Langsam Gehen - Potential“ ausgeschöpft.

Im weiteren Verlauf der Feedback Therapie und in Kombination mit der Aktivierung der Zehen und dem Bodenkontakt der ganzen Fußsohle konnten die Stützzeiten weiter gesteigert werden - im Einzelschritttraining bis zu 6 bis 7 sec. Die Mittelwerte in der 11. Übungseinheit liegen für das Barfußgehen und Gehen mit Schuh alle über 5 sec.

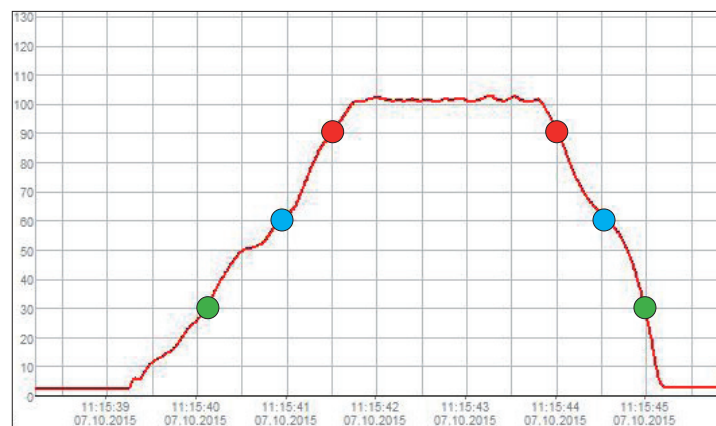


Stützzeiten rechts und links, beginnend mit den Ausgangswerten mit Schuh und barfuß, danach die Werte für 8 Übungseinheiten - ohne Trennung in Schuh und barfuß - und die Stützzeiten in der 11. Übungseinheit (Schuh und barfuß)

Die Werte für das Barfußgehen sind etwas höher als die Werte mit Schuh. Außerdem war es möglich, verschiedene Vorgaben zu erreichen, wie z.B. Stützzeiten von 3-4 sec. (langsam) oder Stützzeiten zwischen 5 und 6 sec. (sehr langsam) einzuhalten.

Kraftkurven beim Feedback-Gehen

Die beim Gehen aufgezeichneten Kraftkurven (Vertikalkraft) geben Aufschluss über mehrere Komponenten des Gehens. Die Breite der Kurve ist die Zeitdauer der auftretenden Kraft und entspricht der Stützzeit. Die Höhe der Kurve zeigt den Prozentsatz des Körpergewichts. Die Kurve beginnt bei 0 und steigt bis zum Körpergewicht (100%) an. Bei schnellerem Gehen oder bei stärkerem Auftreten kann sie über 100% ansteigen.



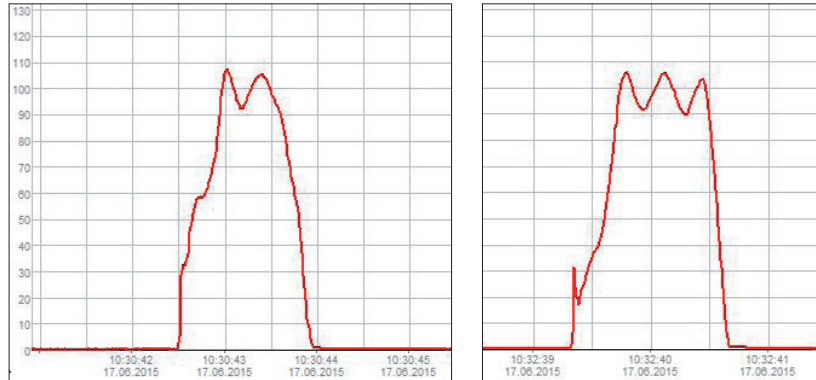
Vertikalkraftkurve beim Schritt über die Messplatte mit tonalem Feedback. Die Punkte geben die Tonschwellen bei 30%, 60% und 90% des Körpergewichts an.

