



OMK 3d; Anatomie, Pathologie, Biomechanik
04.10.2018 – Verband Fuss & Schuh

Biomechanik: Ganganalyse 2



© 2018 Stephan Becker & Dr. Oliver Ludwig

Grafiken, wenn nicht anders angegeben, aus:
Oliver Ludwig: Ganganalyse in der Praxis, C. Mauer Verlag,
1. Auflage 2012, ISBN 978-3-87517-045-0
2. Auflage 2015, ISBN 978-3-87517-053-0





Kapitel 0: Begriffsbestimmung

Was verstehen wir unter Ganganalyse?

Ganganalyse ist die Beobachtung und Bewertung des Gehvorganges.

0.1 Apparative Ganganalyse

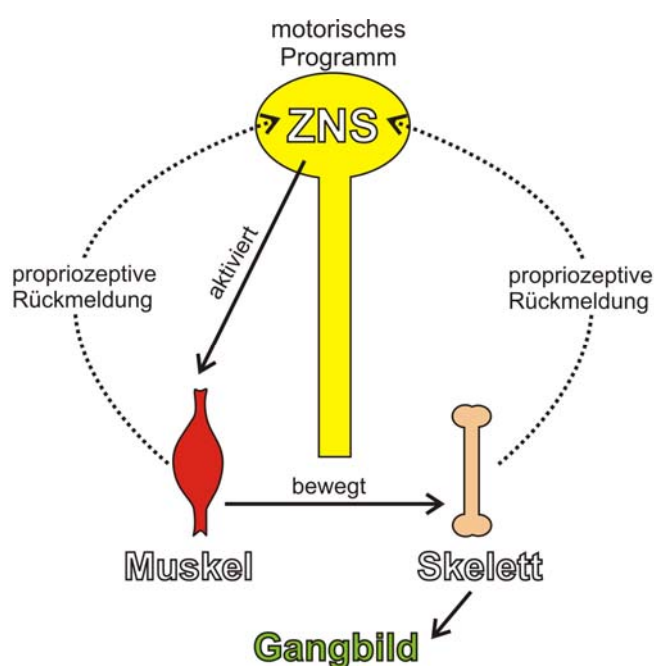
- Druckmessplatten
- Druckmesssohle
- Kraftmessplatten
- Videoauswertung 2D und 3D
- Elektromyographie

0.2 Beobachtende Ganganalyse

- Auge
- Erfahrung
- Protokollierungssystem

Kapitel 1: Grundlagen

1.1 Gehen als Prozess



- Gehen ist ein gelernter Prozess.
- Gehen erfordert Muskeln, Skelett, ein motorisches Programm und



Wichtige Prämissen:

1. Der Lernvorgang (= Adaptationsprozess) im ZNS findet

..... statt.

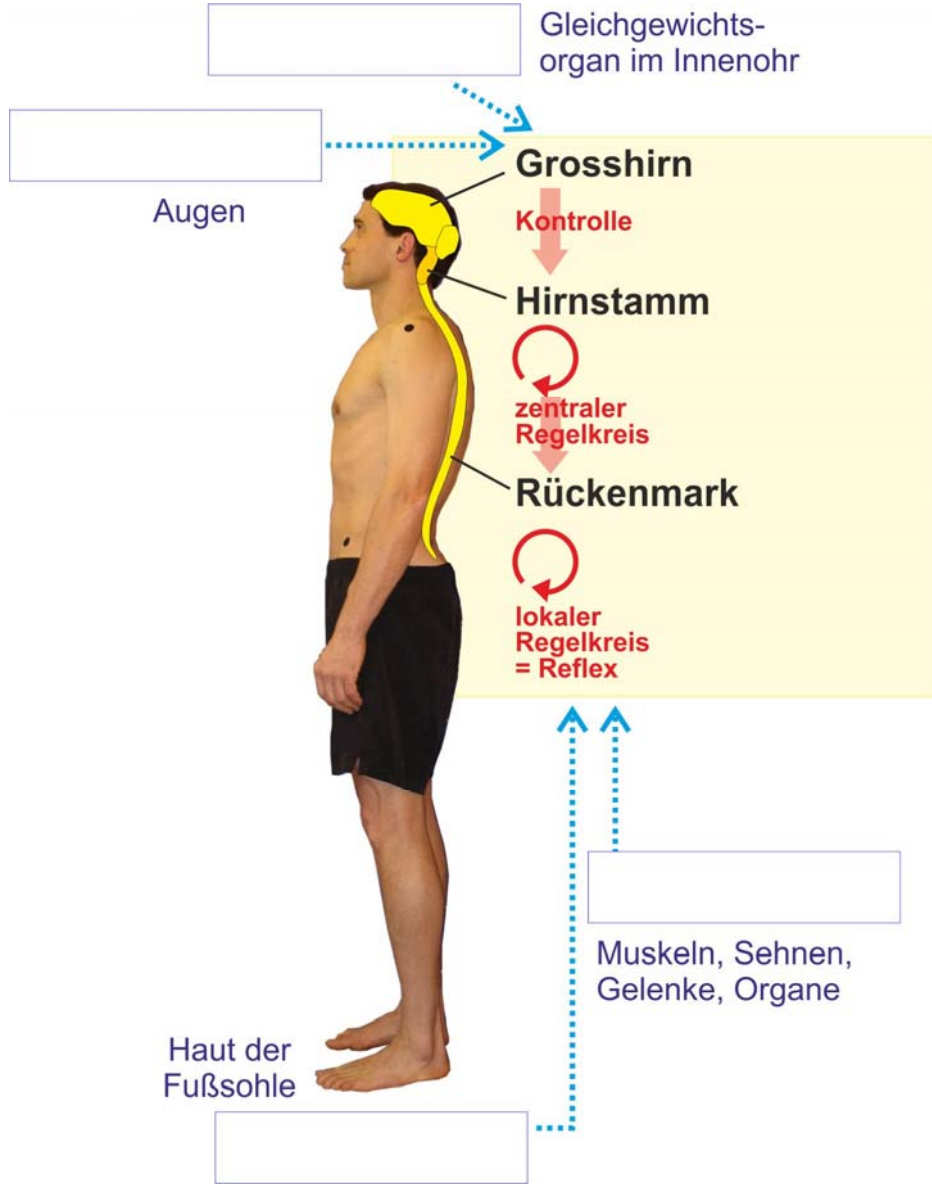
2. Störungen des Gehvorgangs können in allen Ebenen stattfinden:

..... Beispiel:

..... Beispiel:

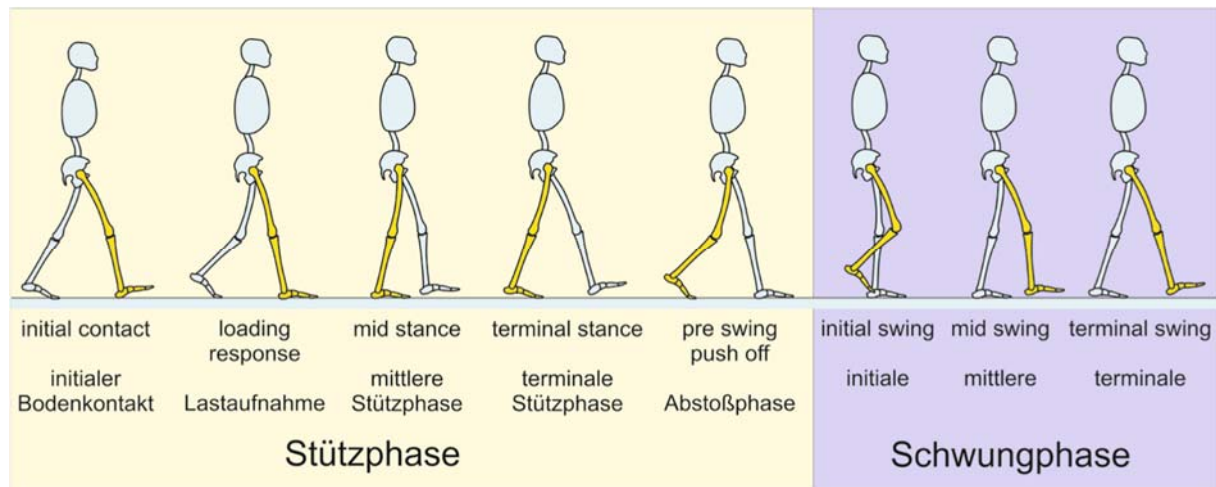
..... Beispiel:

