

# Starke Füsse : Leistungsträger im Sport = Des pieds forts garants d'une bonne performance en sport

Autor(en): **Gyger, Jörg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Physioactive**

Band (Jahr): **48 (2012)**

Heft 3

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-928639>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Starke Füße – Leistungsträger im Sport

### Des pieds forts garants d'une bonne performance en sport

J Ö R G G Y G E R

Ein starker Fuss bildet das Fundament vom aufrechten Stand bis hin zur sportlichen Höchstleistung. Bei Gewölbe-Insuffizienz sind die Kraftübertragung und die Absorption von schädigenden Reaktionskräften reduziert. Dies führt zu Leistungsverlust. Eine Trainingsanleitung.

**E**in kurzer Antritt im Handball, ein Stop-and-go im Squash, ein zweistündiger Dauerlauf, ein eintägiges Bowlingturnier... Welch hohe Belastungen ein Sportler seinen Füßen abverlangt, realisiert er erst, wenn sie schmerzen. Ein effektives Kräftigungstraining für den Fuss benötigt viel Disziplin und zeitlichen Aufwand. Die Füße werden jedoch oft vernachlässigt. Ist die Versorgung mit Einlagen durch den Orthopädietechniker eine Alternative – oder lediglich der Weg des geringsten Widerstandes mit kurzfristigem Erfolg?

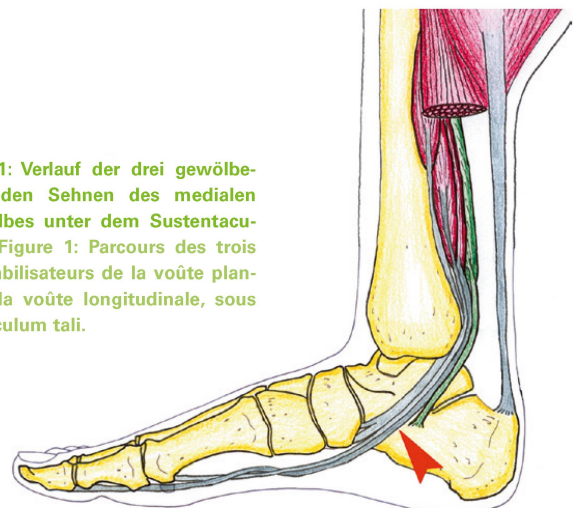
Die aktuelle Praxis der Versorgung mit sensomotorischen Einlagen<sup>1</sup> und der damit verbundenen lokalen Stimulation bietet aus neurologischer Sicht einen spannenden Ansatz. Für den Sportphysiotherapeuten ist dies aber nicht die alleinige Lösung. Das Gewölbetraining des Fusses muss als Grundlagentraining eines Sportlers bezeichnet werden – genauso wie die Rumpfstabilisation und das Beinachsen-training.

Dieser Artikel zeigt den systematischen Aufbau zur Verbesserung der statischen wie dynamischen Stabilität des Fussgewölbes. Unter Berücksichtigung sportlicher Belastungen wird ausschliesslich auf die Insuffizienz des medialen Längsgewölbes und die Vermeidung der Überpronation eingegangen.

Un pied fort constitue la base de la position debout, mais aussi de toute performance sportive. Si la cambrure est insuffisante, la transmission de la force et l'absorption des forces de réaction sont réduites. Ceci entraîne une baisse des performances. Indications pour l'entraînement.

**U**ne courte intervention pendant un match de handball, un stop-and-go au squash, une course d'endurance de deux heures, un tournoi de bowling d'une journée... Quelle que soit l'intensité de l'effort qu'un sportif impose à ses pieds, il n'en prend conscience que lorsque ceux-ci commencent à lui faire mal. Un entraînement efficace visant à renforcer ses pieds exige beaucoup de discipline et de temps. Malheureusement, on a souvent tendance à négliger cette partie du corps. La solution consiste peut-être à se faire prescrire des semelles orthopédiques par un spécialiste; ou

**Abbildung 1: Verlauf der drei gewölbestabilisierenden Sehnen des medialen Längsgewölbes unter dem Sustentaculum tali. | Figure 1: Parcours des trois tendons stabilisateurs de la voûte plantaire dans la voûte longitudinale, sous le sustentaculum tali.**



Sookur PA et al., Radiographics 2008; 28: 481–499  
© Radiological Society of North America

<sup>1</sup> Sensomotorische Einlagen: gezielte, mechanische (Druck-)Stimulation insuffizienter Fussmuskulatur im Muskelsehnenübergangsbereich. Nicht zu vergleichen mit der orthopädischen Fusseinlage.

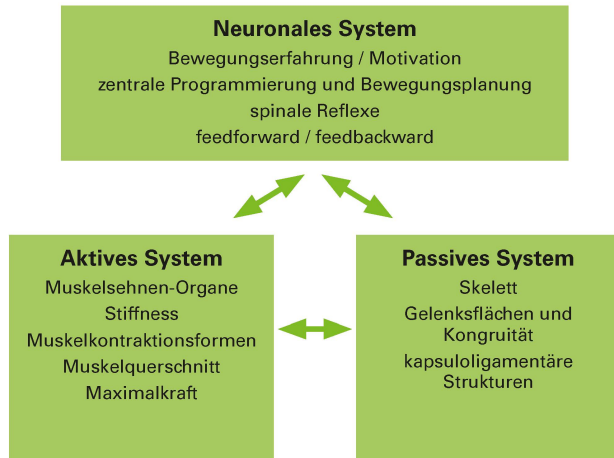


Abbildung 2: Stabilisierendes System nach Panjabi (1992) [12] modifiziert Gyger 2012: Zusammenspiel des neuronalen Steuerungssystems mit passiven Strukturen und aktivem muskulärem System.

