

1. Der Gangzyklus wurde von Jaquelin Perry in 8 Gangphasen unterteilt und von Kirsten GötzNeumann in das Deutsche übersetzt. Benennen Sie die 8 Phasen des Gangzyklus.

Standphasen:

1. Anfangskontakt
2. Belastungsübernahme
3. Mittlere Standphase (früh, mittel, spät)
4. Standphasenende
5. Schwungphasenvorbereitung

Schwungphasen:

6. Schwungphasenbeginn
7. mittlere Schwungphase
8. Schwungphasenende

2. Es gibt 2 doppelt unterstützte Gangphasen, d.h. beide Füße haben Bodenkontakt. Welche Phasen des Gangzyklus nach Perry sind das?

Anfangskontakt / Belastungsübernahme

Schwungphasenvorbereitung (-> also insgesamt ist ca. 1/4 des Ganges doppelt unterstützt)

In welcher Phase ist das kontralaterale Bein?

Das kontralaterale Bein befindet sich in Anfangskontakt / Belastungsübernahme

Was passiert bei einer Verlangsamung der Gehgeschwindigkeit?

Doppelt unterstützte Standphasen sind stabiler. Patienten mit Gangunsicherheiten dehnen diese Phasen aus. Das gleiche Phänomen kann man beim langsamen Gehen beobachten. Bei Schwäche oder Unsicherheit eines Beines verlängert sich die Standphase auf dem besseren Bein. Dies kann man zum Beispiel bei Patienten mit Hüft- oder Kniearthrose beobachten.

3. Stellen Sie das Stufen-Schema der Präventionsforschung am Beispiel der Sprunggelenkverletzungen dar und erläutern Sie es stichpunktartig.

Sequence of injury prevention → Verletzungen finden nicht zufällig statt, sie basieren auf Ursache-Wirkungs-Mechanismen

1. Ermittlung des Ausmaßes des Problems (Schwere und Häufigkeit der Verletzung)
2. Ermittlung von Ätiologie bzw. Mechanismen von diesen Verletzungen
komplexe Interaktion zw. Externen (Basketball, Fußball, Volleyball etc.) & internen (alter, Flexibilität, Vorverletzungen)
Risikofaktoren, die zu dem auslösenden Ereignis führt und die Verletzung zur Folge hat
3. Einführung präventiver Maßnahmen
Stabilisierungshilfen (Bandagen, aircast etc.) reduzieren Sprunggelenksverletzungen effektiv, eine Überlastung der Gelenkstrukturen vermeiden, Verbesserung der Gelenkstabilisierung durch Präventives Training: "Sensomotorisches Training" "propriozeptiv" "Gleichgewichtstraining"
4. Beurteilung der Wirksamkeit der Maßnahmen durch Wiederholung von Schritt 1

4. Beschreiben Sie die biomechanischen Aspekte von Sprunggelenkverletzungen und stellen Sie die Möglichkeiten zu Ihrer Erforschung dar.

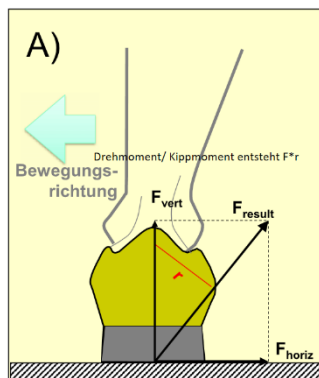
Biom. Aspekte:

- Kippmomente (Landung seitwärts auf ebenem Boden mit starker Horizontalkomponente der Bodenreaktionskraft, ohne externe Einflüsse)
- Hohe Umknickgeschwindigkeiten (600-700°/s) kritisch ab 300°
- Kippwinkel (40-45° kritisch)
- Sprunggelenkachse: STA (subtalare Achse)
 - Sagittalebene: Die Schrägheit der Achse in Bezug auf die Sagittalebene wird als Inklination bezeichnet (42°, S.D.=9°)