Der Anstieg der Kurve betrifft die Art und Weise, wie die Kraft übertragen wird. Wenn die Belastung rasch erfolgt, ist die erste Flanke der Kurve steil, gelingt eine langsame Gewichtsübernahme, ist die Kurve flacher. Das Erreichen von 100% bedeutet, dass das gesamte Körpergewicht auf dem Fuß/Bein ruht und die Einzelstützphase beginnt.

Schwankungen in der Kurve deuten auf Gleichgewichtsschwierigkeiten hin. Je flacher die Kurve im 100%-Plateau ist, desto ruhiger ist die Balancetätigkeit. Auch der Abfall der Kurve ist entscheidend, denn er betrifft die Gewichtsübergabe auf den anderen Fuß. Ist der Abfall steil, dann wird das Gewicht schnell und ev. unkontrolliert übergeben. Eine flacher abfallende Kurve bedeutet eine dosierte Gewichtsübergabe auf das andere Bein und eine kontrollierte Gewichtsverlagerung.

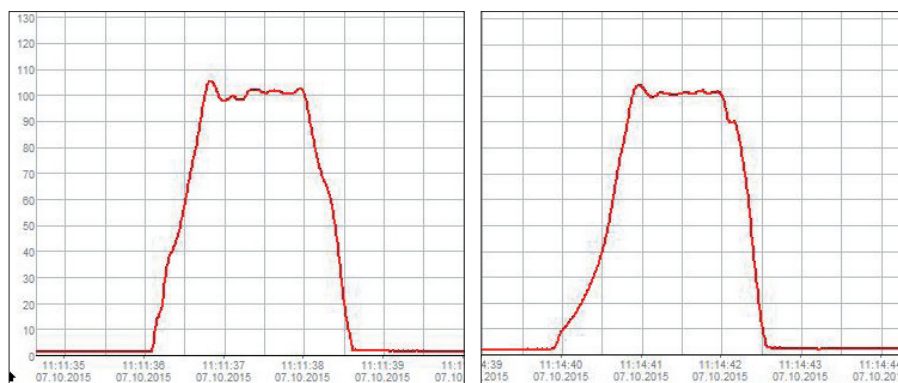
Kraftverläufe bei M.

Bei M. zeigen die Kraftkurven in der ersten Feedback-Einheit unregelmäßige Anstiegsverläufe und Gleichgewichtsschwankungen im Einzelstütz. Auch die Kraftübergabe ist nicht dosiert.

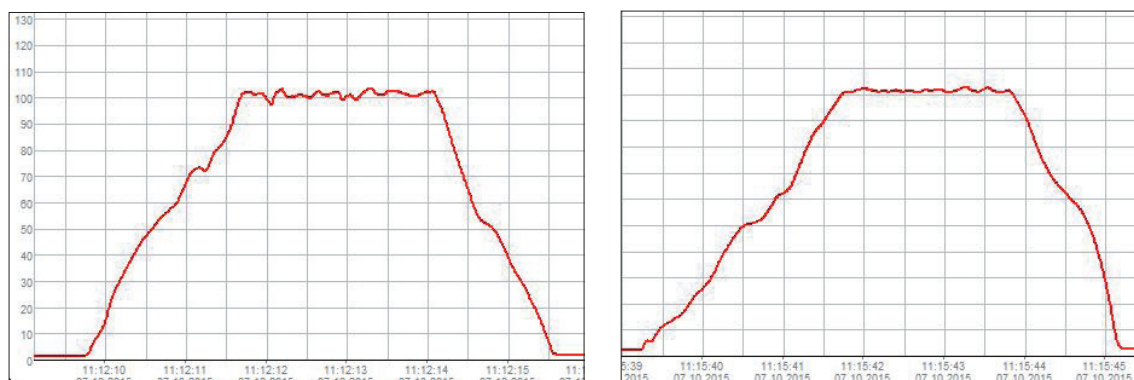


Kraftkurven für den linken (linke Kurve) und rechten Fuß, barfuß, normales Tempo, 2. Übungseinheit. Die Tonfolge bei 30, 60 und 90 % Körpergewicht ist nicht eingetragen.

