

## Die Tonale Feedback Therapie zur Gangschulung bei einer Insuffizienz des M. tibialis anterior

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

### Abstract

*Thema:* Tonales Feedback bei Gangstörungen.

*Methode:* Mittels einer Kraftmessplatte werden die Bodenreaktionskräfte beim Gehen erfasst und auf das Körpergewicht normiert. Bei bestimmten Kraftschwellen werden Töne produziert, die eine Klangfolge ergeben und der Person synchron mit der Gehbewegung zugespielt werden. Die Daten werden in Zuordnung zum rechten bzw. linken Fuß gespeichert.

*Ergebnisse:* Die Ergebnisse zeigen eine Veränderung des Gangmusters 10 Jahre nach Auftreten einer Gangstörung.

*Key words:* Gangmuster, Gangstörung, Tonale Feedback Therapie.

### Fallanalyse: Patient R., männlich, 73 Jahre.

Im vorliegenden Beispiel führte eine Stenose des rechten Foramen intervertebrale L5/S1 im Alter von 63 Jahren zu einer Insuffizienz der Extensoren am Unterschenkel. Eine Dekompressions-Operation (Flavotomie und Foraminotomie) brachte keine Besserung. Seither klappte der rechte Fuß - nach subjektivem Eindruck - unkontrolliert auf den Boden auf. Bei längerem Gehen mit harten Absätzen auf harter Unterlage traten diskrete Schmerzen im Kniegelenk auf.

5 Jahre nach dem Ereignis fiel dem Patienten eine deutliche Seitendifferenz im Abtritt der Schuhabsätze auf, was er als Folge eines unbewussten Aufsetzens des rechten Fußes in Supinationsstellung, bedingt durch ein extrapyramidal „erlerntes“ neues Gangmuster interpretierte. Rechts wurde das untere Sprunggelenk zum Abrollen des Fußes aus der Supinationsstellung benützt.

Eine vergleichende Umfangmessung zeigte sowohl bei schlaffer als auch bei kontrahierter Unterschenkelmuskulatur eine Seitendifferenz, wofür vornehmlich die Atrophie des rechten M. tib. ant. verantwortlich ist. Rechts bildet nicht der M. tib. ant., sondern die Tibia die vordere Kontur des Unterschenkels.

Weitere 5 Jahre danach wurde das Gangmuster dokumentiert. Nach subjektivem Empfinden des Patienten vermeide er eine Belastung des rechten Fußes/Beines, da er seinem Bein nicht „vertraue“ und durch Gleichgewichtsprobleme beim Gehen verunsichert sei.

Eine Tonale Feedback Therapie wurde vorgeschlagen, um den Abrollvorgang zu verbessern und längere Einzelstützzeiten zu erreichen. Weiters sollte überprüft werden, ob auch bei einer verkürzten Feedbacktherapie (4 anstelle von 7 bis 8 Einheiten) nach einer 10 Jahre dauernden Insuffizienz des rechten M. tib. ant. noch ein Lernprozess - in diesem Fall eine Verbesserung des Abrollvorgangs - gelingt.

## Gangaufzeichnung vor der Tonalen Feedback Therapie

Das Gehen wird sowohl mit Schuhen als auch barfuß aufgezeichnet. Unsicherheiten beim Gehen treten barfuß öfter auf als in Schuhen.

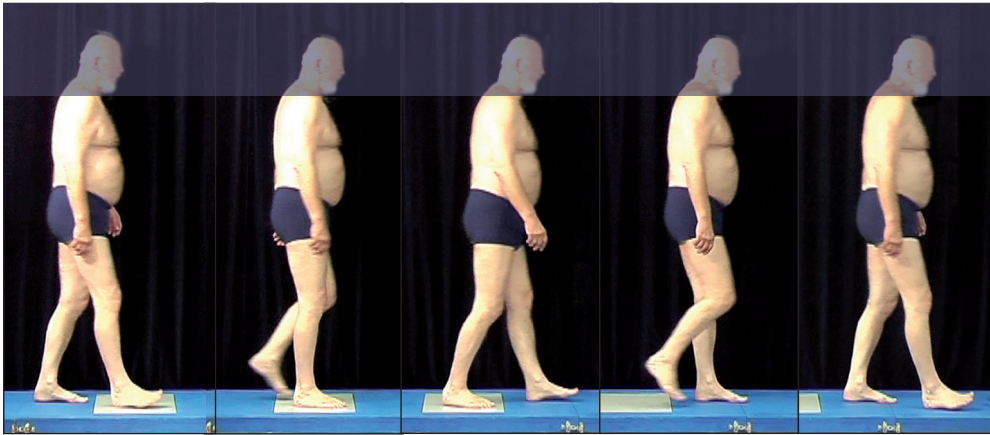


Abb. 1: Doppelschritt rechts-links-rechts von der Seite. (Bildreihe von links nach rechts).