- Transversalebene: Die Schrägheit der Achse wird als Deviation bezeichnet (23° , S.D.= 11°)
→ individuell, zwischen verschiedenen Individuen variiert die Achsenlage erheblich!
- Kombinationsbewegungen: Kombi aus Plantar und Supination oder eingeleitet durch Inversion (Bewegung um untere Sprunggelenkachse)

Stark vereinfachte Darstellung der typischen Kippmomente die zu Verletzungen am Außenbandapparat des Sprunggelenks führen können:

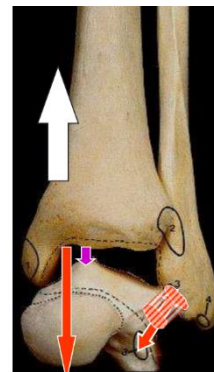
Landung seitwärts auf ebenem Boden mit starker Horizontalkomponente der Bodenreaktionskraft, ohne weitere externe Einflüsse.



Verletzungsmechanismus

Krafteintrag beim Landen mit anschließendem Umknicken.

- Die Resultierende wandert bei Umknickgeschwindigkeiten von etwa $1000^\circ/\text{s}$ in ca. 20ms über die mediale Kante der Talusrolle.
- Das resultierende Kippmoment hebt den Talus (meist reversibel) aus der Malleolengabel.
- Die lateralen Bänder kommen unter Zugspannung, die mediale Talusrolle unter Kompression.
- Dauer des gesamten Vorgangs: ca. **90 ms**



Erforschung: Verletzungssimulation (Umknickplattform), Leichen-Präparation, Inversionswinkel $<30^\circ$ (aus ethnischen Gründen); Simulationen sind nur Modelle der Realität, liefern aber wichtige Erkenntnisse zur Entwicklung und Prüfung prophylaktischer Maßnahmen

5. Aus welchen drei Einheiten besteht ein IMU und was können diese jeweils erfassen?

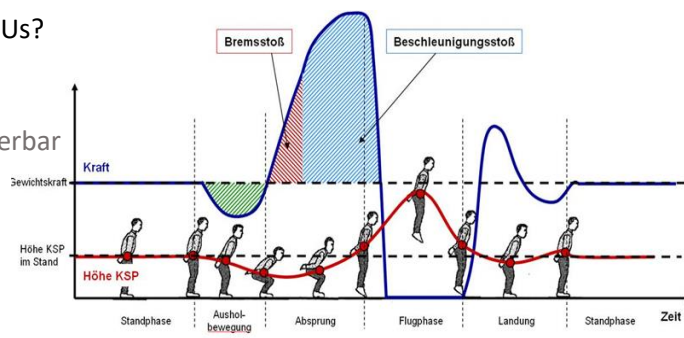
= Inertial Measurement Unit= räumliche Kombination mehrerer Inertialsensoren mit mindestens zwei Freiheitsgraden auf einer Einheit, bilden eine sensorische Messeinheit

- Beschleunigungssensor: misst Beschleunigung
- Gyroskop: Messung der Rotationsgeschwindigkeit um jeweilige Drehachse
- Magnetfeldsensoren: Erfassung der Ausrichtung des Sensors im Erdmagnetfeld

Beispiel: myoMOTION (Noraxon): Erfassung von Gelenkwinkeln, Rotationswinkel und Beschleunigungsdaten zu Rekonstruktion der Bewegung mit IMUs

6. Welche Limitationen kennen Sie bei der Verwendung von IMUs?

- Nur präzise bei kurzen Messungen
- Es werden keine Zeitangaben mitgeliefert
- Magnetfeld vom Magnetfeldsensor ungenau detektierbar
- Gyroskop driftet schnell ab → Drift
- Empfindlichkeit gegenüber Vibrationen und Stößen
- Temperaturabhängig