Beim langsamen Gehen (Stützzeit ca. 3 sec) in der 11. Einheit ist die Stützzeit deutlich länger, der Anstieg ist kontrolliert, die Belastung erfolgt also dosiert und in der Einzelstützphase sind die Gleichgewichtsschwankungen gering. Die rechten Flanken sind steil, d.h., dass die Kraftübergabe auf den nächsten Schritt rasch und etwas unkontrolliert erfolgt.



Kraftkurven für den linken (linke Kurve) und den rechten Fuß, barfuß, langsames Gehen, 11. Übungseinheit.



Kraftkurven für den linken (linke Kurve) und den rechten Fuß, barfuß, sehr langsames Gehen, 11. Übungseinheit.

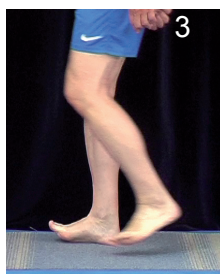
Mit Hilfe der Feedbacktherapie sollte M. lernen, vor allem den rechten Fuß bewusst länger zu belasten, als er es beim normalen Gehen tat und dadurch die Stützzeit zu verlängern. Die Stützzeiten auf kurzer Gangstrecke betragen anfangs ca. 1 sec. Mit Feedback und ohne Anweisung zur Verlängerung der Stützzeit stiegen die Werte auf 1,2 sec rechts bzw. 1,35. Erst beim sehr langsamen Gehen gibt es einen gleichmäßigen Kraftanstieg und sehr geringe Schwankungen im Einzelstütz. Auffällig ist der flache Abfall der Kurven, der eine dosierte Kraftübergabe zum nächsten Schritt dokumentiert.

Anhand der Kurvenbeispiele soll auch darauf hingewiesen werden, dass die drei Phasen eines Schrittes - 1. Kraftübernahme (Abrollen des Fußes), 2. Gleichgewichtssicherung im Einzelstütz und 3. Kraftübergabe (Abheben des Fußes und Aufsetzen des anderen Fußes) erst beim langsamen und - speziell in Bezug auf die Kraftübergabe - beim sehr langsamen Gehen geübt werden können. Die Voraussetzung dafür ist, dass eine Stützzeit von 4 bis 5 sec erreicht wird.

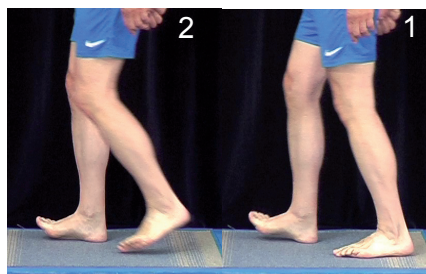
Änderung des Fersenaufsetzmusters rechts und Aktivierung der Zehen rechts und links für den vollen Bodenkontakt

Nach 4 bis 5 Feedback Einheiten ändert sich das Fußaufsetzen; es kommt nicht mehr zu dem auffälligen „Hakenmuster“. Der Fuß ist weniger stark dorsal flektiert, bleibt aber weiter in einer deutlichen Dorsalstellung. Die Zehen rechts werden nicht mehr so stark dorsal flektiert und bewegen sich bereits nach dem Bodenkontakt der Ferse nach unten. Während der Stützphase werden sie meistens auch nicht mehr angehoben, sondern bleiben auf dem Boden. Dies gelingt besser beim langsamen und sehr langsamen Gehen als bei normalem Tempo. Beim sehr langsamen Gehen haben die Zehen schon bei Beginn der Einzelstützphase vollen Bodenkontakt.