Bei der Videoaufzeichnung geht Herr R. etwas langsamer als in seinem Normalgang, oft mit leicht vorgebeugtem Oberkörper und leichter Kopfvorhalte, den Blick meist nach vorne-unten gerichtet. (Abb.1)

## Die Abrollbewegung beim Gehen

Die Abrollbewegung ist rechts-links unterschiedlich. Rechts wird der Fuß außenrotiert und mit der Fußaußenseite (rechts hinten) aufgesetzt. (Abb. 2) Der Fuß ist gut angehoben, klappt aber nach dem Fersenkontakt schnell flach hinunter. Links erfolgt das Aufsetzen des Fußes mit der Ferse in Gangrichtung, zum vollen Bodenkontakt kommt es aber fast ebenso schnell wie rechts.



Abb. 2: Aufsetzen rechts, erster Kontakt mit Ferse rechts hinten außen (1. Bild), weiteres Aufsetzen außen rotiert und entlang der Fußaußenseite (2. und 3. Bild). Flaches Aufsetzen (Pronationsbewegung, 4. Bild). (Bildreihe von links nach rechts).



Abb. 3: Abheben rechts, die Großzehe wird angehoben (Bild 1), vom Aufsetzen rechts (Bild 2) bis zum flachen Aufsetzen des Fußes (Bild 4) bleibt die Großzehe angehoben. (Bildreihe von links nach rechts).

Der Ausfall des M. tib. ant. wird teilweise durch den M. extensor hallucis longus kompensiert. Bereits beim Abheben des rechten Fußes wird der Großzehenstrecker aktiviert und ermöglicht das Durchschwingen des Fußes in der Schwungphase. Beim Aufsetzen rechts ist die Aktivierung des Großzehenstreckers (M. ext. hallucis lg.) deutlich erkennbar und hält auch noch beim flachen Aufsetzen an. (Abb. 3)

Von hinten gesehen ist das Aufsetzen rechts auffällig, da der Fuß in Supinationsstellung aufgesetzt wird und mit der Belastung nach innen kippt, wobei diese Kippbewegung innerhalb von ein bis zwei Videobildern erfolgt. (Abb. 4)



Abb. 4: Aufsetzen rechts von hinten, erster Kontakt mit Ferse rechts hinten (Bild 1), weiteres Aufsetzen außen rotiert (Bild 2). Pronationsbewegung (Bilder 3/4). (Bildreihe von links nach rechts).

Neben den Problemen beim Aufsetzen (mit Außenrotation, Klappbewegung und Kippbewegung (durch die Pronation) ist die Stützfunktion bei der Gewichtsübernahme vom linken auf den rechten Fuß immer wieder eingeschränkt und führt durch den fehlenden Stütz zu einem Gleichgewichtsverlust. Dadurch wird der Schrittrhythmus unterbrochen - meist folgt ein Seitschritt oder eine Ausgleichsbewegung - und erst danach kommt es wieder zur gewohnten Schrittabfolge. (Abb. 5)



Abb.5 Aufsetzen rechts von hinten, in der Mitte der Einzelstützphase (3. Bild) erfolgt die Seitbewegung des linken Beines, weitere Ausgleichsbewegung links ( 4. Bild) und Aufsetzen (5. Bild). (Bildserie von links nach rechts).

Die Insuffizienz des M. tib. ant. führt beim Gehen zu einer Klappbewegung beim Aufsetzen rechts, und zwar in Verbindung mit einer Außenrotation und einer Pronationsbewegung des Fußes. Beim Abrollen - zu Beginn der Einzelstützphase - kommt es zeitweilig zu einem Verlust der Stützfunktion und zu Gleichgewichtsschwierigkeiten. (Abb.5)

Die subjektiv gefühlte „Belastungsunsicherheit“ scheint mit der Gangunsicherheit zusammenzuhängen und von der beeinträchtigten Stützfunktion auszugehen und weniger von der subjektiv wahrgenommenen Klappbewegung des rechten Fußes.