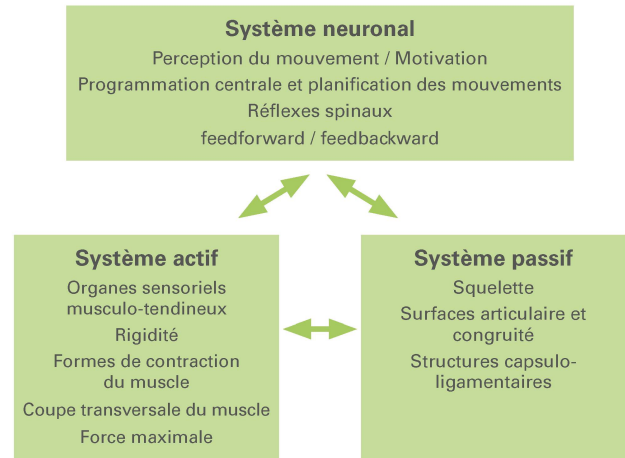


Figure 2: Système de stabilisation selon Panjabi (1992) [12] modifié par Gyger 2012: interactions du système neuronal de commande avec les structures passives et le système musculaire actif.

### «Tom, Dick & Harry» – die drei Muske(l)tiere des Fusses

Die Gewölbekonstruktion des Fusses zeigt die Wichtigkeit des Zusammenspiels von Stabilität und Mobilität [1]. Der kräftige Rückfuß steht dem mobilen Mittel- und Vorfuß mit seinen zahlreichen Kapselbandstrukturen und den kurzen Fussmuskeln gegenüber. Vor- und Mittelfuß sind dominant kapsuloligamentär verspannt. Sie zeichnen sich für die Anpassung an den Untergrund sowie für die Stabilität verantwortlich. Die langen Sehnen des M. tibialis posterior («Tom»), M. flexor digitorum longum («Dick») und M. flexor hallucis longus («Harry») stabilisieren das proximale Quer- sowie das mediale Längsgewölbe mit ihrem Verlauf unter dem Sustentaculum tali zusätzlich (Abbildung 1). Weiter zieht von lateral her der M. peroneus longus zum Os naviculare und ergänzt die Gewölbekonstruktion. Sie tragen das mediale Gewölbe und wirken gegen die Überpronation. Ihre Kraftarme und die Umlenkung am Talus bewirken hohe Kräfte im oberen Sprunggelenk. Ihnen gilt es, einen Schwerpunkt in der Kraftentwicklung zu legen.

### Das stabilisierende System nach Panjabi

Je nach Sportart ist der Fuß hohen Beschleunigungen respektive hohen statischen Kräften ausgesetzt. Bei insuffizienter Muskulatur muss das passive System den hohen Torsions- sowie Axialkräften standhalten. Repetitive Stressrelaxationen (Hysterese) in den Ligamenten und Sehnenansätzen führen zu irreversiblen Verlängerungen [2]. Es kann ein Formverlust der Längs- wie Quergewölbe entstehen.

Pope et al. beschreiben den Zusammenhang zwischen der stabilisierenden Muskelschutzspannung und Bandverletzungen [3,9]: Ein nicht voraktiviertes Muskelsystem ist bei unerwarteten Kräfteinflüssen mit den physiologischen Reak-

s'agit-il seulement du moyen le plus facile pour une efficacité à court terme?

Actuellement, la prescription de semelles sensori-motrices<sup>1</sup> et la stimulation locale qui lui est associée constituent une approche intéressante d'un point de vue neurologique. Pour le physiothérapeute du sport, cela n'est cependant pas la seule solution. L'entraînement de la voûte plantaire doit être considéré comme un entraînement de base pour le sportif, au même titre que la stabilisation du tronc et l'entraînement muscles axiaux des membres inférieurs.

Cet article traite du renforcement systématique de la musculature visant à améliorer la stabilité statique et la dynamique de la voûte plantaire. Compte tenu de la pratique sportive, il abordera uniquement l'insuffisance de la voûte longitudinale médiale et de la prévention d'une surpronation.

### «Tom, Dick & Harry» – les trois «muscles-taires» du pied

La construction de la voûte plantaire montre l'importance de l'interaction entre la stabilité et la mobilité [1]. Doté de nombreuses structures capsulo-ligamentaires et de muscles courts, l'arrière du pied est vigoureux; il diffère de la zone médiane et de l'avant du pied: l'avant et la zone médiane sont essentiellement constitués de structures capsulo-ligamentaires. Ces zones assurent l'adaptation du pied à la surface du sol ainsi que sa stabilité. Les tendons longs du M. tibialis posterior («Tom»), du M. flexor digitorum longum («Dick») et du M. flexor hallucis longus («Harry») stabilisent la voûte transversale proximale et la voûte longitudinale médiane ainsi que leur prolongement sous le Sustentaculum tali (illustration 1).

<sup>1</sup> Semelles sensori-motrices: stimulation (par pression) ciblée et mécanique des muscles du pied insuffisamment développés au niveau des muscles tendineux. Elles n'ont rien à voir avec les semelles orthopédiques.

Methode der Innervationsschulung und der maximalen isometrischen Kontraktion Méthode de formation en innervation et de contraction isométrique maximale	
Reizintensität (% der maximalen willkürlichen konzentrischen Spannkraft) Intensité de stimulus (% de la force de tension concentrique maximale arbitraire)	50–70%
Belastungsdauer / Serie Durée de l'effort / Série	5–10 sek. 5–10 sec.
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe) Séries par unité d'entraînement (pour chaque groupe de muscles)	5–10
Serienpause Pause après les séries	≥ 3–6 min
Erholungszeit Temps de repos	1–2 h
Häufigkeit Fréquence	mehrmals / Tag plusieurs fois / jour
Makrozyklus Cycle macro	2–4 Wochen semaines

**Tabelle 1: Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Innervationsschulung und Steigerung der maximalen willkürlichen isometrischen Kontraktion, modifiziert nach Schmidtbleicher, Haas et al., 2009 [11].** | **Tableau 1: Configuration de stimulus de la méthode d'entraînement pour la formation en innervation et augmentation de la contraction isométrique maximale arbitraire, modifiée selon Schmidtbleicher, Haas et al., 2009 [11].**

tionszeiten des Golgiapparates sowie der Muskelspindelkomplexe zu langsam, um die passiven Gelenksstrukturen vor Schädigung zu schützen. Der Kapsel-Band-Apparat erfährt Mikroverletzungen. Auch zyklische Mikrodehnungen, wie sie beim Läufer in der unteren Extremität über viele Kilometer immer wieder geschehen, führen zu Ermüdungsversagen (Creep) der kollagenen Strukturen [2].

