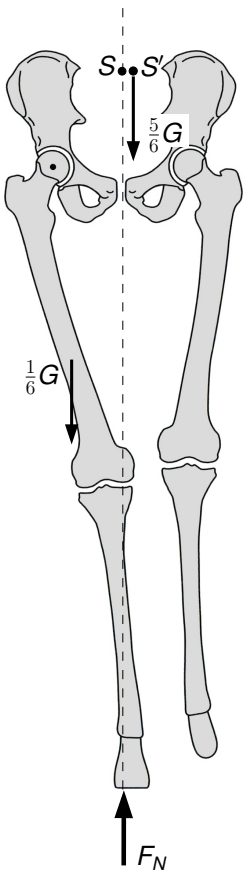
Lokale Lastübertragung im menschlichen Hüftgelenk

Beobachtungen und numerische Simulationen

60. Jahrestagung 2012, VSOU

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Einführung

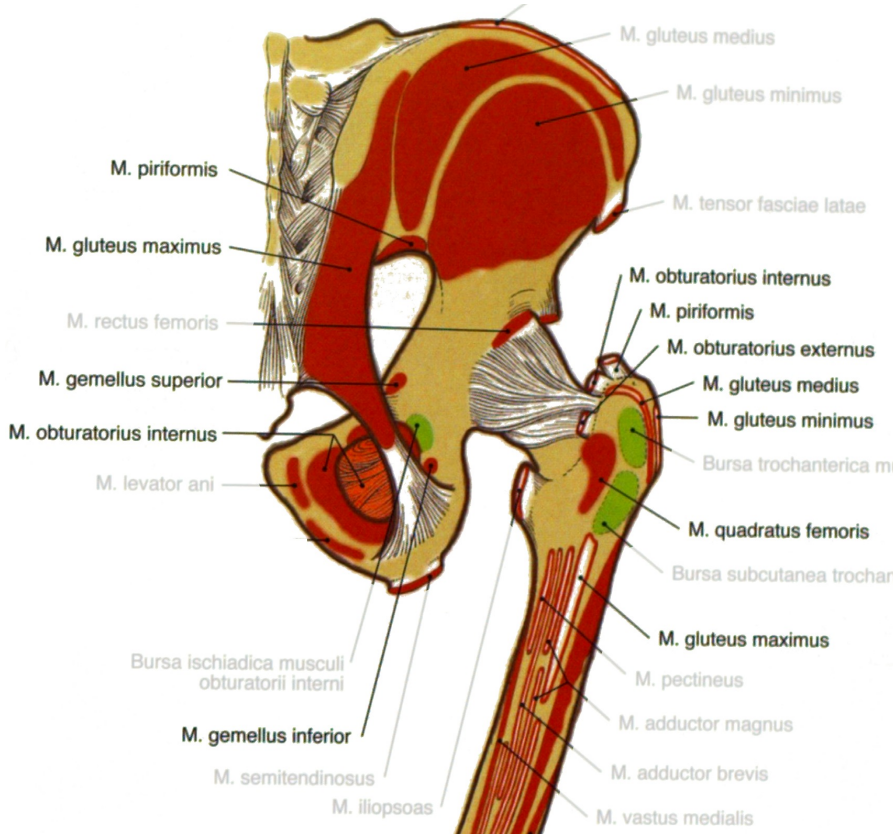
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Motivation: Osteoarthrose des Hüftgelenks
  - Training der lateral Rotatoren

  $\rightarrow$ entscheidende Verbesserung

  $\rightrightarrows$ Wiederherstellung der Gehfähigkeit
- Einfluss der lateralen Rotatoren auf Kraftübertragung im Hüftgelenk?
- Kontaktspannung?

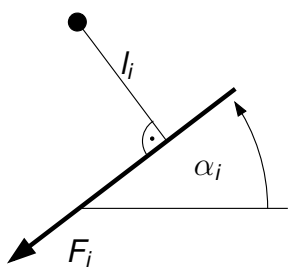
Ziel: Tieferes Verständnis der Biomechanik erarbeiten