## Feedback-Therapie

In der Feedback Therapie wird neben den drei Tönen, welche die Grundmelodie für den Einzelschritt darstellen, ein vierter Ton als „Überlastungston“ definiert. Bei zu hoher Belastung oder bei Gleichgewichtsproblemen wird beim Überschreiten des Kör-

pergewicht ein Zusatzton hörbar. Die Belastungshöhe, bei der dieser Ton aktiviert wird, ist wählbar. Im vorliegenden Fall war der vierte Ton auf 105% Körpergewicht eingestellt, sodass bereits geringe Belastungsschwankungen hörbar wurden.

Vor Beginn der Feedback Therapie war für die Schritte rechts und links ein Ausgangswert für das normale Gangtempo erhoben worden, jeweils barfuß und mit Schuh. Danach begann die Feedback Therapie mit dem Vorspielen der Solltonkurve und der Aufforderung, jeweils einen Schritt auf die Platte zu setzen.

Bei den ersten Gangversuchen waren Tongemisch-Varianten zu hören, die das abrupte Aufsetzen des Fußes und den verstärkten Abstoß beim Abrollen wiedergaben. Bei zu hoher Belastung oder bei Gleichgewichtsproblemen wurde bei 105 % Körpergewicht ein Zusatzton erzeugt - man hörte eine Art unmelodisches „Geklingel“.

Die Stützzeiten bei kontrolliertem Gehen auf der Gangstrecke mit sichtbarer Kraftmessplatte liegen beim Gehen ohne Feedback knapp unter einer Sekunde.



Abb. 6: Feedback: Schritt rechts. Im Wechsel zwischen 3. und 4. Ton ertönt aufgrund von Gleichgewichtsproblemen ein Tongemisch, welches von der VP als „Fehltonfolge“ erkannt wird.

Die „Klappzeiten“, also die Zeit vom Aufsetzen der Ferse bis zum vollen Bodenkontakt werden aus dem Video entnommen. Wie aus Tab. 1 zu entnehmen ist, sind die Stütz- und Klappzeiten rechts und links nur minimal unterschiedlich. Dies entspricht nicht der subjektiven Wahrnehmung des Probanden, der die Klappdynamik rechts als viel stärker als links empfindet.

Klapp- und Stützzeiten (kurze Gangstrecke)					
barfuß:			mit Schuh		
Klappzeit	rechts	links	Klappzeit	rechts	links
sek	0,12	0,14	sek	0,12	0,10
Stützzeit	rechts	links	Stützzeit	rechts	links
sek	0,90	0,96	sek	0,92	0,94

Tab.1: Vergleich der Klapp- und Stützzeiten in sek. bei kurzer Gangstrecke.

### Übungseinheiten mit Tonalem Feedback

Bei Beginn der Feedback Therapie wird Herr R. aufgefordert, möglichst langsam zu gehen, also die Belastungsdauer zu erhöhen. Bei den ersten Versuchen gelingt es jedoch nicht, eine längere Stützzeit als knapp über eine Sekunde zu erreichen. In der ersten Feedback Einheit liegen die Stützzeiten anfangs bei knapp über einer Sekunde und sind rechts und links fast gleich. Nach den ersten Feedback Serien steigen die Stützzeiten auf 1,4 bis 1,6 Sekunden an.

In der zweiten und dritten Einheit werden die Stützzeiten etwas länger und erreichen 2 Sekunden. Dabei wird anfangs nur die Auftrittszeit erhöht, also die Belastungsübernahme bei Schrittbeginn. Wiederum sind die Stützzeiten rechts und links fast gleich.

In der vierten Feedback Einheit wird auch der Übergang zum nächsten Schritt ausgeprägter, sodass der gesamte Abrollvorgang - Aufsetzen, Belasten und Abdruck zum nächsten Schritt - in den einzelnen Phasen unterschieden werden kann und es Herrn R. möglich ist, die einzelnen Phasen gezielt zu modifizieren.

In der vierten Einheit liegen die Stützzeiten bereits deutlich über 2 Sekunden mit einer maximalen Stützzeit von 2,45 sec. Damit wird die Stützzeit gegenüber den ersten Versuchen auf mehr als das 2½fache verlängert. Als subjektiven Eindruck schildert Herr R. ein stärkeres Vertrauen in die Belastbarkeit des rechten Fußes.

1. Feedbackeinheit			4. Feedbackeinheit		
Aufsetzzeit	rechts	links	rechts	links	
sek	0,16	0,25	0,34	0,55	
Stützzeit	rechts	links	rechts	links	
sek	1,04	1,08	2,16	2,25	

Tab. 2: Vergleich der Aufsetzzeiten (Klappzeiten) und Stützzeiten in sek. zwischen erster und vierter Feedback Einheit.