Das Prinzip des stabilisierenden Systems nach Panjabi (1992) [12] gilt auch am Fuss. Es geht vom Zusammenspiel des neuronalen Kontroll- und Steuerungssystems mit dem aktiven (Muskeln) und passiven (Gelenke, Bänder) System aus (siehe *Abbildung 2*). Dem neuronalen wie dem aktiven (muskulären) System kommt eine wichtige Rolle zu. Beide Systeme sind, im Gegensatz zum passiven System, trainierbar und unterliegen der Adaptionsfähigkeit.

### Das Trainieren der Voraktivierung

Das neuronale System verfügt über einen Ansteuerungsmechanismus (Feedforward), um den wiederkehrenden Mikroverletzungen der kollagenen Strukturen entgegen zu treten. Wiederholte Traumatisierungen im Bereich der Golgiorgane und der Muskelspindeln führen zum Verlust oder zu einer verzögerten Aktivierung dieser Kontrollmechanismen. Das be-

Methoden der submaximalen Kontraktion bis zur Erschöpfung – Hypertrophietraining Méthodes de contractions submaximales jusqu'à l'épuisement – Entraînement pour l'hypertrophie	
Reizintensität (Last in % des 1er-Maximums) Intensité de stimulus (charge en % du 1er maximum)	70–85%
Wiederholung pro Serie Répétition par série	12–8
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe) Séries par unité d'entraînement (pour chaque groupe de muscles)	3–5
Serienpause Pause après les séries	2–3 min
Kontraktionsgeschwindigkeit Vitesse de contraction	langsam bis zügig lent à rapide
Erholungszeit Temps de repos	48–72 Stunden 48–72 heures
Häufigkeit Fréquence	2–3x / Woche 2–3x / semaine
Makrozyklus Cycle macro	4–12 Wochen 4–12 semaines

**Tabelle 2: Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Erhöhung der Muskelmasse (Hyperthrophietraining) modifiziert nach [11].** | **Tableau 2: Configuration de stimulus des méthodes d'entraînement pour l'augmentation de la masse musculaire (entraînement pour l'hypertrophie) modifié selon [11].**

La voûte est complétée par le M. peroneus longus qui s'étend sur le côté jusqu'à l'os naviculaire. Ils supportent la voûte médiane et agissent contre la surpronation. Leurs tendons contournent le pied et produisent une forte énergie dans la partie supérieure de l'articulation de la cheville. Ils jouent un rôle important dans le développement de la force.

### Le système stabilisant selon Panjabi

Le pied est soumis à d'importantes accélérations ou de grandes forces statiques en fonction de la discipline sportive pratiquée. En cas d'insuffisance de la musculature, le système passif doit supporter les forces de torsion ou axiales. Des stress répétitifs (hystérèse) dans les ligaments et les jonctions tendineuses peuvent causer des allongements irréversibles [2]. Ceci peut provoquer une déformation de la voûte longitudinale ou transversale.

Pope et al. ont décrit le rapport entre tensions musculaires et blessures ligamentaires [3, 9]. En cas d'influence physique inattendue, un système musculaire non activé au préalable présente un temps de réaction physiologique de l'appareil de Golgi et des complexes musculaires trop longs pour empêcher une lésion des structures articulaires passives. Le système capsulo-ligamentaire subit de petites lé-



wusste Trainieren der Voraktivierung ist ein elementarer Bestandteil des motorischen Lernprozesses. Nebst der Isometrie (Tabelle 1) [4,10] gilt das idiomotorische (mentale) Training als optimale Methode. Die Reflexaktivität im Muskelspindelorgan wie auch die gesteigerte Muskeldurchblutung verbessern die Eigenwahrnehmung.

**Hypertrophietraining, intramuskuläre Koordinationsverbesserung, plyometrisches Training**

Um eine bessere Kraftleistung zu erzielen, trainiert der Athlet vorerst in der Methode des Hypertrophietrainings (submaximale Belastung bei maximaler Erschöpfung) (Tabelle 2). [4,10] Die Progression verlangt nach der Methode der intramuskulären Koordinationsverbesserung (IIM)K, maximale Belastung bei maximaler Erschöpfung) (Tabelle 3) [4,10].

Es folgt die für den Sportler wichtigste Methode: das reaktive plyometrische<sup>2</sup> Training (DVZ<sup>3</sup>) (Tabelle 4) [4,10]. Das dominant neuronale Training erhöht die Gewebesteifigkeit (Stiffness) und verbessert die Ansteuerungsmechanismen. Der Mikrotraumatisierung des Kollagens kann so entgegen gewirkt werden. Eine optimierte Stiffness vermag vermehrt kinetische Energie zu speichern. Im Falle des Fusses wird damit die Erhöhung der Bodenreaktionskraft angestrebt. Letztlich resultiert dies in einer Sprungkraftleistungs- oder Schnelligkeitsverbesserung. Das über zwei bis sechs Wochen dauernde plyometrische Training verlangt hohe Umfänge mit maximaler Qualität an Explosivität. Die Serienpausen sind der hohen neuronalen Ermüdung wegen unbedingt einzuhalten. Die Integration in die sportartspezifische Belastung ist für den Lerneffekt entscheidend.

**Sensomotorisches Training**

In der Praxis wird beobachtet, dass der Athlet, nicht zuletzt aus Zeitgründen und mangelnder Anleitung, hauptsächlich die grossen Muskelgruppen beübt und der eigentlichen stabilisatorischen Qualität der Fussmuskulatur keine Beachtung schenkt.