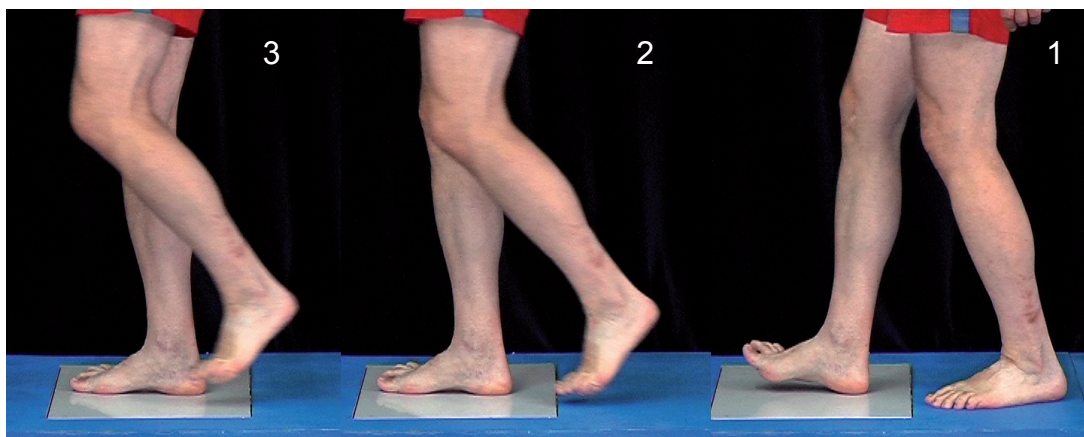
Auch links verändert sich das Bewegungsmuster, da die Zehen im Stütz nicht mehr abgehoben werden sondern den Bodenkontakt behalten.



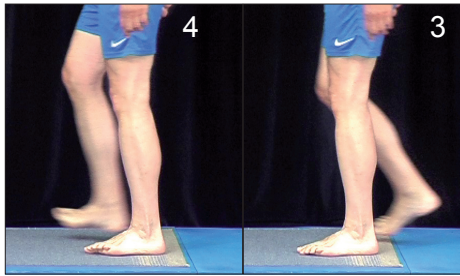
*Vorher:
Beim rechten Fuß bleiben Ballen und Zehen im Einzelstütz angehoben (2 und 3).*



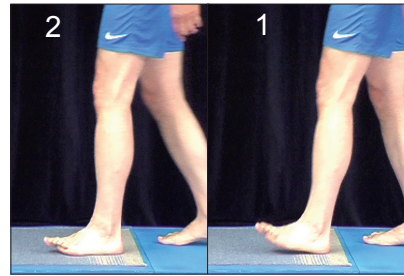
*Vorher:
Hakenmuster rechts beim Aufsetzen.*



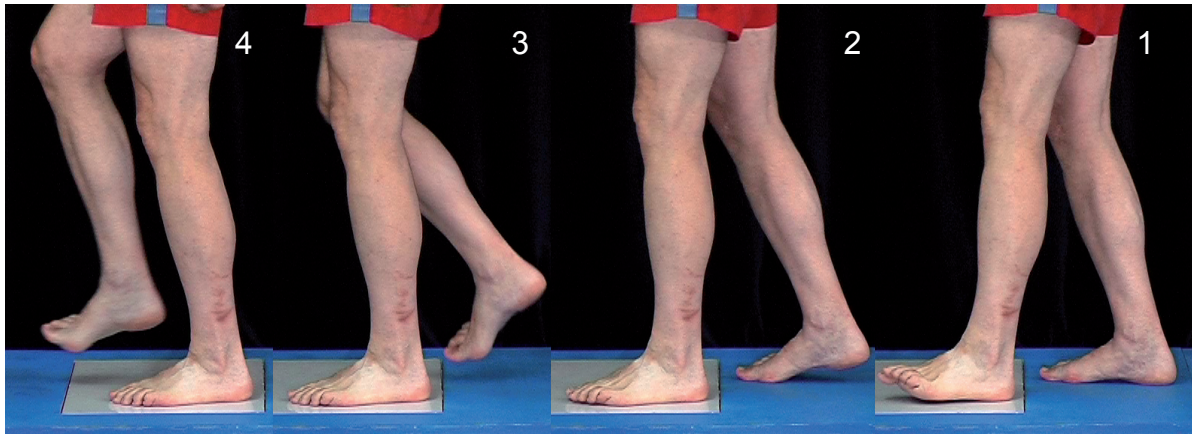
Nachher: 1 Rechter Fuß setzt auf, 2 Rechter Fuß im Einzelstütz, linkes Bein Schwungbeginn, 3 Linkes Bein schwingt nach vorne.



Vorher: Beim linken Fuß sind noch bzw. werden wieder alle Zehen angehoben.



Vorher: Beim linken Fuß sind alle Zehen beim Aufsetzen angehoben.