1.2 Hierarchien im ZNS



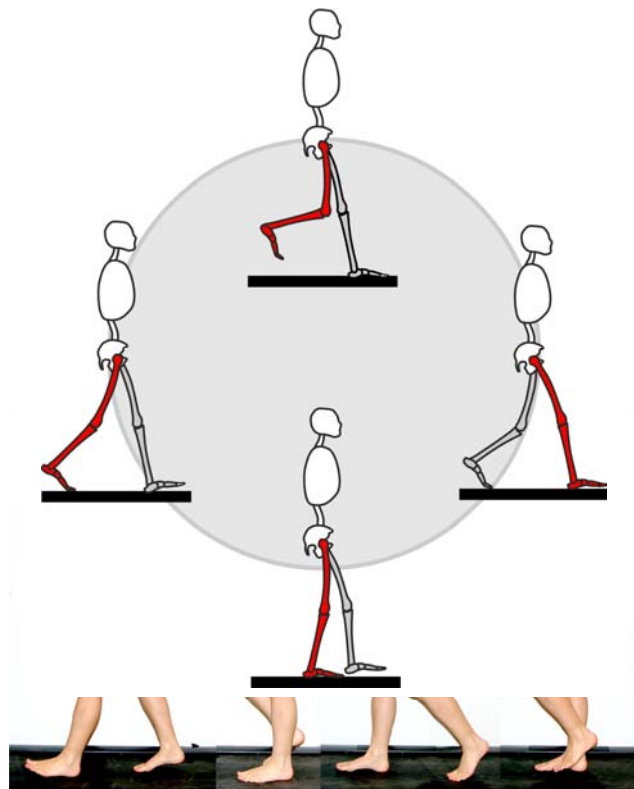


1.2 Gangphasen nach Perry (2003)



1.3 Vereinfachtes 4 Phasen-Modell

1. Fuß aufsetzen (initial contact)
2. Fuß belasten (loading response, mid stance)
3. Fuß abstoßen (terminal stance, push off)
4. Fuß vorpendeln (pre swing, mid swing, terminal swing)





Seminar: Ganganalyse 2

Übung (Einzel)

Selbstwahrnehmung Gehen

In welcher Phase ist Ihre Unsicherheit / Instabilität am größten?

.....

1.4 Die wichtigsten Gebote der Ganganalyse



1. Gebot:
Nicht jede Abweichung von der Norm ist eine Pathologie
2. Gebot:
Nicht jedes Beschwerdebild zeigt eine Abweichung von der Norm
3. Gebot:
Beeinflusse nie ein Gangbild ohne Not.



1.5 Phase 1: Fuß aufsetzen (initial contact)

Aufgabe des Fußes:

.....

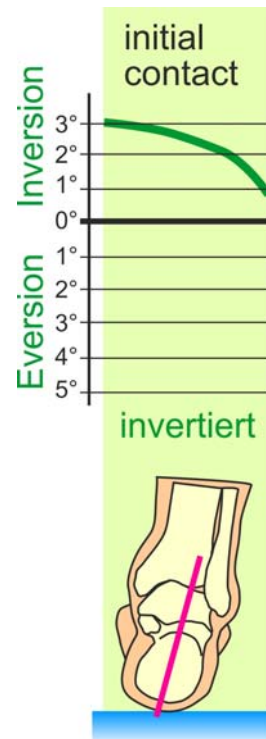


Rückfuß steht in

(= nach gekippt um ca. 1° - 4°)

Vorfuß steht in

(= nach gedreht um ca. 5° - 15°)



Inversion:

Eversion:

Gefahren in dieser Schrittphase:

.....

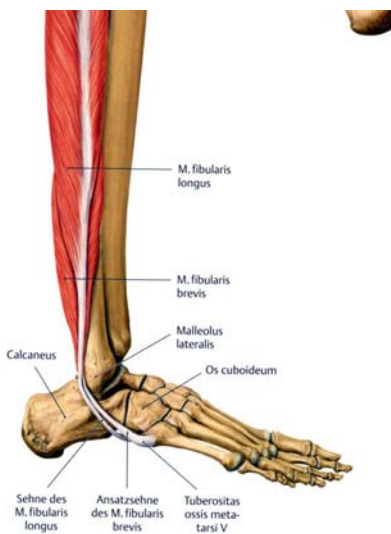
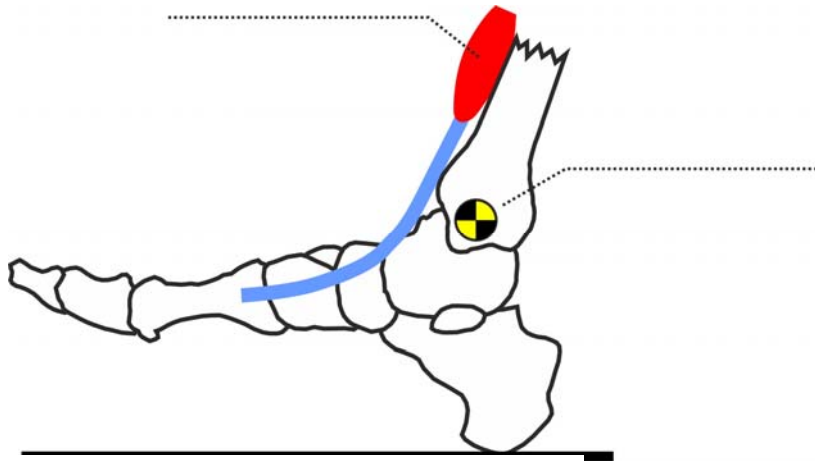


© Brigitte Lerche-Eberbach 2013



Biomechanische Vorgänge:

„Heel Rocker“ (Fersen-Hebel)



.....

me Verlag



1.6 Phase 2: Fuß belasten (loading response)

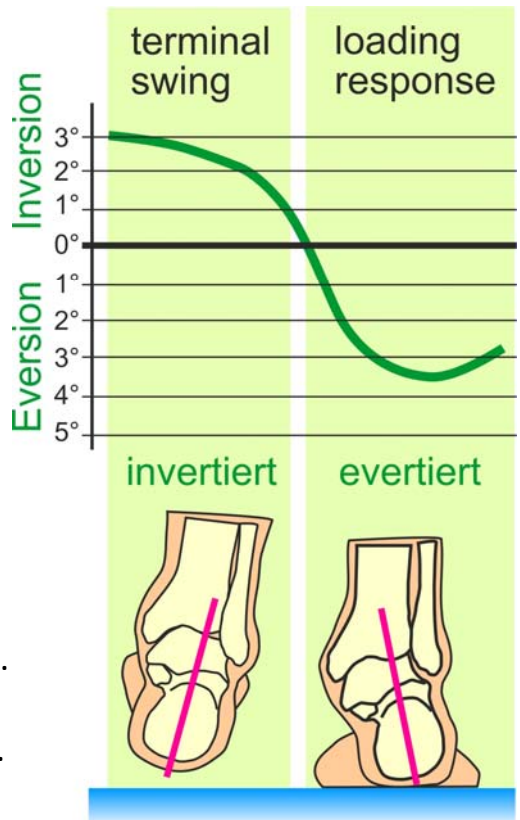
Aufgabe des Fußes:

.....