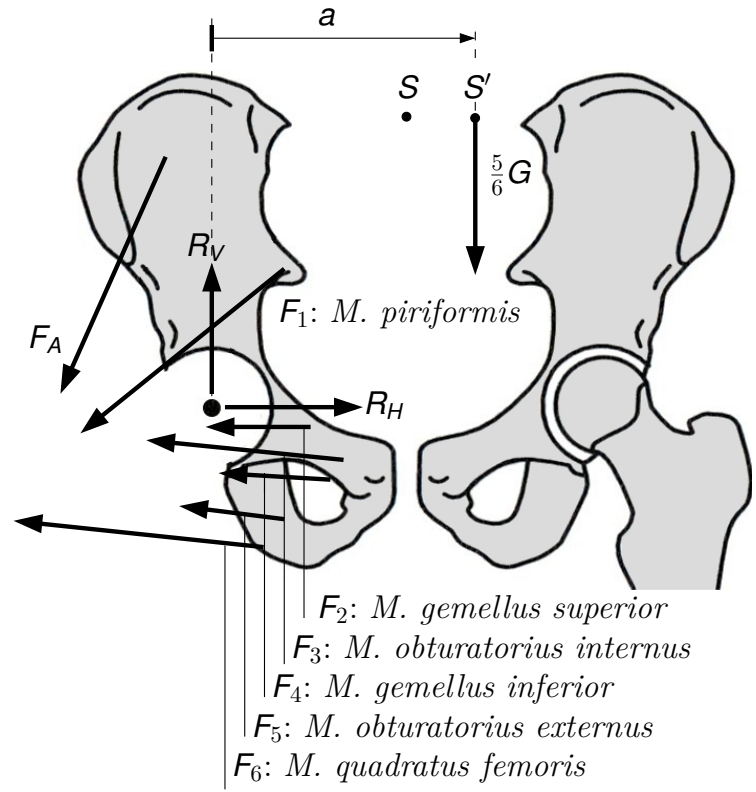


Mechanische Modellbildung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Lastfall Einbeinstand
- 2D-Modell in Frontalebene (vgl. Pauwels)
- Muskeln:
  - Abduktoren F_A
  - laterale Rotatoren $F_1 ... F_6$
- Anatomische Daten aus etablierten Studien
  - Muskelkräfte F_i
  - Wirkrichtungen α_i
  - Hebelarme l_i





Biomechanische Analyse

Analytische Berechnung

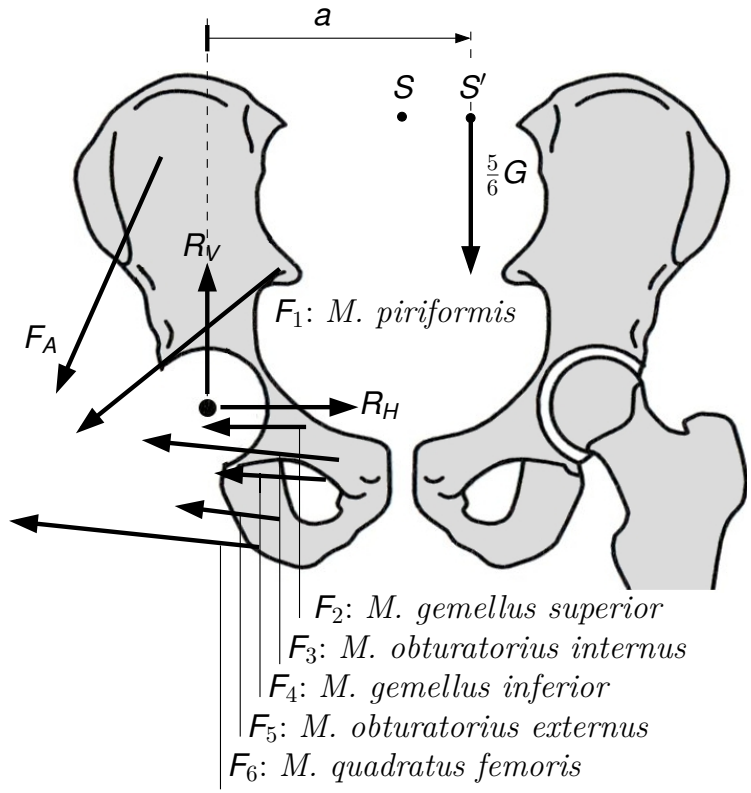
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- 3 unbekannte Größen:
  - Abduktorenkraft F_A
  - Hüftreaktionskraft $\vec{R} = \begin{pmatrix} R_H \\ R_V \end{pmatrix}$
- Statisches Gleichgewicht (Kräfte- und Momentengleichgewicht) ergibt Lösung:

$$F_A = \frac{5}{6}\frac{a}{l_A} G + \sum_{i=1}^{6} \frac{l_i}{l_A} \cdot F_i$$

$$R_H = \frac{5}{6}\frac{a}{l_A} \cos\alpha_A \cdot G + \sum_{i=1}^{6} \left(\frac{l_i}{l_A} \cos\alpha_A + \cos\alpha_i \right) F_i$$

$$R_V = \frac{5}{6}\left(1 + \frac{a}{l_A} \sin\alpha_A\right) G + \sum_{i=1}^{6} \left(\frac{l_i}{l_A} \sin\alpha_A + \sin\alpha_i \right) F_i$$