In der Plyometrie finden die Belastungen in einem zeitlich derart kurzen Intervall statt, dass das motorische System ohne Feedforward ein schwaches Fussgewölbe nicht mehr zu stabilisieren vermag.

Das sensomotorische Training (SMT) hat sich als (Maximal-)Krafttrainingsform etabliert [5, 6, 7]. Das Perturbationstraining soll in dieser Methode zum Zug kommen [7, 8]. Der Konzentration auf die Voraktivierung der Fussmuskulatur muss weiterhin Beachtung geschenkt werden. Gerade in der Progression, wenn Mehrfachaufgaben gefragt werden, darf die Kontrolle der Gewölbeaufriechung nicht verloren gehen.

<sup>2</sup> Exzentrische-konzentrische Muskelarbeit.

<sup>3</sup> DVZ: Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus.

sions. De légers étirements cycliques – comme ceux qui surviennent chez le coureur dans les extrémités inférieures au bout de plusieurs kilomètres – provoquent également des défaillances par fatigue (creep) des structures collagènes [2].

Le principe du système stabilisateur selon Panjabi (1992) [12] est aussi valable pour le pied. Il part de l'interaction entre le système neuronal de contrôle/de commande et les systèmes actif (muscles) et passif (articulations, ligaments) (voir Figure 2). Le système neuronal et le système actif (musculaire) jouent un rôle capital. Contrairement au système passif, il est possible d'entraîner ces deux systèmes qui possèdent des capacités d'accommodation.

**L'entraînement à l'activation préalable**

Le système neuronal dispose d'un mécanisme de commande (feedforward) destiné à combattre les lésions légères qui affectent les structures collagènes de manière répétitive. Les traumatismes répétitifs des organes de Golgi et les fuseaux musculaires provoquent la perte des mécanismes de contrôle ou un retard dans leur activation. L'entraînement conscient de leur activation préalable constitue une composante élémentaire du processus d'apprentissage moteur. A côté de l'isométrie (Tableau 1) [4,10], l'entraîne-

Methoden der maximalen Kontraktion bis zur Erschöpfung Méthodes de contractions maximales jusqu'à l'épuisement	
Reizintensität (Last in % des 1er-Maximums*) Intensité de stimulus (charge en % du 1er maximum*)	90–100%
Wiederholung pro Serie Répétition par série	3–1
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe) Séries par unité d'entraînement (pour chaque groupe de muscles)	3–6
Serienpause Pause après les séries	≥6–10 min
Kontraktionsgeschwindigkeit Vitesse de contraction	explosiv explosive
Erholungszeit Temps de repos	48–72 Stunden 48–72 heures
Häufigkeit Fréquence	2–3x /Woche 2–3x / semaine
Makrozyklus Cycle macro	2–6 Wochen 2–6 semaines

\* Isometrisch: Last 1er-Maximum | Isométrique: charge du 1er maximum.

**Tabelle 3: Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Steigerung der willkürlichen neuromuskulären Aktivierungsfähigkeit modifiziert nach [11]. | Tableau 3: Configuration du stimulus des méthodes d'entraînement pour l'augmentation de la capacité d'activation neuromusculaire arbitraire modifiée selon [11].**

## Lokale Mobilisation und Innervationsschulung

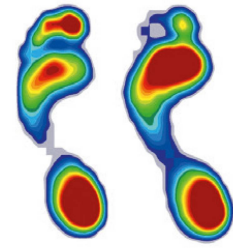
Als Grundlage für die folgenden Übungsempfehlungen bedienen wir uns Daten, welche wir mit einer Druckmessplatte (Zebris; FDM-T-System) erhoben haben.<sup>4</sup> Messungen ohne und mit Voraktivierung der Fussmuskulatur konnten bis hin zu hoch belasteten Kraftübungen (Squats mit 80 kg Langhantel) den Nutzen des folgenden Trainingsaufbaus deutlich bestätigen (Abbildung 3a+b). Wir befolgen den Aufbau, identisch dem lokalen Stabilisationstraining der Wirbelsäule, von lokal statisch zu global dynamischem Training.

Die Automobilisation des distalen Quergewölbes (Abbildung 4a+b) kann als Trainingseinstieg dienen. Der Athlet legt die Daumen über den Fussrücken. Die Fingerspitzen geben von plantar her Gegendruck auf die Zehengrundgelenke. Das mehrmalige bogenförmige Ausstreichen formt das Quergewölbe und erhöht die Eigenwahrnehmung. Die Bewegung entspricht dem Griff, wie wenn man eine Schokoladentafel aufbricht. Das so vorgeformte Gewölbe soll der Trainierende nach der Methode des isometrischen Trainings (Tabelle 1) aktiv zu halten versuchen. Therapeutisch wird die passive Positionierung ebenfalls zur Innervationsschulung angewandt. Die Position soll aktiv gehalten werden (Abbildung 5).

Methoden zur Verbesserung der reaktiven Kraftfähigkeiten Méthodes d'entraînement pour l'amélioration des capacités de force réactive	
Reizintensität sportartspezifisch angepasst Intensité de stimulus adaptée à la discipline sportive	90–100%
Wiederholung pro Serie Répétition par série	10–12
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe) Séries par unité d'entraînement (pour chaque groupe de muscles)	3–5
Serienpause Pause de la série	≥6–10 min
Kontraktionsgeschwindigkeit Vitesse de contraction	explosiv explosive
Erholungszeit Temps de repos	48–72 Stunden 48–72 heures
Häufigkeit Fréquence	2–3x / Woche 2–3x / semaine
Makrozyklus Cycle macro	2–6 Wochen 2–6 semaines

**Tabelle 4: Reizkonfiguration der Trainingsmethode zur Verbesserung der reaktiven Kraftfähigkeiten modifiziert nach [11]. | Tableau 4: Configuration de stimulus de la méthode d'entraînement pour l'amélioration des capacités de force réactive, modifiée selon [11].**

<sup>4</sup> Mit der grosszügigen Hilfe des Ortho-Teams Bern.