Rückfuß steht in

(= nach gekippt um ca. 2° - 4°)



Biomechanische Vorgänge:

Kraft wird auf den Mittelfuß übertragen
 → Pronation

Pronation:

→ Abflachen des Längsgewölbes

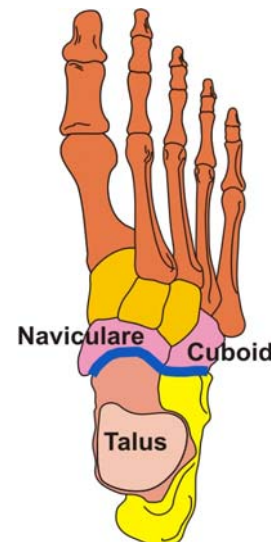
Sinn der Pronation:

wichtiger-Mechanismus

→ der beim Auftreten entstehende Impuls wird reduziert

Gefahren in dieser Schrittphase:

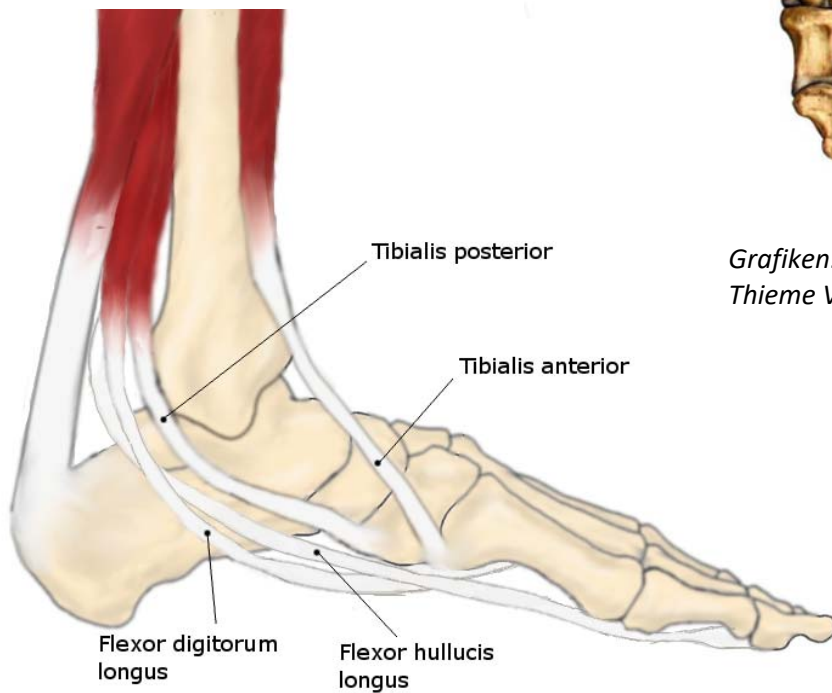
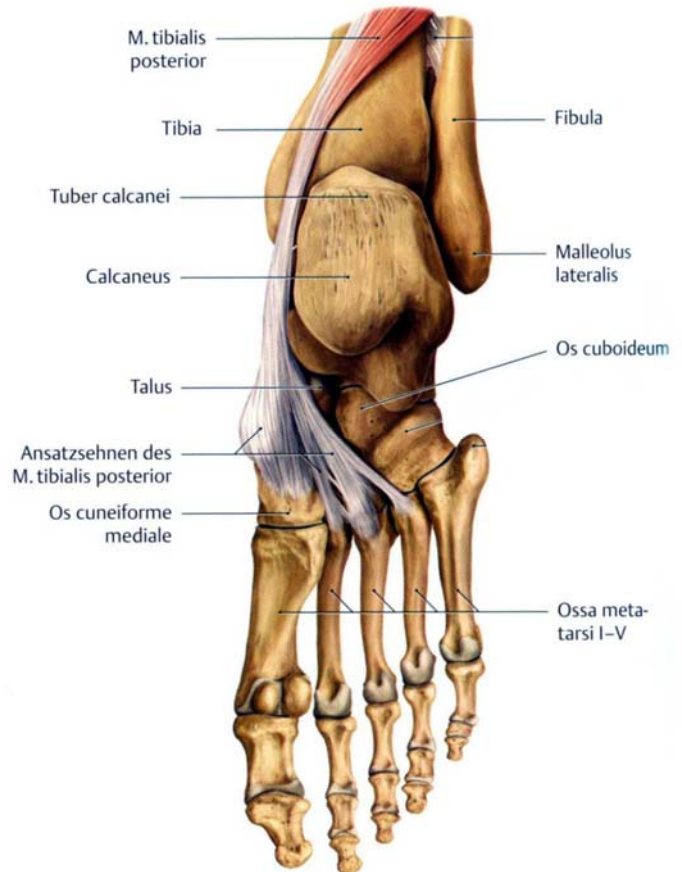
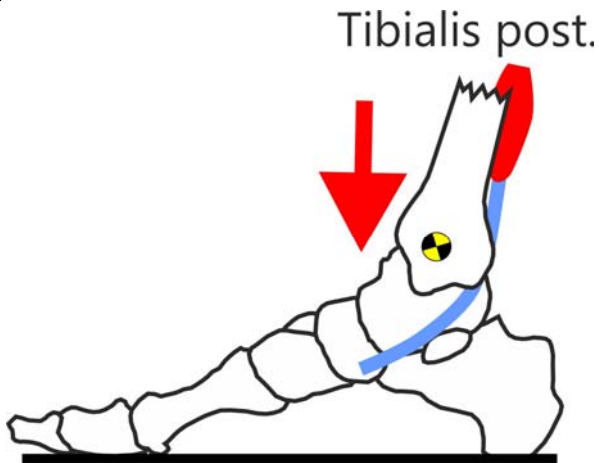
.....





Muskuläre Aktivität:

..... reduziert das Abflachen des Längsgewölbes und damit das Absinken des Os naviculare (Kahnbein)



Grafiken: © Prometheus, 2011, Thieme Verlag

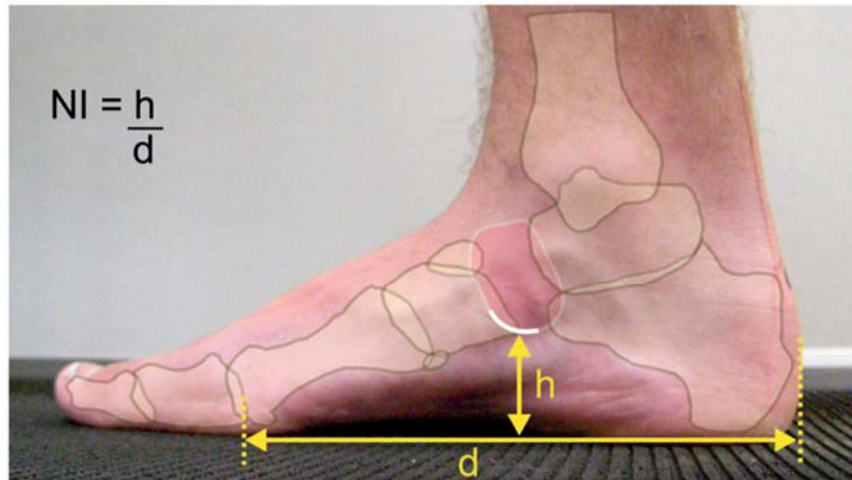


Pronation messen:

1. Gewölbehöhe in der Statik bestimmen

Navicular Index

(„normalized navicular height truncated“, Murley et al., 2009)



Referenzwerte:

0,22 – 0,32:
normales Gewölbe

< 0,17:
Senkfuß

2. Gewölbe-Absenken in Dynamik bestimmen

Navicular drop: Absenken des Os naviculare in der Standphase

Referenzwert: ca. 1 cm

Übung (Paarweise)

Markieren Sie das Os naviculare eines Fußes Ihres Partners. Bestimmen Sie den Navicular-Index.

Höhe Naviculare h: cm

Gekürzte Fußlänge d: cm

Meine Werte: Navicular-Index NI = h/d:

Bewertung:



Praxis

Bestimmung des *Navicular drop* mit Videoanalyse.



Übung (Einzel)

Wann ist der Navicular drop am größten?