Nachher: Bilder von rechts nach links: 1 Linker Fuß setzt auf, 2 Linker Fuß im Einzelstütz, rechtes Bein bei Schwungbeginn, 3 Rechtes Bein schwingt nach vorne.

Der volle Bodenkontakt der Zehen auf beiden Seiten löst das Dorsalflexionsmuster der Zehen ab und stellt einen Übergang zum normalen Abrollmuster der ganzen Fußsohle dar.

Veränderungen gegenüber den ersten Einheiten:

- Feedback-Gehen in „Geschwindigkeiten nach Wunsch“.
- Deutlich längere Einzelstützphasen auf beiden Seiten.
- Kaum noch Balanceverlust im Einzelschritttraining.
- Das Kniehebemuster tritt nicht mehr so oft auf.
- Die Zehenheberkontraktion wird früher aufgelöst, die Zehen haben länger Bodenkontakt.
- Rechts-Linkssteigen auf der Platte ist deutlich sicherer und rhythmischer möglich.
- Die Oberkörperhaltung wird zunehmend lockerer - ist meistens aber noch steif.
- Der Unterschied zwischen dem altem Stützmuster (Schutzverspannung) und freierem Bewegungsablauf beim Gehen wird deutlich wahrgenommen und besonders beim Gehen im Gelände als Sicherheitsgewinn empfunden.

Kommentare des Patienten zum Feedback-Training

In den ersten Einheiten:

- Ich kann genau hören, wie ich gehe.
- Einen Schritt langsam zu machen ist viel schwerer, aber mit den Tönen geht es leichter.
- Beim steifen Gehen klingt es nicht harmonisch.
- Wenn ich entspannt bin, gelingt die Melodie besser.
- Das Verlängern der ersten Töne ist leichter mit aufrechter Körperhaltung.
- Es ist fast leichter ohne hinunter zu schauen.
- Mit „Schrittmelodie“ ist es leichter, weil ich die Tonfolge schon im Kopf habe und quasi nachsingen kann.

- Ich merke, der Rhythmus ist wichtig - es ist wie eine Art Atemmelodie.
- Es tut sich etwas im Kopf.
- Es ist eine Herausforderung, die Melodie „gut zu spielen“ und trotzdem locker zu bleiben.
- Die Platte ist gnadenlos, aber hilfreich.
- Ich kann meinen Schritt unterschiedlich ausführen, ohne das Gleichgewicht zu verlieren.
- Ich kann den Schrittbeginn langsamer/dosierter machen.
- Wenn beim Gehen über die Platte alles passt (Melodie und Bewegungsablauf) geht ein „freudiges Gefühl“ über den ganzen Körper.

nach 7 Einheiten:

- Mein Gleichgewicht ist deutlich besser geworden.
- Ich bin sicherer geworden und traue mir mehr zu.
- Stiegensteigen und Bergabgehen im Gelände ist ohne Anhalten/Stockeinsatz möglich.
- Ich habe ohne Probleme auf einer Leiter gearbeitet.
- Die verbesserte Sicherheit ist über den ganzen Körper zu spüren.

nach 13 Einheiten (schriftlich):

- Die Hoffnung auf Neu- oder Wiedererlangung von Bewegungsmöglichkeiten waren eine starke Motivation für diesen Therapieversuch.
- Die Tonale Feedback Therapie habe ich als Chance wahrgenommen.
- Ich habe selbst erfahren, dass es auch nach 6 Jahren noch immer möglich ist, etwas zu verändern und den eigenen Aktionsradius zu erweitern. Für mich ist das ein neuer Anfang.
- Das subjektive Empfinden des Besserwerdens ist entscheidend für die Motivation, die Messdaten sind sekundär.
- Nach anfänglicher Verunsicherungsphase durch ungewohnte Herausforderung setzte ein Lerneffekt ein, dessen Lernkurve steiler als vorher nach oben geht.
- Ich hatte schon nach einigen Einheiten das Gefühl, „gelenker“ zu werden, das heißt eine größere Anzahl an Gelenken (= bewegliche Teile) zu bekommen.
- Die Tonale Feedback Therapie hat mir eine neue Dimension in der Wiederintegration erschlossen und meinen Lebensstandard verbessert.