**Abbildung 3a+b: Fussdruckmessung des linken Fusses auf der Zebris-Messplatte, beidbeinige Squats mit 80 kg, links mit und rechts ohne Fussmuskelaktivierung. | Illustration 3a+b: mesure de la pression du pied gauche sur une plate-forme de force Zebris, squats sur les deux jambes avec 80 kg, gauche et droite sans activation de la musculature du pied.**

ment idéomoteur (mental) constitue une méthode optimale. L'activité réflexe des fuseaux musculaires et l'amélioration de la circulation sanguine dans les muscles augmentent la perception.

## Entraînement en hypertrophie, amélioration de la coordination intramusculaire, entraînement plyométrique

Pour obtenir une meilleure performance dans les épreuves de force, l'athlète commence par un entraînement en hypertrophie (effort sub-maximal pour fatigue maximale) (Tableau 2) [4,10]. La progression nécessite la méthode d'amélioration de coordination intramusculaire, un effort maximal pour une fatigue maximale) (Tableau 3) [4,10].

Puis vient la méthode la plus importante pour le sportif: l'entraînement plyométrique<sup>2</sup> réactif (CEC<sup>3</sup>) (Tableau 4) [4,10]. Cet entraînement, essentiellement neuronal, augmente la rigidité des tissus (stiffness) et améliore les mécanismes de commande. C'est ainsi que le micro-traumatisme du collagène peut être combattu. Une rigidité optimale réussit à mieux emmagasiner de l'énergie cinétique. Dans le cas du pied, ceci permet une augmentation de la force de réaction au sol. Ce processus résulte en une amélioration de la détente et de la vitesse. L'entraînement plyométrique, qui dure deux à six semaines, exige beaucoup d'engagement, avec une qualité d'explosivité maximale. Les pauses de la série sont à respecter scrupuleusement en raison de la grande fatigue neuronale. L'intégration dans l'effort propre à la discipline sportive est capitale pour l'effet d'apprentissage.

## Entraînement sensori-moteur

Dans la pratique, on observe que l'athlète travaille essentiellement les grands groupes musculaires et néglige la qualité stabilisatrice de la musculature du pied, probablement par manque de temps et d'échauffement.

<sup>2</sup> Travail musculaire excentrique-concentrique.

<sup>3</sup> CEC: cycle étirement-contraction.



### Der «kurze Fuss» nach Janda

Die Instruktion des «kurzen Fusses» nach Janda (1996) soll den Fokus auf das Resultat legen: «Versuchen Sie, Ihren Fussabdruck kleiner zu machen.» Der Therapeut fazilitiert am lateralen Calcaneus, am Grundgelenk Dig. V medial und lateral am Grundgelenk Dig. I. «Halten Sie diese drei Kontaktpunkte mit gleichmässigem Druck zum Boden hin angesaugt. Erhöhen Sie den Druck unter dem Grosse Zehen, ohne dass das Grundgelenk den Bodenkontakt verliert.» Gelingt dies, soll die Grosse Zehe unter gehaltenem Druck zum Rückfuss zurückgezogen werden. Die Beugung im distalen Phalangealgelenk wird nicht zugelassen. Synergistisch kann ebenfalls die Innervation des M. abductor hallucis fazilitiert werden (Abbildung 6). Die Verstärkung des Längsgewölbes wird dadurch deutlicher.

Ziel beim «kurzen Fuss» ist es, das mediale Längsgewölbe zu erhöhen (siehe das *Alignment der Feiss-Linie*<sup>5</sup> Abbildung 7a+b). Zu vermeiden ist die antagonistische Aktivität des M. tibialis anterior, wie das Krallen der kleinen Zehen.

### Steigerung des «kurzen Fusses»

Der Aufbau des «kurzen Fusses» nach Janda erfolgt vom Sitzen über den Hochsitz zum Stand. Mit gehaltenem Druck unter Dig. I versucht der Athlet gegen den Widerstand des Gummibandes beide Knie auseinanderzudrücken. Dabei darf sich der Grosse Zehenballen nicht ablösen (Abbildung 8a+b). Es folgt der Stand (Abbildung 9) mit Gewichtsverlagerung in Frontalebene (Abbildung 10) und Sagittalebene (Abbildung 11). Geübt werden Standbeinphasen und Spielbeinphasen mit Varianten. Distale Hebel, langsam oder schnell respektive azyklisch oder zyklisch in alle Richtungen bewegt, erhöhen die stabilisatorischen Ansprüche (Abbildung



**Abbildung 4a:** Automobilisation des proximalen Quergewölbes (Anfangsposition). **Abbildung 4b:** Automobilisation des proximalen Quergewölbes (Endposition). | **Figure 4a:** Automobilisation de la voûte transversale proximale (Position de départ). **Figure 4b:** Automobilisation de la voûte transversale proximale (Position d'arrivée).

**Abbildung 5:** therapeutisches Gewölbe-training. | **Figure 5:** Entraînement thérapeutique de la voûte plantaire.

En plyométrie, l'effort est réalisé dans un intervalle de temps si court que le système moteur ne réussit pas à stabiliser une voûte plantaire faible sans feedforward.

L'entraînement sensori-moteur (ESM) s'est imposé comme forme d'entraînement de l'endurance (maximale) [5, 6, 7]. L'entraînement de perturbation est censé compléter cette méthode [7, 8]. Il n'est évidemment pas question de négliger la concentration sur l'activation préalable de la musculature du pied. C'est justement lors de la progression, lorsqu'il faut exécuter plusieurs tâches, que le contrôle de la position de la voûte plantaire est capital.

### Mobilisation locale et entraînement de l'innervation

Pour les exercices suivants que nous recommandons, nous utilisons des données obtenues grâce à une plaque de mesure de pression (Zebris; Système FDM-T)<sup>4</sup>. Des mesures avec et sans activation préalable de la musculature du pied ont confirmé l'utilisation du processus de formation suivant avec des exercices extrêmement exigeants (squats avec des haltères de 80 kg) (Figure 3a+b). Nous suivons une structure d'entraînement identique à celle des exercices de stabilisation de la colonne vertébrale, du statique local vers l'entraînement dynamique global.