Welcher Muskel hält dagegen?
 *bitte einzeichnen*



Wie kann mit einer orthopädischen Einlage entgegen gewirkt werden?

Wie kann mit einem Laufschuh entgegen gewirkt werden?



1.7 Phase 3: Fuß abstoßen (push off)

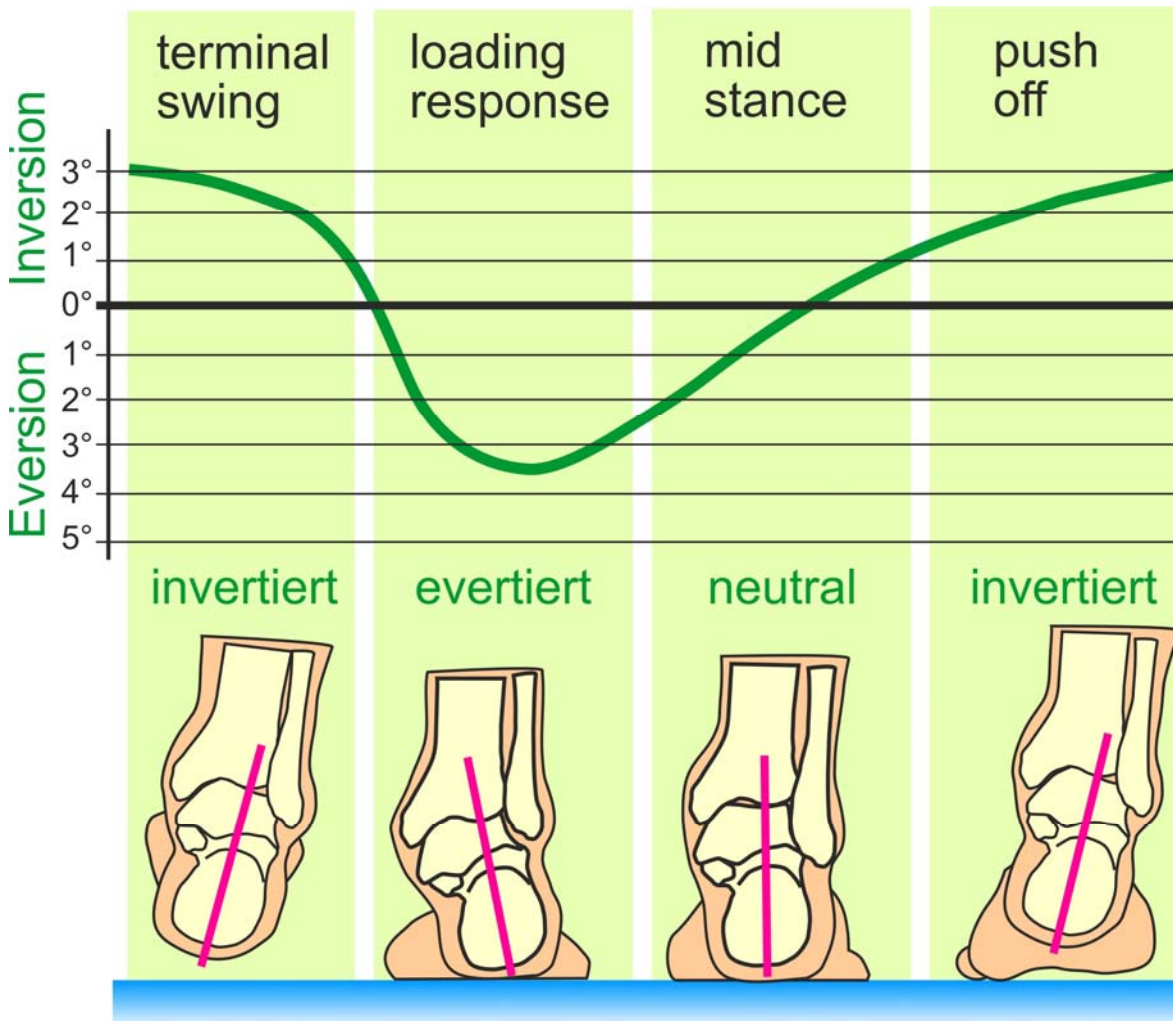
Aufgabe des Fußes:

.....



Rückfuß steht in

(= nach gekippt um ca. 2° - 3°)

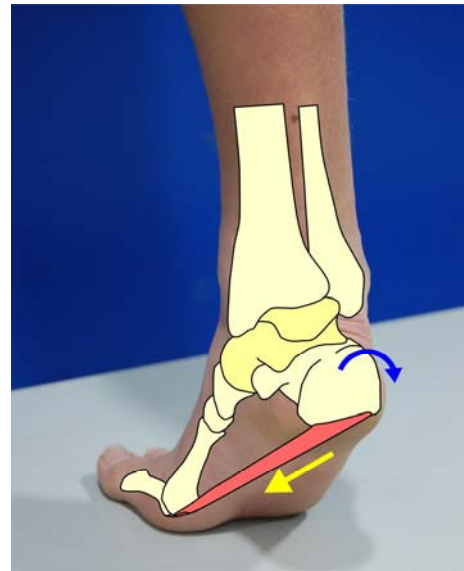




Biomechanische Vorgänge:

Spannung der Plantarfaszie bringt Fersenbein in
 und verriegelt die Mittelfußgelenke („.....“-Effekt,
 Winden-Effekt)

➔ Kraftübertragung von den
 Zehengrundgelenken in den Körper
 möglich, ohne dass ein Gelenk ausweicht



Beweglichkeit in den Zehengrundgelenken:

In der Abstoßphase ist eine in den
 Zehengrundgelenken erforderlich. Ist diese eingeschränkt*, kann der Fuß nicht
 weit hinter dem Körper gehalten werden. Als Folge davon sinkt die

Referenzwerte:

Zehengrundgelenk Große Zehe:
 Beugung (Flexion): 70°
Streckung (Extension): 45° **

Zehengrundgelenk 2. bis 5. Zehe:
 Beugung (Flexion): 80°
Streckung (Extension): 40°



*Beim Gehen werden ca. 20 – 30° Streckung gebraucht.