7. Welche Parameter können mit Hilfe von Druckmesssohlen bestimmt werden? Geben Sie 3 Beispiele für den CMJ.

= örtliche Darstellung der Druckverteilung unter dem Fuß; Hauptbelastungszonen am Fuß; misst Kraft und wandelt sie in Druckwert um

Zur Bestimmung von reaktiver Schnelligkeit, bzw. Sprungkraft werden entweder Druckmessplatten oder Druckmesssohlen verwendet. Anschließend werden standardisierte Sprünge (Drop Jump DJ, Counter Movement Jump CMJ, Squat Jump SJ) durchgeführt. Es ergeben sich für beide Beine unabhängige Kraft-Zeit-Kurven. Hinweise auf muskuläre Dysbalancen, was eine Prävention erleichtert. Bei der Untersuchung werden Kontaktzeit, Absprung, Sprunghöhe und Landung berücksichtigt.

8. Nach welchen Kriterien wird die Bremsphase definiert?

9. Nach welchen Kriterien wird die Phase der muskulären Voraktivierung definiert? Zeichnen Sie den Anfang und das Ende unten in die Graphik ein.



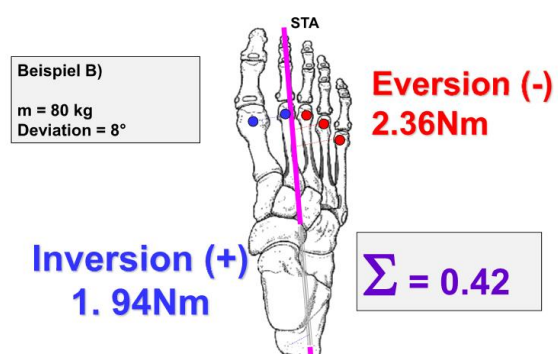
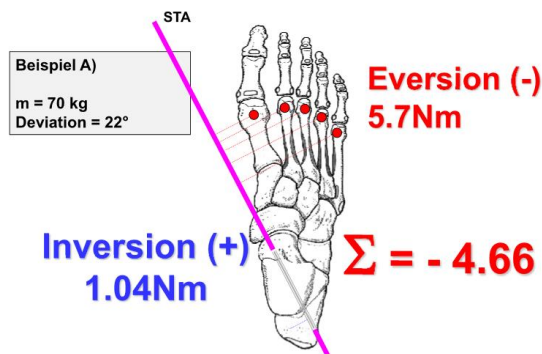
10. Modellbetrachtung am Sprunggelenk



Betrachten Sie die Graphiken. Abgebildet sind zwei identische Sprunggelenke mit zugehörigen Muskeln und deren Ansätze, aber verschiedene Deviationen der unteren Sprunggelenkachse.

a) Diskutieren Sie vergleichend die durch interne Kräfte entstehenden Gelenkmomente.

Gelenkmoment bewirkt je nach STA-Lage in der Transversalebene (Deviation) eine unterschiedlich starke Inversion(+) bzw. Eversion(-)



- b) Erläutern Sie die Bedeutung der Gelenkmomente aus internen Kräften vor dem Hintergrund möglicher Schädigungen der Strukturen im Sprunggelenk-Komplex.

Es scheint einen statistischen Zusammenhang zwischen der Lage der Sprunggelenkachse und Achillessehnenbeschwerden zu geben

Möglicherweise führt ein großer Deviationswinkel der STA zu einer größeren mechanischen Belastung der Achillessehne (Risikofaktor)

Es ist denkbar, dass es zu asymmetrischen Zugkräften im Querschnitt der Achillessehne kommt