L'automobilisation de la voûte transversale distale (Figure 4a+b) peut servir d'introduction à l'entraînement. L'athlète pose ses pouces sur la partie dorsale du pied. Les bouts des doigts exercent une pression sur l'articulation principale des orteils. Le massage circulaire continu forme la voûte transversale et augmente la perception personnelle. Le mouvement correspond à celui que l'on effectue en cassant une tablette de chocolat. L'athlète devra essayer de maintenir activement la voûte ainsi formée selon la méthode d'entraînement isométrique (Tableau 1). Sur le plan thérapeutique, le positionnement passif est également utilisé pour l'entraînement de l'innervation. Cette position doit être maintenue activement (Figure 5).

### Le «pied court» selon Janda

L'instruction au «pied court» selon Janda (1996) devra mettre l'accent sur le résultat: «Essayez de réduire l'empreinte de votre pied.» Le thérapeute assiste au niveau du calcaneum latéral, de l'articulation basale de l'orteil V (médiol et latéral) et sur l'articulation basale de l'orteil I. «Maintenez ces trois points de contact au sol avec une pression homogène. Augmentez la pression sous le gros orteil tout en maintenant l'articulation basale en contact avec le sol.» Si vous y arrivez, le gros orteil devra être tiré vers l'arrière du pied. La flexion

<sup>5</sup> Feiss-Linie: Die Referenzlinie zwischen Apex medialer Malleolus und Bodenkontaktpunkt des Metatarsophalangealgelenk I wird als Feiss-Linie bezeichnet.

<sup>4</sup> Avec la généreuse assistance de «Ortho-Team» Berne.

12a+b, 13a+b). Instabile Unterlagen, wie die Freeman-Platte (Abbildung 14) oder der Therapiekreisler, verlangen erhöhte Aufmerksamkeit. Die mehrdimensionale Auslenkung dieser Hilfsmittel ist für den Übenden nicht mehr vorhersehbar. Die Perturbation verlangt eine verstärkte Antizipation (Feedforward) und stellt eine unerlässliche Methode im motorischen Lernprozess dar.

### Isoliertes Krafttraining «Grosszehe»

Das isolierte Krafttraining für den M. flexor hallucis longus (Abbildung 15, 16a–c), M. abductor hallucis (Abbildung 17a+b), M. adductor hallucis caput transversum (Abbildung 18) wird isometrisch (Tabelle 1) wie dynamisch in der Methode der Hypertrophie (Tabelle 2) durchgeführt. Die exzentrische Ausführung dient zur Innervationsschulung.

Die Progression und somit die unerlässliche Vorbereitung für die sportliche Belastung führt über das Eigengewicht (Abbildung 19a+b) und das Gehen mit der Betonung auf einen aktiven Abrolldruck über die Grosszehe (Abbildung 20) bis hin zu beidbeinig und einbeinigen Kniebeugen mit Zusatzlasten (Abbildung 21a+b). Der Methode der Steigerung der maximalen willkürlichen Aktivierungsfähigkeit (intramuskuläres Krafttraining, IMK) (Tabelle 3) folgt das plyometrische Training (Tabelle 4). Beidbeinige und einbeinige Minisprünge azyklisch (Abbildung 22a+b), reaktiv (Abbildung 23a+b) und zyklisch (Abbildung 24) bereiten den Fuss für die Belastungen aus dem Lauf- und Sprung-ABC<sup>6</sup> vor.

### Progressionsformen

Alle Formen sollen immer unter Kontrolle der optimalen Gewölbeaufsichtigung geschehen. Progressionen innerhalb dieser Übungen über:

- Steigerung der Häufigkeit
- Steigerung der Belastungsdauer oder Erhöhung der Serienzahl
- Steigerung der Intensität
- Bewegungsamplituden verändern
- Bewegungstempo variieren
- Multitask-Aufgaben
- Perturbation (nicht assoziierbare Aufträge)
- «Chocking» (unter Druck / Auftragsvarianten...).

Die komplexe Methode, in welcher der allgemeinen Kraftübung eine vielseitig orientierte respektive sportartspezifische Übung folgen sollte, ist dem isolierten Krafttraining vorzuziehen. Zur erfolgreichen Fusskräftigung gehört, wie

Abbildung 6: Fazilitation des M. abductor hallucis. | Figure 6: Facilitation du M. abductor hallucis.



Abbildung 7a: Insuffizientes mediales Längsgewölbe, Feiss-Linie<sup>4</sup> gebogen, Tuberositas os navicularis abgesenkt. | Figure 7a: Voûte longitudinale médiale insuffisante, ligne de Feiss<sup>4</sup> abaissée, tubérosité de l'os naviculaire abaissée.



Abbildung 7b: Kurzer Fuss nach Janda (1996), Feiss-Linie<sup>4</sup> angehoben, Tuberositas ossis navicularis erhöht. | Figure 7b: Pied court selon Janda (1996), ligne de Feiss<sup>4</sup> relevée, tubérosité de l'os naviculaire surélevée.

dans l'articulation distale de la phalange n'est pas permise. Sur le plan synergétique, l'innervation du M. abductor hallucis peut également être facilitée (Figure 6). Le renforcement de la voûte longitudinale s'en trouve augmenté.

L'objectif du «pied court» est d'élever la voûte longitudinale médiale (voir l'alignement de la ligne de Feiss<sup>5</sup>, Figure 7a+b). Évitez toute activité antagoniste du M. tibialis anterior, comme le fléchissement du petit orteil.