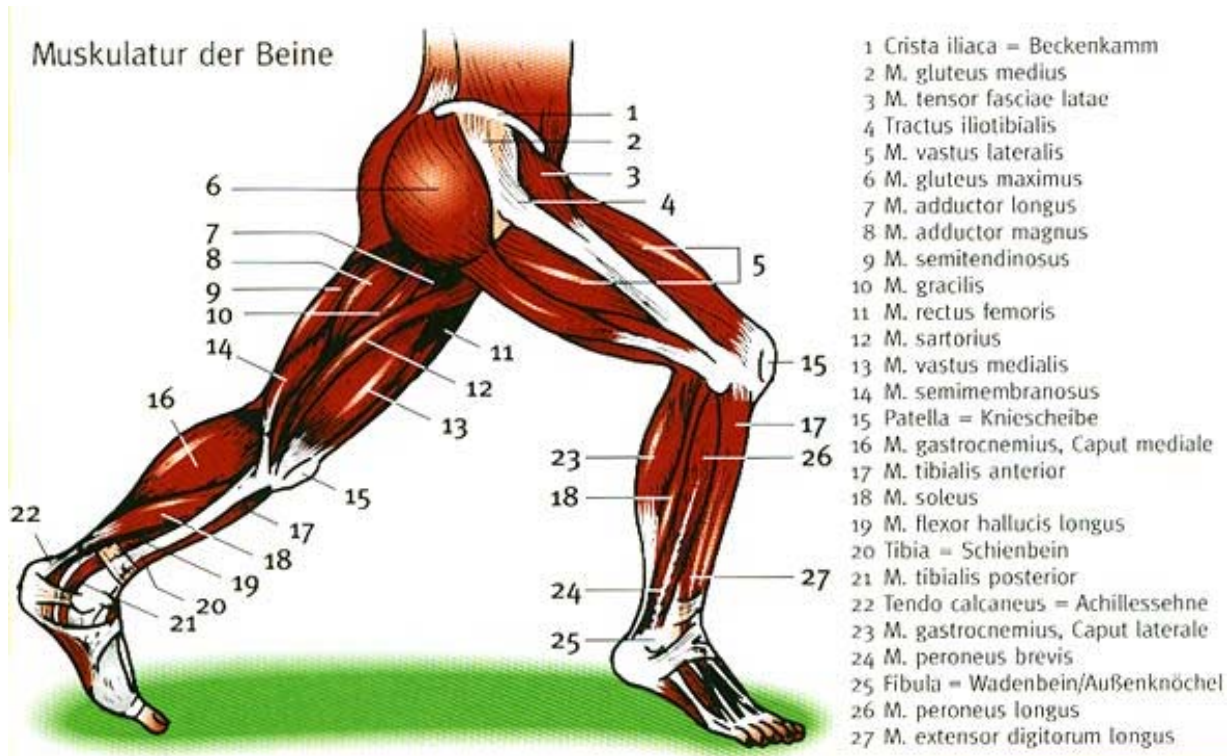
** Meinecke & Gräfe, 2002



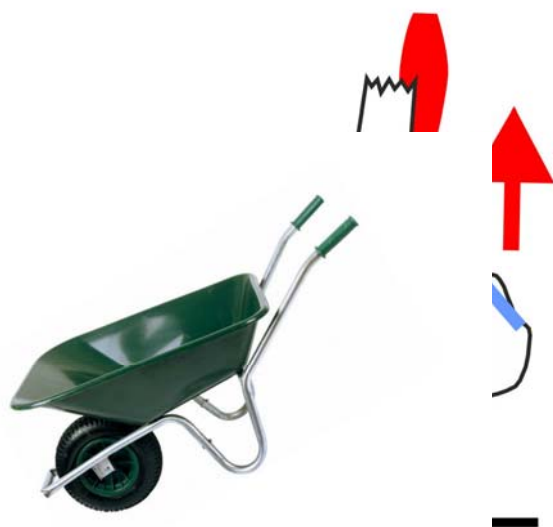
Beteiligte Muskeln:

Wadenmuskulatur =

1.
2.



Grafik: © Wessinghage (2001): Laufen: Lauftechnik, blv coach



**Forefoot Rocker
 (Vorfuß-Hebel)**

Gefahren in dieser Schrittphase:



.....

.....

.....

 Übung (Einzeln)

Eigenwahrnehmung. Gehen Sie im Raum und beugen bzw. strecken Sie die Zehengrundgelenke nicht!

Wie ändert sich Ihre Schrittlänge?

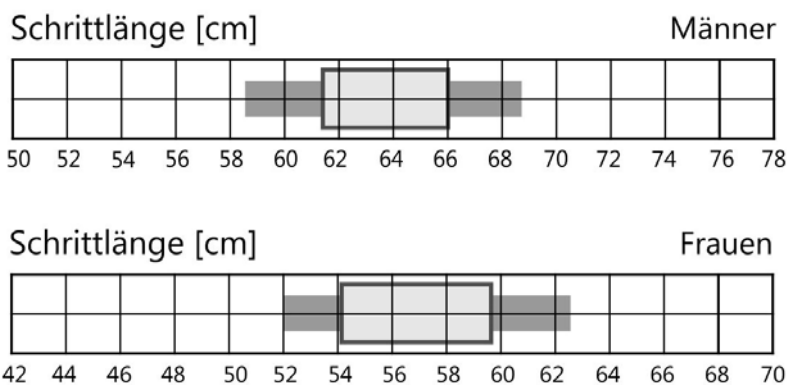
Welche Erkrankungen führen dazu, dass eine Unbeweglichkeit in den Zehengrundgelenken entsteht?

.....

Wie würden Sie orthopädeschuhtechnisch in einem solchen Fall versorgen?

.....

Normwerte der Schrittlänge zum Vergleich:



Referenzwerte nach Öberg et al., 1993



1.8 Phase 4: Fuß vorpendeln (swing phase)

Aufgabe des Beines:

.....

Clearance:

Abstand zwischen Fuß und Boden
 Referenzwert: ca. 13 mm (Winter, 2009)

Gefahr bei zu kleiner Clearance:

.....

Ursachen für geringe Clearance:

- Nervus peroneus-Parese (Fußheberschwäche)
- Schwäche M. biceps femoris (Kniebeuger)
- Absinken der Hüfte auf der Schwungbeinseite



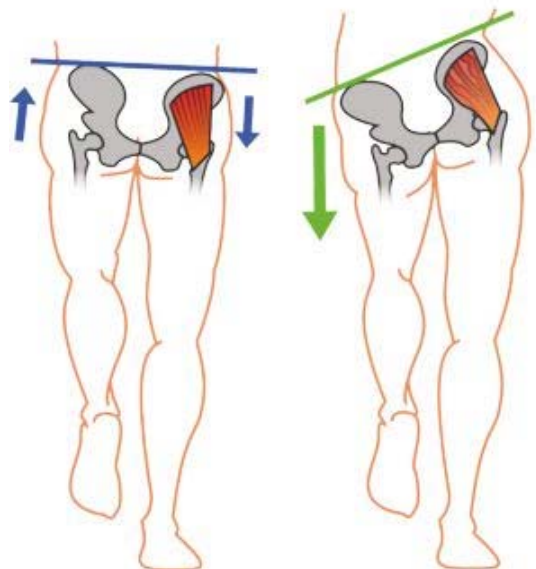
Kompensationsmechanismus bei N. Peroneus-Parese (bzw. Tibialis anterior-Schwäche)

.....

Biomechanische Vorgänge:

Abduktoren auf der-
 Seite stabilisieren die Hüfte.

Normales Absinken des Beckens zur
 Spielbeinseite hin:
 0 – 6° (Kaufman & Sutherland, 2006)

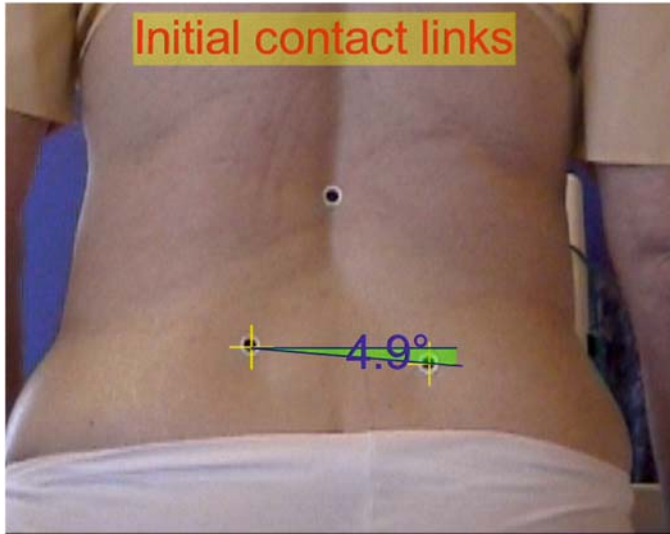


Grafik: © wikiskripta.eu



Referenzpunkte zur Messung:

Hintere obere Darmbeinstachel (SIPS)



Gefahren in dieser Schrittphase:

.....