Im Vergleich der Vertikalkraft-Kurven ist zu erkennen, dass sich nicht nur die Gesamtstützzeit ändert (Tab. 1 und 2, von 0.9 sek auf 2.16 sek), sondern auch der Kraftanstieg bei Schrittbeginn und der Kraftabfall beim Abdruck. Es verändert sich der Winkel (Anstieg) vom Beginn der Kraftkurve bis zum ersten Maximum (zuerst 83°, dann 72° und zum Schluss ebenfalls 72°). (Abb. 7)

Das bedeutet, dass der Belastungsanstieg von den ersten Einheiten zur dritten und vierten Einheit verlangsamt wird.

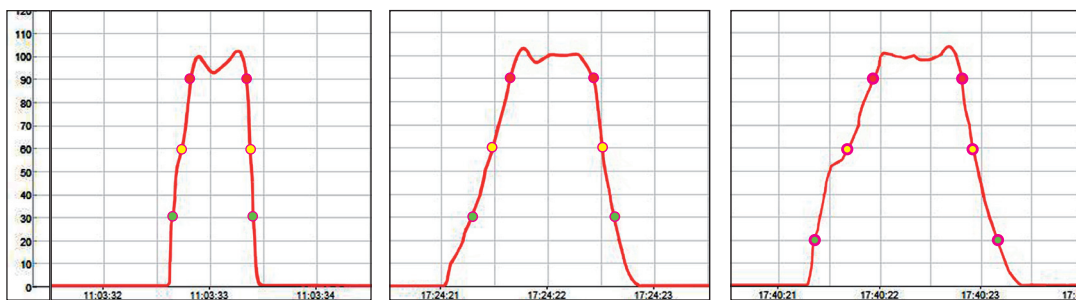
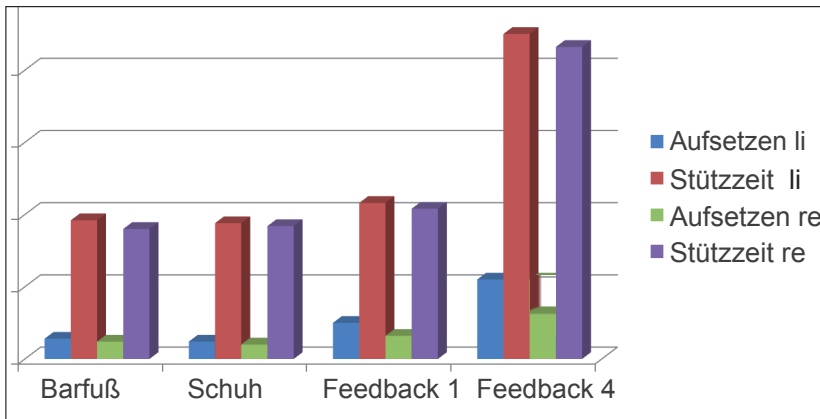


Abb. 7: Feedback Therapie: Vertikalkurven beim Schritt rechts mit eingezeichneten Tonschwellen bei 30%, 60% und 90% Körpergewicht. a) Beispiel aus der ersten Feedback Serie (Stützzeit 0,9 sek), b): Beispiel aus der dritten Feedback Serie (Stützzeit 1,8 sek), c) Beispiel aus der vierten Feedback Serie (Stützzeit 2,10 sek).

Die zweite Veränderung tritt beim Kraftabfall ein, zum Zeitpunkt der Belastungsübergabe auf das zweite Bein. Dabei ist der Winkel zur Horizontalen des Belastungsabfalls im ersten Kurvenverlauf 85°, also fast ebenso steil wie der Belastungsanstieg. Im zweiten Beispiel beträgt der Winkel 77° und im dritten Beispiel 75°. (Abb. 7)

Der Belastungsabfall hat sich demnach weiter verzögert, was auf eine besser dosierte Belastungsübertragung hinweist.



Tab. 3: Vergleich der Stütz- und Aufsetzzeiten über 10 Einzelschritte.

Der Vergleich der Stütz- und Aufsetzzeiten zeigt (jeweils über 10 Einzelschritte gemittelt), dass die Aufsetzzeiten von der ersten bis zur vierten Feedback Einheit verdoppelt werden konnten und dass dabei Rechts/links-Unterschiede auftreten. Die Aufsetzzeiten rechts sind kürzer als links.

