

Stratifikation der lateralen Knieauslenkung bei prophylaxen Therapien

Studiengang: BSc in Elektro- und Kommunikationstechnik | Vertiefung: Communication Technologies

Betreuer: Dr. Rolf Vetter

Experte: Dr. Friedrich Heitger

Die Instabilität der Knie nimmt bei Verletzungen und nach Operationen stark zu und benötigt eine kontrollierte und schonende Genesung. Die Entwicklung einer Stabilitätsmessung des Knies hilft den Zeitpunkt der Wiederbelastung verbessert abzuschätzen um das Risiko postoperativen Komplikationen zu verringern.

1

Ausgangslage

Eine hohe Stabilität des Knies ist für Sportler massgeblich. Durch ein Trauma am Kreuzband/Seitenband wird diese verringert und eine prophylaxe Therapie ist notwendig. Durch eine Risikoanalyse der Stabilität des Knies, kann der Sportler das Training frühestmöglich wiederaufnehmen. Ein signifikantes Indiz der Stabilität ist der Femorotibialwinkel, welcher die laterale Auslenkung des Knies beschreibt. Bislang wird der Winkel mit teuren «motion capture» Applikationen oder durch subjektive Beobachtungen geschätzt. Das Ziel dieser Studie ist mit einem wireless Sensor (Gyrometer, Beschleunigung), der am Knie befestigt wird, den Winkel während des Joggen zu bestimmen.

Methoden

In dieser Arbeit sind verschiedene Methoden zur Bestimmung des Winkels entwickelt worden. Als Grundlage und Ausgangsmodell diente das inverse Pendel als Näherung der lateralen Auslenkung des Knies. Ein adaptives Filter (Kalman-Filter) wurde modelspezifisch angepasst und umgesetzt. Dieses benötigt zwei Beschleunigungen und eine Winkelgeschwindigkeit um den Winkel abzuschätzen. Eine weitere iterative Methode SAA (single-axis accelerometer) braucht nur eine Beschleunigung des Sensors und basiert auf einer Linearisierung¹. Um Kräfteüberlagerungen durch Fehlpositionierung des Sensors am Knie zu verhindern, erfordert das System ein Initialisierungsprozess. Dieses wendet die Hauptkomponentenanalyse (PCA) für ein bestimmtes Bewegungsmuster an.

Resultate

Ein mechanisches Modell des inversen Pendels diente zur Validierung der Methoden. Dabei ist der Fokus auf eine Genauigkeit von $\pm 0.5^\circ$ bei unabhängiger Pendelfrequenz gelegt worden. Das Kalman-Filter hat im Test schlechter abgeschnitten als das SAA. Verschiedene Anfangsbedingungen und das Systemrauschen bringen diese Methode schnell aus dem Gleichgewicht. Die SAA Methode zeigt eine hohe Stabilität gegen Fremdprojektionen auf und hat eine Genauigkeit von ca. $\pm 0.2^\circ$. Mit zunehmender Abtastrate wirkt sie dem Fehler entgegen, benötigt jedoch mehr Speicher. Die

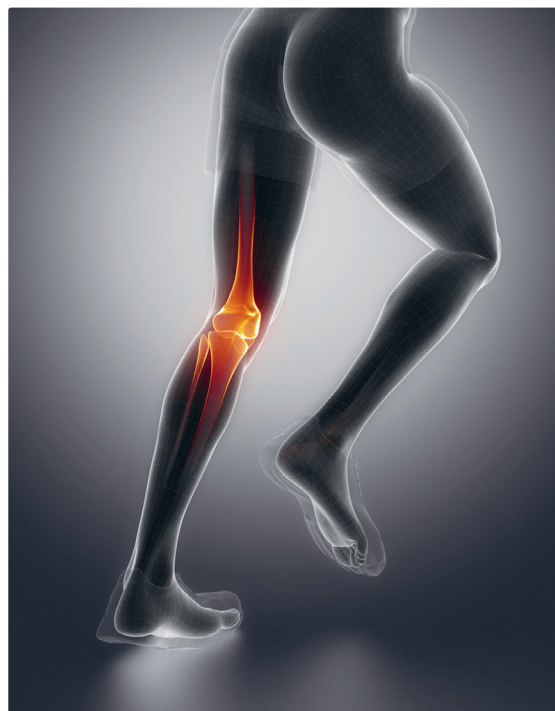
Anwendung am Mensch ist mit dem motion capture Programm «Vicon» durch einen kleinen Feldtest verglichen worden. Diese Winkelschätzungen korrelieren stark mit der SAA.

Schlussfolgerung

Die SAA Methode funktioniert überraschend gut gegenüber dem Kalman-Filter, obwohl weniger Informationen benötigt werden. Der Initialisierungsprozess zeigt sich als zuverlässiger Ansatz zur Verhinderung von Fremdprojektionen. Das System zeigt sich als geeignet zur Bestimmung des Femorotibialwinkel, bedarf jedoch Erweiterungen und Validierungen.



Frédéric Waldmann



Referenzen

¹ Caroselli, A.; Bagala?, F.; Cappello, A. Quasi-Real Time Estimation of Angular Kinematics Using Single-Axis Accelerometers. 2013