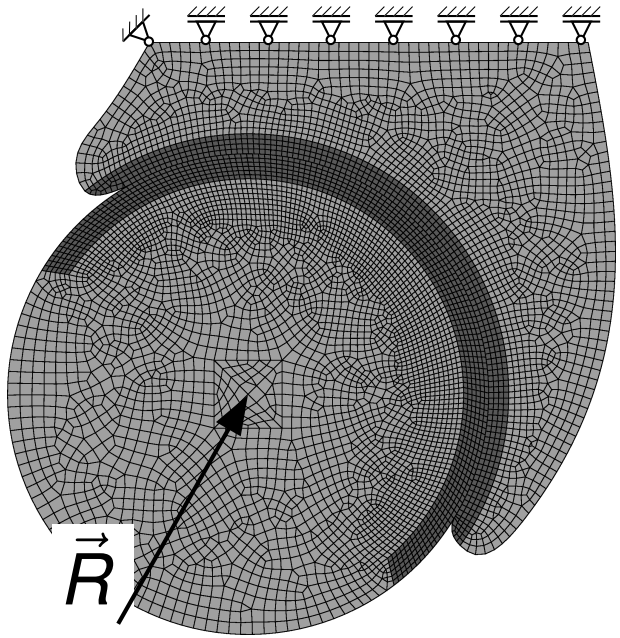


Biomechanische Analyse

Numerische Analyse

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

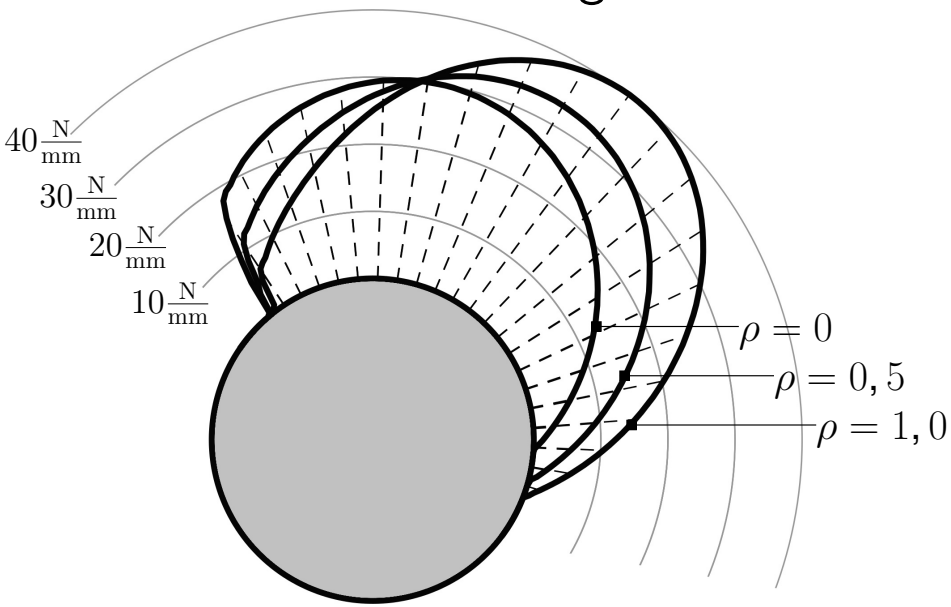
- Bestimmung der Kontaktdruckverteilung:
  - Finite-Elemente-Rechnung
  - 2D-Modell mit 14000 Freiheitsgraden
  - Analytische Ergebnisse als Eingangsgröße
  - Reduktion auf Kontaktinteraktion



Ergebnisse

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Kontaktdruckverteilung



- Effekt der Aktivierung ρ der lateralen Rotatoren $(0 \leq \rho \leq 1)$:
  - Winkel der Hüftreaktionskraft zur Vertikalen steigt
  - Verschiebung des maximalen Drucks in medialer Richtung
  - Deutliche Reduktion des Drucks am lateralen Rand des Acetabulums

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Biomechanische Studie: nicht patientenspezifisch, qualitative Ergebnisse
- einfaches 2D-Frontalebenenmodell
- Effekt der lateralen Rotatoren auf Beanspruchung im Hüftgelenk
- Aktivierung der lateralen Rotatoren:
  - ↪ verschiebt Kontaktdruck in medialer Richtung
  - ↪ vermindert Druck am Rand des Acetabulums
- erklärt eigene empirische Beobachtungen
- eröffnet Möglichkeiten für konservative Therapiekonzepte

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Information:

Weißgraeber et al., *Effect of the lateral rotators on the load transfer in the human hip joint revealed by mechanical analysis.* Annals of Anatomy, 2012, accepted manuscript.