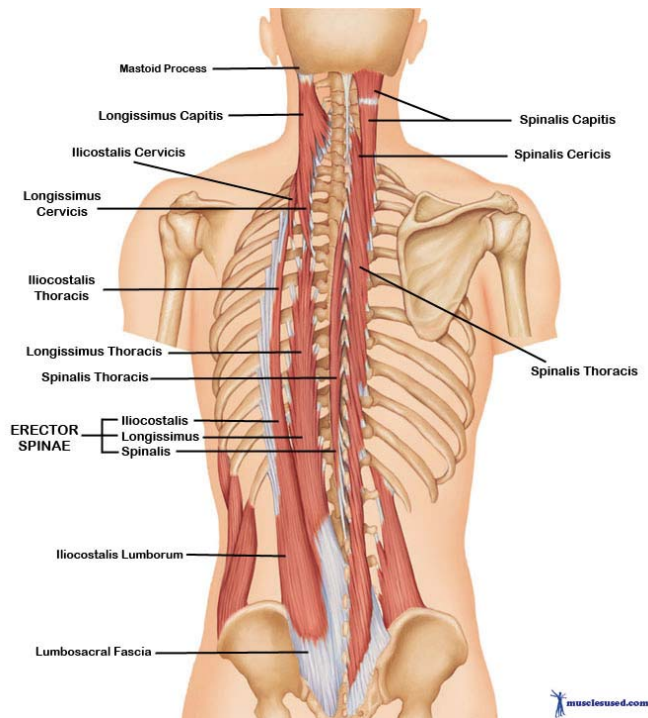
.....

Übung (Einzel)

Tasten Sie im Gehen die Beinabduktoren und den lumbalen Anteil des M. erector spinae. Beobachten Sie ihre zyklische Aktivität. Welche der Muskeln sind in der linken Standbeinphase aktiv?

.....

.....



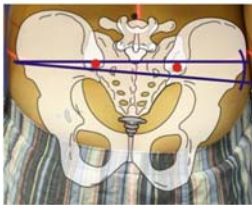
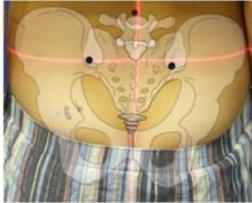
Grafik: © musclesused.com



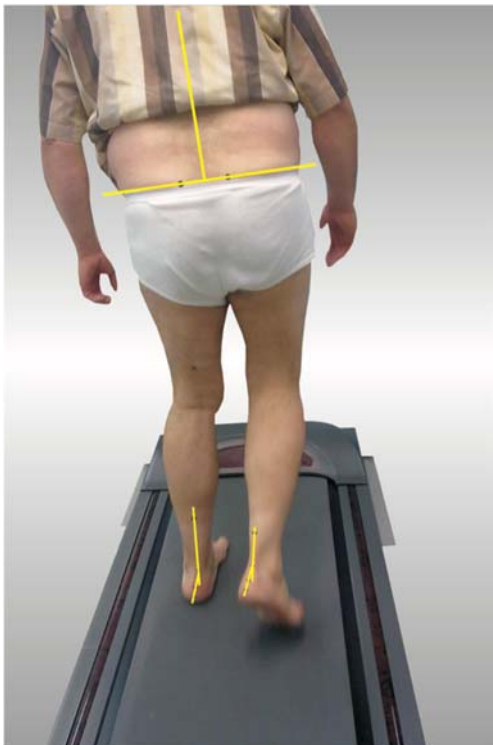
Test auf Schwäche der Beinabduktoren



Einbeinstand, Becken muss gerade gehalten werden




Duchenne-Zeichen: Oberkörper wird über das Standbein gebracht



→ Biomechanischer Grund: Schwerpunkt des Rumpfes liegt

.....



 Übung (Paarweise)

Führen Sie den Trendelenburg-Test bei Ihrem Partner durch.

 Übung WIEDERHOLUNG ZUHAUSE 

Ordnen Sie die kinematischen Funktionen den einzelnen Gangphasen zu.
 Danach ordnen Sie bitte die aktiven Muskeln den einzelnen Gangphasen zu.

Fuß vorpendeln	Positionieren & Stabilisieren	Tibialis posterior
Fuß belasten	Bodenabstand halten	Peroneus longus + brevis Tibialis post. + ant.
Fuß aufsetzen	Stabilisieren & Kraft übertragen	Peroneus longus Gastrocnemius Soleus
Fuß abstoßen	Dämpfen	Tibialis anterior



Übung WIEDERHOLUNG ZUHAUSE

Beschriften Sie die Fußmuskeln und die 4 Bewegungspfeile.

Welche Bewegung führen die Muskeln durch, die in den Quadranten

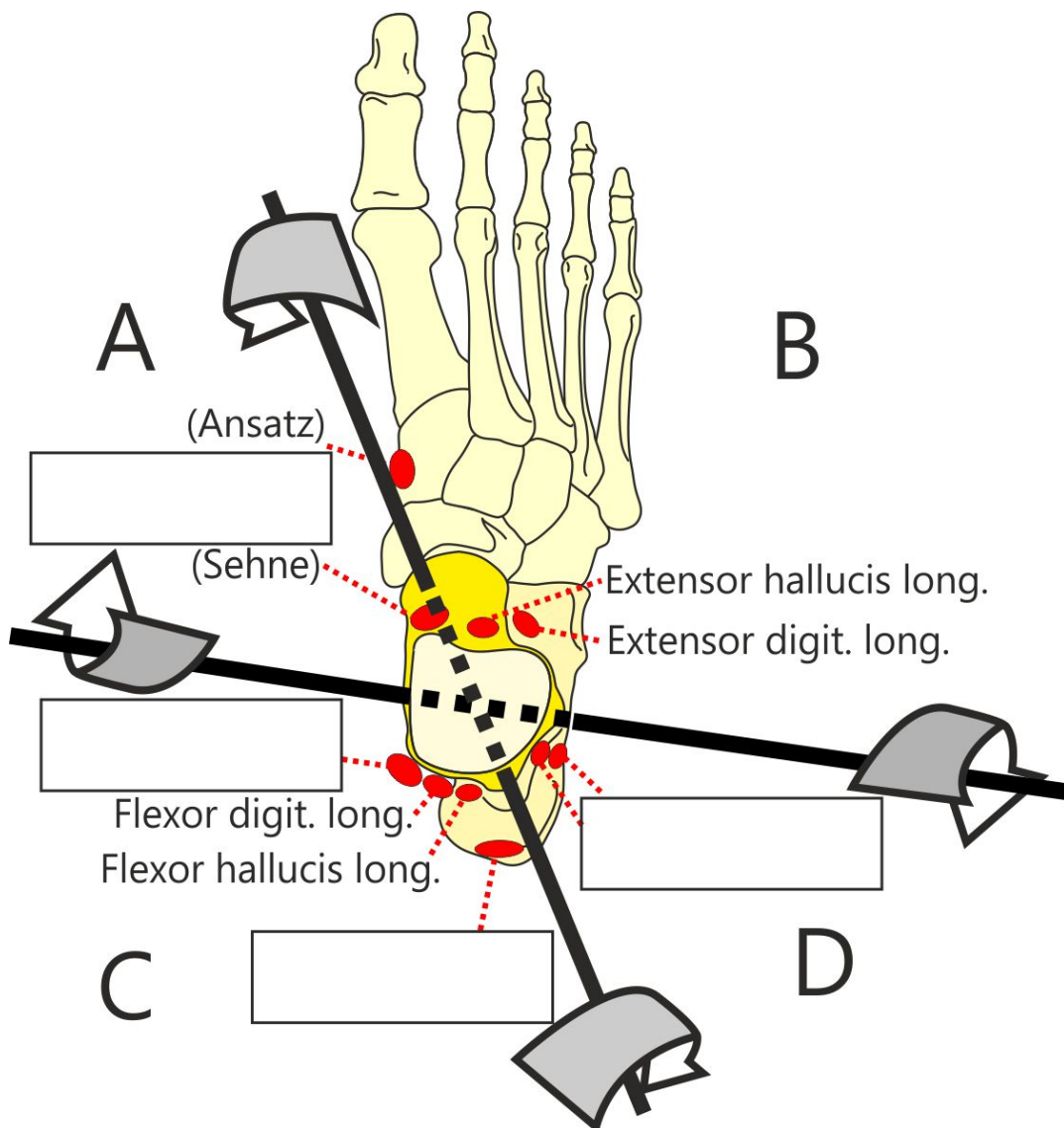
A + B:

C + D:

A + C:

B + D:

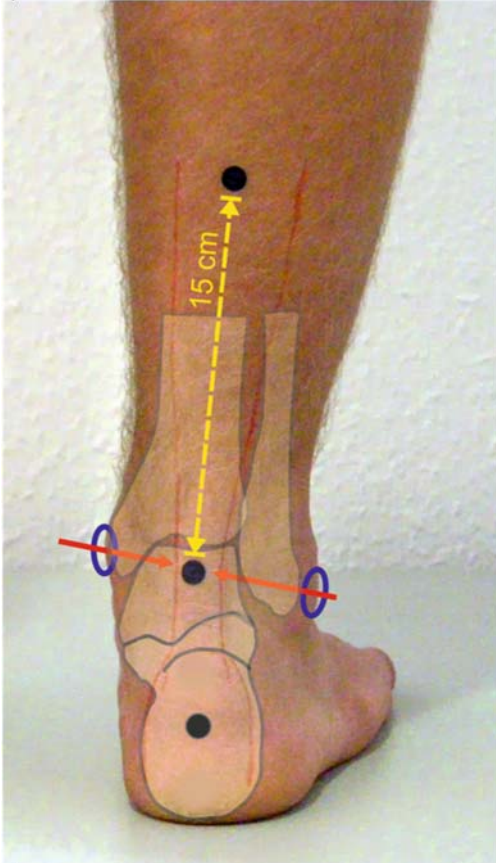
liegen?





Kapitel 2: Markeranbringung

2.1 Marker am Fuß



3

.....

2

.....

1

.....



2.2 Marker am Kniegelenk



1

3

2

Beachten:

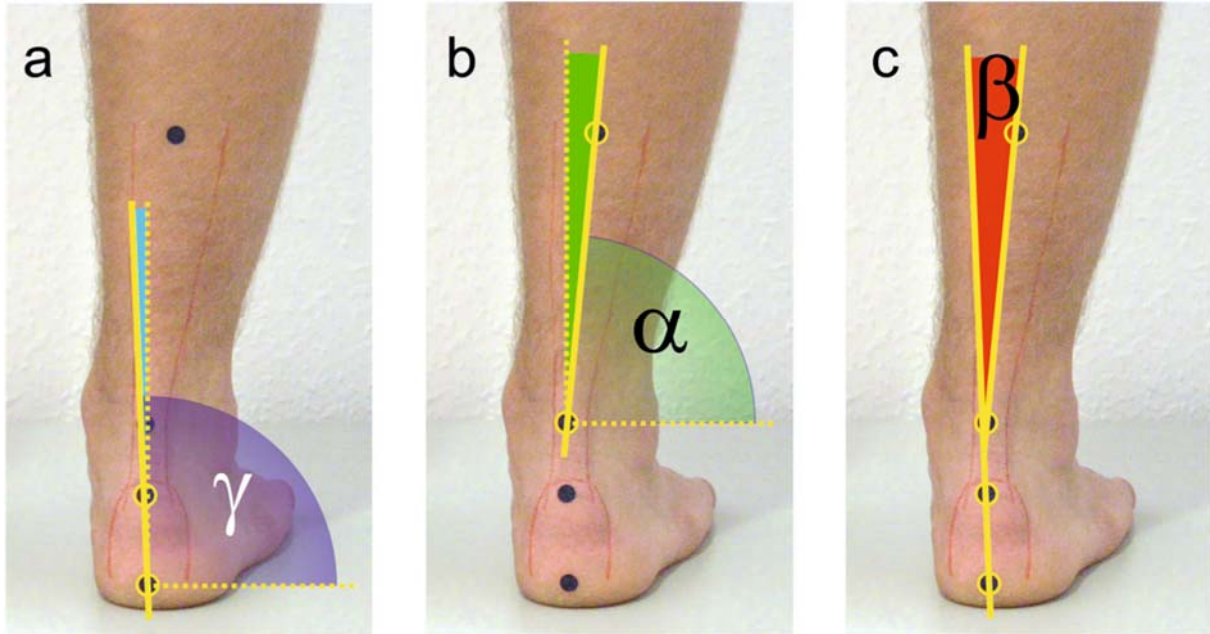
- Marker sitzen auf der Haut, nicht auf den Knochen
→ daher Verschiebungen.
- Gelenkdrehpunkte sind nicht immer klar definiert und auf der Haut abzugreifen.

Beispiel Kniegelenk = Kombination aus und
 – Bewegung („virtuelle Bewegungsachse“).



Kapitel 3: Praktisches Messen

3.1 Winkel am Fuß



- a.: Gamma-Winkel = Fersenbeinwinkel = Rückfußwinkel
- b.: Alpha-Winkel = Unterschenkelwinkel
- c.: Beta-Winkel = Achillessehnenwinkel

Referenzwerte Achillessehnenwinkel Beta:

8° - 12° Valgus mit Maximum in der Belastungsphase
(loading response, mid stance) (Walther, 2005)

Knickfuß: Valgus > 15°

Hohlfuß: Valgus < 5°, bzw. Varus

Valgus = X-Stellung = Kippen nach innen = Eversion

Varus = O-Stellung = Kippen nach außen = Inversion



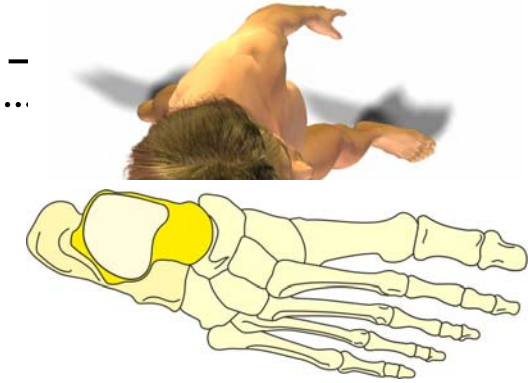
3.2 Gehwinkel

Gehwinkel = Winkel der anatomischen Fußachse zur Gehrichtung.

↳ Fersenmitte zu

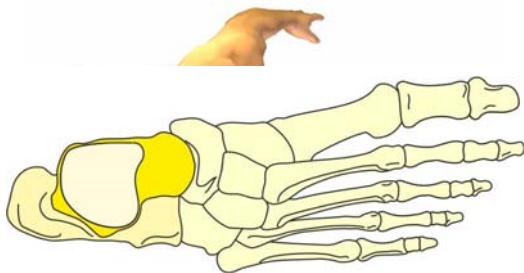
Norm: 5° - 15° (Ø 10°, Staheli et al., 1985)

normal rotiert



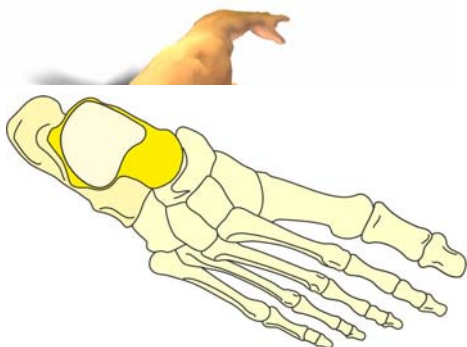
Abrolllinie (funktionelle Fußachse)
 anatomische Fußachse

verstärkt innenrotiert



Problem:

verstärkt außenrotiert



Problem:



Two-toe-sign: von hinten betrachtet sind bei
Fußrotation etwa zwei Zehen außen sichtbar.

Wodurch sind Innen- oder Außenrotationsfehler begründet?