Auch bei den Stützzeiten kommt es zu einer Verdoppelung der Zeiten, wobei die Rechts/links-Unterschiede gering sind. (Tab. 3)

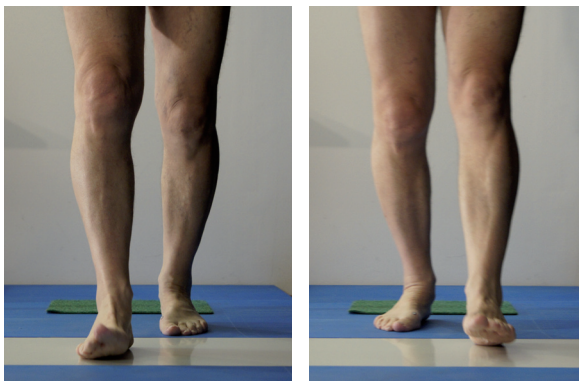


Abb. 8: Aufsetzmuster rechts/links bei der Feedback Therapie. Beim Aufsetzen rechts kann eine orthogonale Fußstellung erreicht werden (ohne Außenrotation und ohne Supinationsstellung).

Im Bewegungsmuster bei der Abrollbewegung wird die Außenrotation mit Supinationsstellung korrigiert und ein orthogonales Muster mit geradliniger Fußstellung erreicht, sodass sich die Rechts/Links-Unterschiede verringern. (Abb. 8)

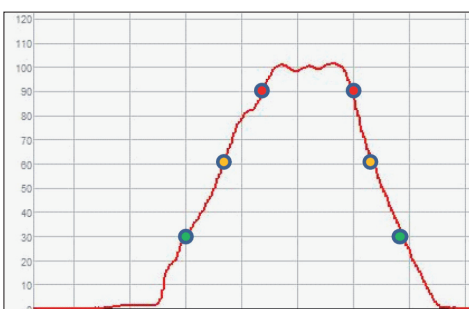


Abb. 9: Feedback-Vertikalkraftkurve mit „Tonspur“. Dauer der Stützphase ca 2.5 sec. Die Form der Vertikalkraftkurve zeigt einen langsamen Kraftanstieg bei der Belastungsphase und einen dosierten Übergang zum nächsten Schritt. Die optimale „Tonspur“ (wie hier fast erreicht) folgt einem melodischen, rhythmischen Verlauf.



Abb.9: Feedback- Aufsetz- und Abrollmuster. Aufsetzen mit der Ferse, Gewichtsübernahme in Einzelstützphase, Abrollmuster zum nächsten Schritt. (Bildserie von links nach rechts).

Für die Feedback Therapie ist die Tonfolge, die beim Gehen synchron mit dem einzelnen Schritt hörbar wird, eine dynamische Leitmelodie. Nach einiger Zeit wandelt sich das gehörte „externe Feedback“ zu einem „internen Feedback“, welches durch die Schrittdynamik modifiziert und gestaltet wird. Die einprägsame Tonfolge des dosierten Schrittes wird zum gestalterischen Element beim Neulernen eines Schrittes oder bei der Verbesserung eines unkoordinierten Gehens.

### Ergebnis

Insgesamt zeigt das Ergebnis der Feedbacktherapie, dass durch die Verlängerung der Stützzeiten das Ziel der Therapie erreicht werden konnte. Auch das zweite Ziel eine Verbesserung des Abrollmusters wurde erreicht. Es zeigt somit, dass selbst nach einer länger zurückliegenden neurologischen Beeinträchtigung ein motorischer Lernprozess möglich ist.

### 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 Feedbacktherapie zur Gangschulung nach länger zurückliegendem Schlaganfall (Pat.H.). [www.wirbelix.com](http://www.wirbelix.com), 1.5.2017.

*Fleiß O., Fleiß H., Holzer P., Ritter G., Reimann R.:* Tonale Feedback Therapie zur Gangschulung nach länger zurückliegendem Schlaganfall (Pat. M.). [www.wirbelix.com](http://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 und der Abt. für Bewegungslehre am Institut für Sportwissenschaften der Universität Graz eingesetzt. Die Projekte wurden vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt.

Die Aktualisierung des Feedback Systems wurde von R. Leitner und M. Fuchs vorgenommen. (Methode und Feedback-Modul siehe Artikel *Fleiß et al.:Tonale Feedback Therapie zur Gangschulung nach länger zurückliegendem Schlaganfall.*

An der vorliegenden Arbeit sind die Steirische Gesellschaft für Wirbelsäulenforschung und das Institut für Anatomie der Med Uni Graz beteiligt.