### Augmentation du «pied court»

Le «pied court» selon Janda peut résulter d'une position assise, sur siège surélevé ou debout. L'athlète essaie d'écartier les genoux en résistant à la pression du ruban en caoutchouc et en maintenant la pression sous l'orteil I. Il doit toutefois veiller à ne pas relâcher le gros orteil (Figure 8a+b). Vient ensuite la position debout (Figure 9), avec répartition de charge au niveau frontal (Figure 10) et au niveau sagittal (Figure 11). L'entraînement concerne les phases de jambe de soutien et de jambe active avec variantes. Les leviers distaux, lents ou rapides, acycliques ou cycliques, déplacés dans toutes les directions, augmentent la pression stabilisatrice (Figure 12a+b, 13a+b). Les supports instables, comme la planche de Freeman (Figure 14) ou le chapeau mexicain, nécessitent une plus grande attention. La déviation pluridimensionnelle de ces supports n'est plus prévisible pour l'athlète. La perturbation nécessite une plus grande anticipation (feedforward) et représente une méthode indispensable d'apprentissage moteur.

<sup>6</sup> Lauf- und Sprung-ABC: Systematische Übungsformen zur Verbesserung der Bewegungskoordination und der Lauf/Sprungtechnik.

<sup>5</sup> Ligne de Feiss: La ligne de référence entre l'apex de la malléole médiale et le point de contact au sol de l'articulation de la phalange métatarsienne est appelée ligne de Feiss.



**Steigerung des «kurzen Fusses»**  
Augmentation du «*piéd court*»



**Abbildungen 8a+b:** Hochsitz mit Aktivierung des kurzen Fusses sowie der Abduktoren und Aussenrotatoren des Hüftgelenkes gegen ein Gummiband. | Figures 8a+b: Position assise sur siège surélevé avec activation du pied court et des abducteurs, ainsi que des rotateurs externes de la hanche contre le ruban de caoutchouc.



**Abbildung 9:** Beidbeiniger Stand mit Theraband. | Figure 9: Position debout, travail pieds joints avec Thera-band.



**Abbildung 10:** Gewichtsverlagerung in Frontalebene mit Standbein links. | Figure 10: Transfert de poids dans le plan frontal en appui sur la jambe gauche.



**Abbildung 11:** Gewichtsverlagerung in Sagittalebene. | Figure 11: Transfert de poids dans le plan sagittal.



**Abbildung 12a+b:** Einbeiniger Stand mit distalem Hebel in Sagittalebene bewegt. | Figure 12a+b: Travail sur un pied avec levier distal déplacé dans le plan sagittal.



**Abbildung 13a+b:** Einbeiniger Stand mit distalem Hebel mit Rotationskomponenten. | Figure 13a+b: Travail sur un pied avec levier distal à composante de rotation.

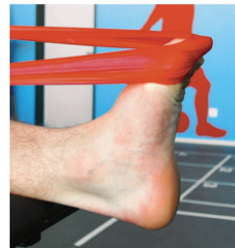


**Abbildung 14:** Einbeiniger Stand auf labiler Unterlage (Freeman-Platte). | Figure 14: Travail sur une jambe sur support mobile (Planche de Freeman).

**Isolierte lokale Kräftigung der längsgewölbebildenden Muskulatur (Tabellen 2+3)**  
Renforcement local isolé de la musculature de la voûte (Tableaux 2+3)



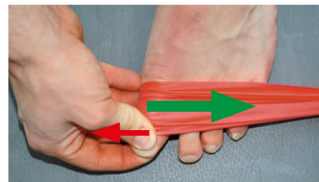
**Abbildung 15:** M. flexor hallucis longus isometrisch / konzentrisch. | Figure 15: M. flexor hallucis longus isométrique / concentrique.



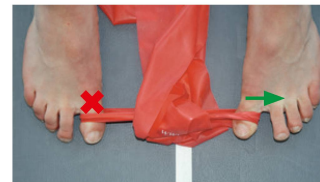
**Abbildung 16a-c:** dynamisches Training des M. flexor hallucis longus mit Theraband im Langsitz oder Hochsitz. | Figure 16a-c: Exercice dynamique du flexor hallucis longus avec Thera-band en position horizontale ou verticale.



**Abbildung 17a:** Isometrische und konzentrische Kräftigung M. abductor hallucis. | Figure 17a: Renforcement isométrique ou concentrique de l'abductor hallucis.



**Abbildung 17b:** Exzentrische Kräftigung M. abductor hallucis konzentrische Hilfe, exzentrisch bremsend. | Figure 17b: Renforcement excentrique de l'abductor hallucis, avec assistance concentrique et freinage excentrique.



**Abbildung 18:** Isometrische wie dynamische Kräftigung M. adductor hallucis caput transversum. | Figure 18: Renforcement isométrique et dynamique de l'adductor hallucis caput transversum.



Abbildung 19a+b: Dynamische Kräftigung der Plantarflexoren beidbeinig auf Stufe. | Figure 19a+b: Renforcement dynamique des muscles fléchisseurs plantaires à pieds joints sur un niveau.



Abbildung 20: Gangübungen mit aktivem Abrolldruck im Grosszehen. | Figure 20: Exercices de marche avec pression de déroulement active dans le gros orteil.



Abbildung 21a: Beidbeinige Kniebeuge mit Langhantel. | Figure 21a: Fléchissement des deux genoux avec des haltères.



Abbildung 21b: Einbeinige Kniebeuge mit Langhantel. | Figure 21b: Fléchissement d'un genou avec des haltères.

#### Reaktivkraft-Training (Tabelle 4)

Exercices de réactivité (Tableau 4)



Abbildung 22a+b: Minisprünge im Zahlengitter, inkl. Drehsprünge, azyklisch/zyklisch, ohne und mit Vorgaben des Therapeuten. | Figure 22a+b: Sautillements et sauts rotatifs acycliques/cycliques avec ou sans indications du thérapeute.



Abbildung 23a+b: Mini «drop jumps» mit reaktiver Stabilisation, azyklisch | Figure 23a+b: Petits «drop jumps» avec stabilisation réactive, acycliques.



Abbildung 24: Beidbeinige (Mini-)Sprünge zyklisch. | Figure 24: (Petits) sauts cycliques les pieds joints.