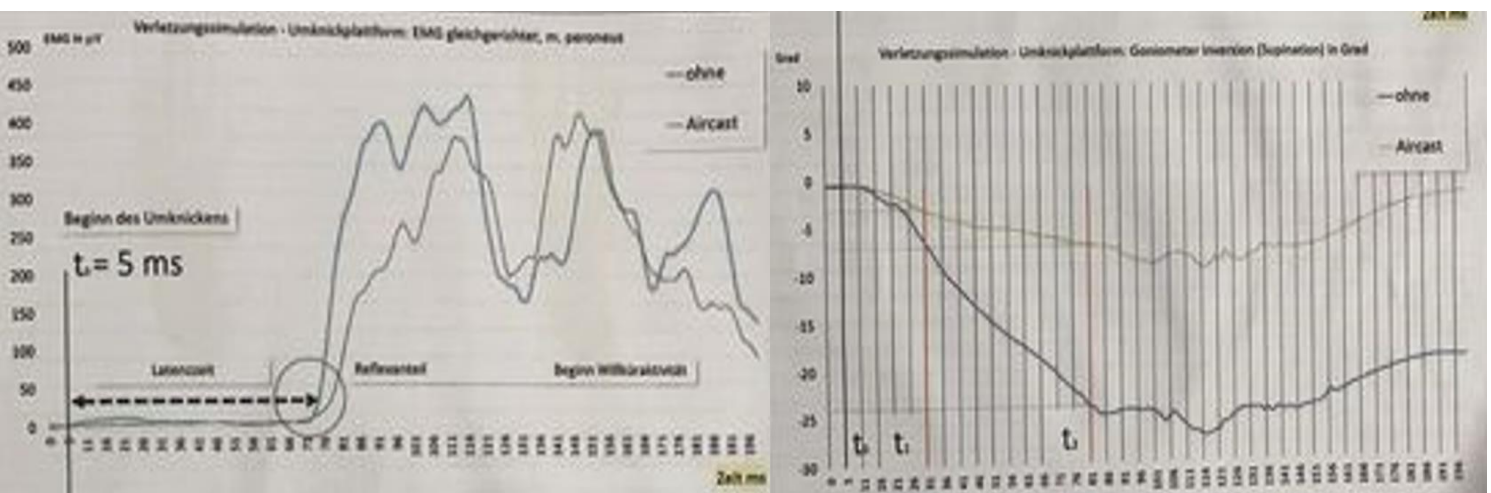
11. Welche Präventionskonzepte zur Reduktion von Sprunggelenkverletzungen gibt es?

Ziel: hohe Gelenkbeanspruchung vermeiden; Geschwindigkeiten des Umknickens reduzieren
Gelenk muss trotzdem gewisse Beweglichkeit/ Flexibilität besitzen

- Präventives Training, Sensomotorisches Training, Propriozeptives Training, Balance Training
- externer mechanischer Schutz: Stabilisierungshilfen: Tape, Bandagen, Orthesen, Schuhe...

12. Interpretieren Sie die folgende Abbildung vom Versuch der Verletzungssimulation auf einer Umknickplattform mit und ohne Orthese auch im Hinblick auf neuromuskuläre und mechanische Aspekte.

- Latenzzeit der Muskulatur wird nicht beeinflusst



- Reflexantwort der Muskeln ist annähernd gleich, jedoch liegt die maximale EMG-Amplitude in µV bei Verwendung der Aircast etwas niedriger; kann individuell um bis zu 15% reduziert sein → das wird auf die deutlich verringerte Umknickgeschwindigkeit zurückgeführt und ist funktionell nicht relevant
- Orthese führt zu keiner Beeinträchtigung/ Verbesserung der neuromuskulären Ansteuerung
- Im Hinblick auf das Ausmaß und die Geschwindigkeit, ob die Stabilisierungshilfe die Umknickbewegung beeinflusst, kann die gemessene Inversion des Goniometers herangezogen werden: Intervall mit quasi linearer Geschwindigkeit; $\Delta t_{\text{ay}} / \Delta t_{\text{ax}}$: Winkelgeschwindigkeit in °/s:

Klausurfragen

kann durch Aircast verringert werden → Im biomechanischen Experiment wird die mechanische und neurophysiologische Wirkung bestätigt: Ausmaß und Geschwindigkeit des Umknickens werden eindeutig reduziert