7. Zusammenfassung

Nach einem über 5 Jahre zurück liegenden Schlaganfall war M. austherapiert, einige Hal- tungs- und Gangprobleme waren jedoch geblieben, unter anderem ein Fersen-Aufsetzmus- ter rechts und ein Dorsalflexionsmuster der Zehen beidseitig. Bei diesem Muster in der Stützphase des Schrittes berührten nur Ferse und Teile des Ballens jedoch nicht die ganze Fußsohle den Boden. Durch diese labile Stützposition wurden Gleichgewichtsunsicherhei- ten verstärkt.

Im Laufe der Tonalen Feedback Therapie war es möglich, eine weiche und verlängerte Fuß- abrollbewegung zu erreichen und auch die Zehen in den Abrollvorgang zu integrieren. Mit Vermeidung des abrupten Fersen-Aufsetzmusters und der zusätzlichen Zehen-Stützfunkti- on wurde der Gang sicherer und kontrollierter.

Das neben der Feedbacktherapie vorgeschlagene Übungsprogramm zur Entspannung und zum Mobilisieren der Arm- und Beingelenke und des Rumpfes wurde von M. sehr konse- quent durchgeführt. Die Bereitschaft zur Mitarbeit war bei M. sehr hoch und seine Kom- mentare zur jeweiligen Übungssituation äußerst konstruktiv. Seine Fortschritte durch die Feedbacktherapie empfand er als deutliche Verbesserung des Gehens und darüber hinaus auch als eine neue Motivation, sein Bewegungsverhalten weiterzuentwickeln. Besonders freute es ihn, dass er 6 Jahre nach seinem Schlaganfall noch neue Bewegungs- muster erlernen konnte.

8. Literatur

- Fleiß O., Fleiß H., Pokorny H.*, Feedbacktherapie zu Verbesserung der Aufsetz- und Abrollbewegung beim Gehen. In: *Int.J.Rehab. Research*, 1980, 3(4) 497 - 503.
- Fleiß O., Holzer H., Pokorny H., Reimann R., Engelke K., Fleiß H.*, Fußbelastung und Möglichkeiten der Belastungsreduktion nach Feedback-Therapie bei Kindern mit ICP. In: *Funktionelle Anatomie und Pathomechanik des Sprunggelenks*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1984, S 199 - 207.
- Fleiß O., Fleiß H., Holzer P., Ritter G., Reimann R.*: Tonale Feedback Therapie bei Gangstörungen, Manuskript Graz 2015.
- Fleiß O., Fleiß H., Holzer P., Ritter G., Reimann R., Dreu M. Seifert-Held T., Anderhuber F.*: Tonale Feedback Therapie zur Gangschulung bei einer Insuffizienz des M. tibialis anterior. Manuskript Graz 2016. www.wirbelix.com, 1.5.2017.
- Fleiß O., Fleiß H., Holzer P., Ritter G., Reimann R.*: Tonale Feedbacktherapie zur Gangschulung nach länger zurückliegendem Schlaganfall (Pat.H.). www.wirbelix.com, 1.5.2017.
- Perry, J.*, Ganganalyse, Urban&Fischer Verlag, München 2003.
- Reimann R., Dreu M., Fleiß H., Fleiß O., Seifert-Held T., Anderhuber F.*, Insuffizienz des M. tibialis anterior – ein Grenzfall für die Indikation zur Operation? Vortrag: 22. Internationales Symposium für Fußchirurgie München, 05.-06. Dezember 2014.

Die Feedback Therapie wurde im Rahmen von Forschungsprojekten in Zusammenarbeit der Univ. Klinik für Kinderchirurgie (o. Univ.-Prof. H. Sauer) und der Abt. für Bewegungslehre (a.o. Univ.-Prof. O. Fleiß) am Institut für Sportwissenschaften der Universität Graz eingesetzt. Die Projekte wurden vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt.

An der vorliegenden Arbeit sind die Steirische Gesellschaft für Wirbelsäulenforschung, das Institut für Anatomie der Med Uni Graz und die Abteilung für Neurologie des LKH Graz Süd-West beteiligt.