#### Ergänzendes Training: Standbeinachsen-Training

Exercices complémentaires: Renforcement des axes de soutien des jambes



Abbildung 25a-c: Hüftstabilisation in Frontalebene, isolierte ADD/ABD im Becken. Der Athlet senkt und hebt das Becken auf der Spielbeinseite. | Figure 25a-c: Stabilisation des hanches au niveau frontal, ADD/ABD isolées dans le bassin. L'athlète rabaisse et soulève le bassin du côté de la jambe qui travaille.

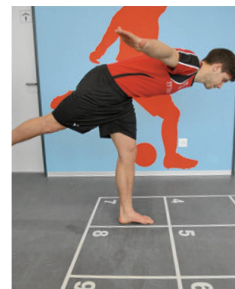


Abbildung 26: Hüftstabilisation in Sagittal- wie Transversalebene. | Figure 26: Stabilisation des hanches aux niveaux sagittal et transversal.





**Abbildung 27: Automassage der Fusssohle mit Tennisball. | Figure 27: Automassage de la plante du pied avec une balle de tennis.**

oben erwähnt, das regelmässige Rumpfraining wie auch das Beinachsentraining (Abbildung 25a–c, 26). Regelmässige, regenerative Massnahmen wie Fusshygiene und (Selbst-)Massagen, wie zum Beispiel mit dem Tennisball (Abbildung 27), sollten ebenfalls zur Routine werden. |

### Literatur | Bibliographie

1. Kapandji I. Funktionelle Anatomie der Gelenke, Band 2, Enke Verlag 1985.
2. Bogduk N. Klinische Anatomie von Lendenwirbelsäule und Sakrum, Springer 2000.
3. Pope MH et al. The role of musculature in injuries of the medial collateral ligament. J Bone Joint Surgery, 1979.
4. Bant H, Haas HJ et al, Sportphysiotherapie, Thieme 2011.
5. Gruber M, Gollhofer A. Impact of sensori-motor training on the rate of force development and neural activation. Eur J Appl Physiol 2004; 92: 98–105.
6. Laube W et al., Sensomotorisches System, Thieme 2009.
7. Müller S. Die belastungsspezifische neuromuskuläre Antwort bei Athleten mit Tendinopathie der Achilles- oder Patellarsehne, Universitätsverlag Potsdam 2008.
8. Wulf G, Aufmerksamkeit und motorisches Lernen, Urban & Fischer 2009.
9. Bizzini M, Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen, Thieme 2000.
10. Radlinger L et al., Rehabilitative Trainingslehre, Thieme 1998.
11. Schmidbleicher D, Haas HJ, Sportphysiotherapie, Thieme 2011.
12. Panjabi M, 1992: The stabilising system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaption and enhancement. Journal of Spinal Disorders 5(4): 383–389.



Jörg Gyger

**Jörg Gyger**, dipl. Physiotherapeut FH und Sportphysiotherapeut spt, ist Athletiktrainer BSV Wacker Thun und Mitglied im Medical Team von swissathletics, zudem ist er Referent bei spt education. Gyger betrieb 14 Jahre Leistungssport im Handball. Jörg Gyger arbeitet im Gesundheitszentrum Medbase in Thun.

**Jörg Gyger**, physiothérapeute diplômé HES et physiothérapeute du sport, est entraîneur d'athlètes de BSV Wacker Thun et membre de l'équipe médicale de swissathletics. Il est également intervenant auprès de spt education. Jörg Gyger a pratiqué le handball de haut niveau pendant 14 ans. Il travaille au centre de santé Medbase de Thun.

### Entraînement de l'endurance du gros orteil

L'entraînement de l'endurance spécifique du M. flexor hallucis longus (Figure 15, 16a–c), du M. abductor hallucis (Figure 17a+b), du M. adductor hallucis caput transversum (Figure 18) est exécuté de manière isométrique (Tableau 1) et dynamique dans la méthode d'entraînement en hypertrophie (Tableau 2). L'exécution excentrique sert à l'entraînement de l'innervation.

La progression et, par là, l'indispensable préparation à l'effort physique, va du poids de l'athlète (Figure 19a+b) et la marche, avec accent sur la pression active exercée sur le gros orteil (Figure 20) au fléchissement du genou sur deux/une jambe avec charge supplémentaire (Figure 21a+b). La méthode d'augmentation de la possibilité d'activation arbitraire maximale (entraînement d'endurance intramusculaire, EEI) (Tableau 3) suit l'entraînement plyométrique (Tableau 4). Petits sauts les pieds joints et sur une jambe: acycliques (Figure 22a+b), réactifs (Figure 23a+b) et cycliques (Figure 24). Ils préparent le pied à l'effort décrit dans l'ABC de la course et du saut<sup>6</sup>.

### Formes de progression

Toutes les formes doivent toujours être exécutées sous contrôle de la position optimale de la voûte plantaire. Progressions dans cet exercice par:

- Augmentation de la fréquence
- Augmentation de la durée de l'effort ou augmentation du nombre de séries
- Augmentation de l'intensité
- Modification de l'amplitude des mouvements
- Variation du rythme des mouvements
- Exercices multitâches
- Perturbation (Exercices non associés)
- «Chocking» (sous pression / variantes d'exercices ...).

La méthode complexe, dans laquelle des exercices polyvalents ou spécifiques à une discipline sportive devraient suivre des exercices généraux d'endurance, est à privilégier par rapport à un entraînement d'endurance isolé. Comme nous l'avons mentionné plus haut, pour renforcer les pieds, il faut entraîner régulièrement le tronc et l'axe des jambes (Figure 25a–c, 26). Des mesures régénératives régulières, comme hygiène des pieds et (auto)massage (avec une balle de tennis par exemple) (Figure 27), devraient également faire partie du quotidien. |

<sup>6</sup> ABC de la course et du saut: formes d'exercices systématiques en vue de l'amélioration de la coordination des mouvements et de la technique de course et de saut.