1. Bein wird im Hüftgelenk nach innen / außen gedreht
→ dann stehen Knie auch nach innen / außen
2. Unterschenkel ist alleine nach innen / außen gedreht
→ dann stehen Knie korrekt geradeaus



Praxis

Bestimmung des/der

Rückfußwinkels (Gamma) in der Aufsetzphase (*initial contact*)

Achillessehnenwinkels (Beta) in der Belastungsphase (*loading response*)

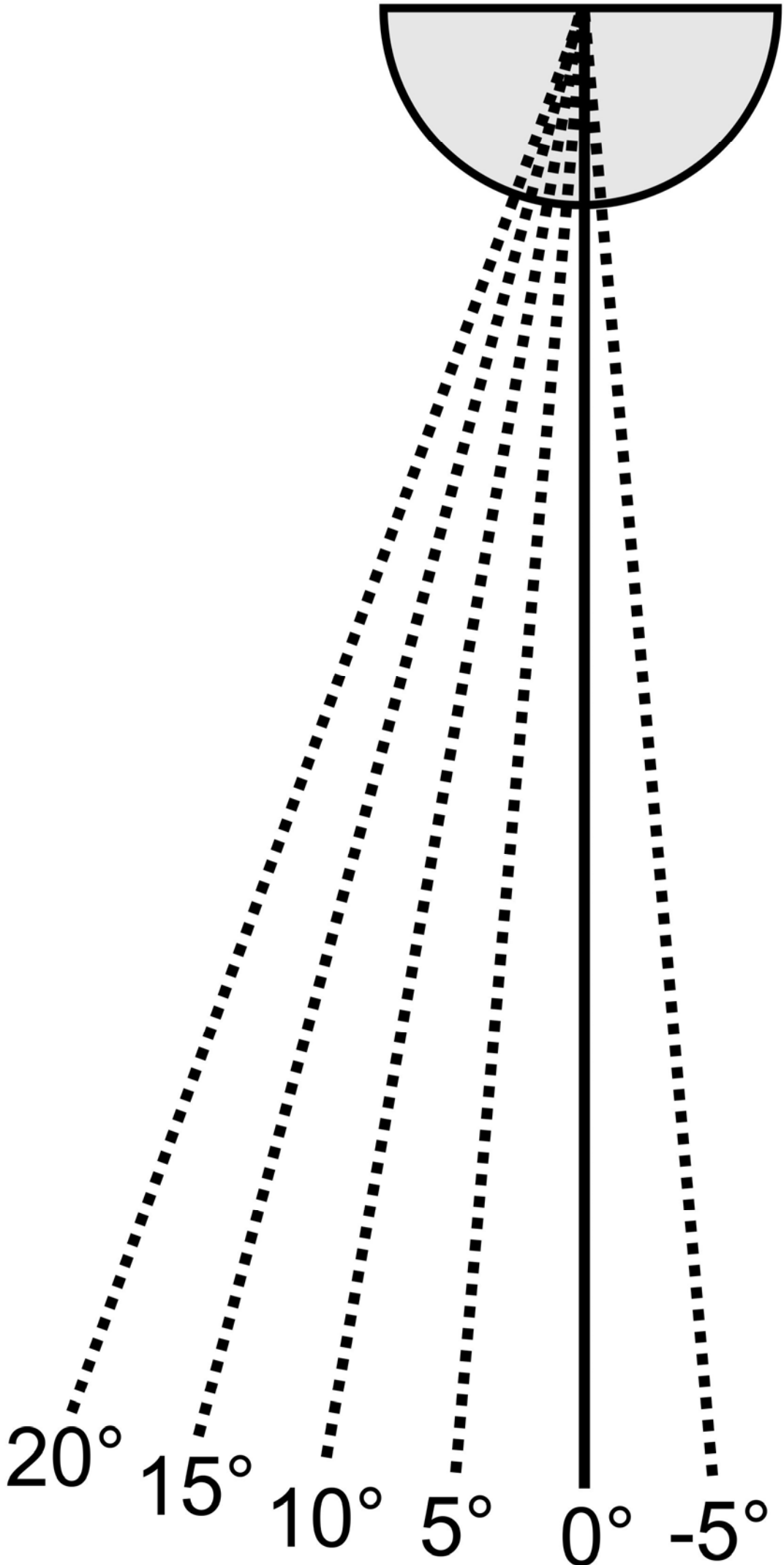
Navicular drop in der Belastungsphase

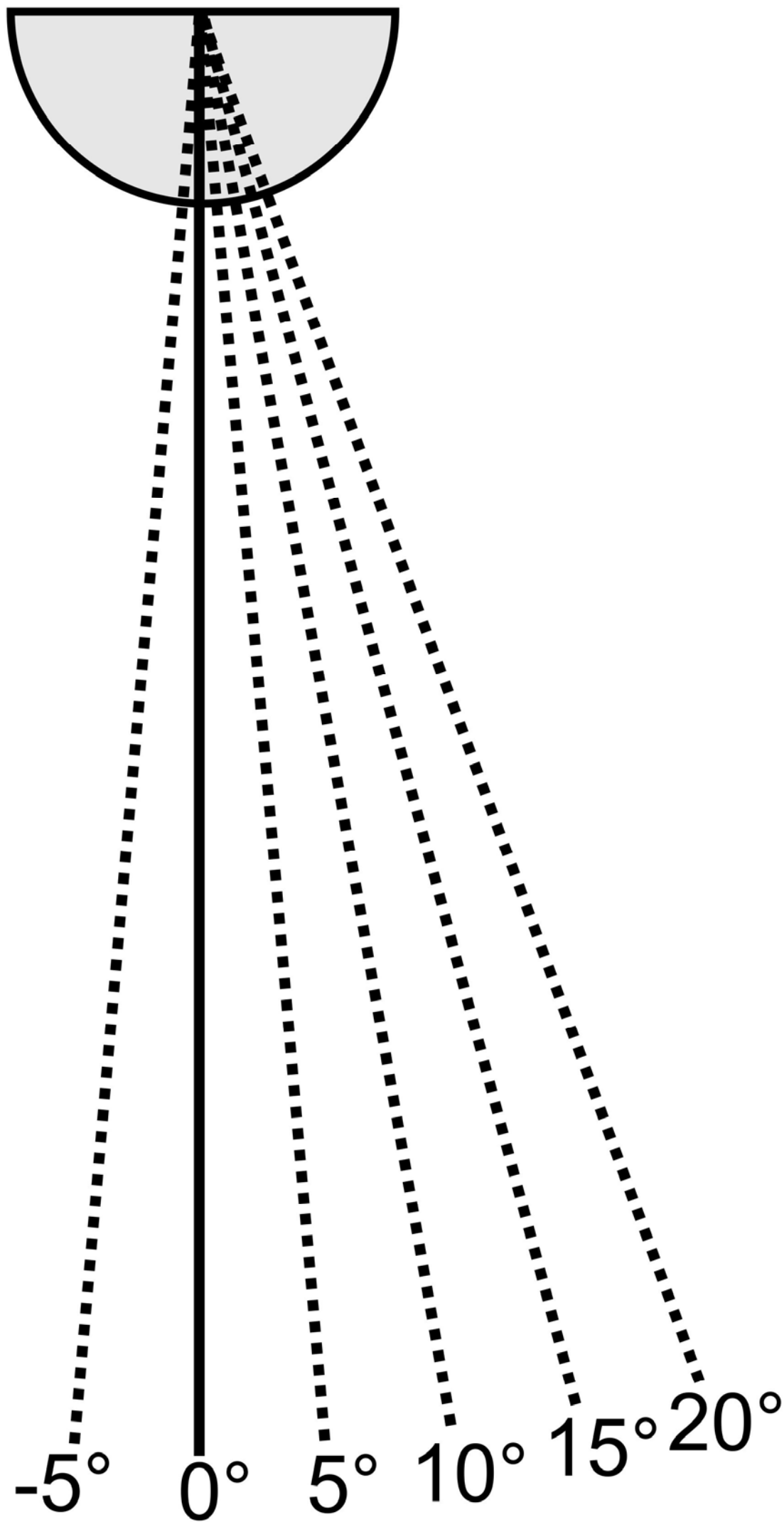
Gehwinkels in der Belastungsphase

Dorsalextension der Großzehe in der Abstoßphase (*push off*)

Beckenwinkels in der Schwungphase

- 25
- 24
- 23
- 22
- 21
- 20
- 19
- 18
- 17
- 16
- 15
- 14
- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1





- 25
- 24
- 23
- 22
- 21
- 20
- 19
- 18
- 17
- 16
- 15
- 14
- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1