

Smarte Entscheidungshilfe zur Trainingaufnahme nach Verletzungen

Studiengang: BSc in Elektro- und Kommunikationstechnik | Vertiefung: Embedded Systems

Betreuer: Dr. Rolf Vetter

Experte: Dr. Friedrich Heitger

Bandverletzungen am Kniegelenk sind häufig. Sie bringen für den Patienten eine lange Rehabilitation mit sich. Wünschenswert wäre es diese Phase so optimal wie möglich zu gestalten, wozu Sensoren anstelle von subjektiven Einschätzungen objektive Resultate liefern könnten.

1

Ausgangslage

Ein Kreuzbandriss ist eine Verletzung des Kniegelenkes, die häufig eine Operation nach sich zieht. Dabei wird das Kniegelenk durch eine Sehnenplastik stabilisiert, die nicht von Anfang an vollbelastet werden kann und Muskelabbau zur Folge hat. Gerade bei Leistungssportlern stellt dies ein Problem dar, so dass der optimale Zeitpunkt der Trainingswiederaufnahme von Bedeutung ist. Die Belastbarkeit eines Knies wird heutzutage von einem Physiotherapeuten ohne objektive Hilfsmittel aufgrund der Auslenkung in der Frontalebene geschätzt. Das Ziel dieser Arbeit war es nun, mit Hilfe eines Beschleunigungssensors und eines Gyroskops eine Methode zu entwickeln, die ein objektives Mass für die Auslenkung ergibt.

Realisierung

Unter der Annahme, dass der Unterschenkel sich über dem Sprunggelenk wie ein inverses Pendel verhält, wurden mit Hilfe von MATLAB synthetische Werte einer Kombination von Beschleunigungssensor und Gyroskop kreiert und die Winkelauslenkung in der Frontalebene bestimmt. Die Ansätze zur Winkelbestimmung wurden mit einer IMU (Inertial Measurement Unit) auf ein mechanisches Modell, das aus einem motorgetriebenen Stab bestand, übertragen und validiert. Die Applizierbarkeit der Winkelbestimmung auf Signale eines am Knie befestigten IMU Sensors wurde in



IMU befestigt an einem Knie

einem Test auf dem Laufband in einer Single-Case-Studie geprüft. Als Referenz wurden ein Motion Capture System (VICON) und Filmaufnahmen verwendet. Dazu erfolgte eine Ganganalyse zur Bestimmung des Koordinatensystems in der Phase unmittelbar nach Belastungsaufnahme, da diese die grösste Beschleunigung aufweist. Unter der Annahme, dass letztere nur in einer Achse erfolgt, wurde diese Position als O-Koordinate verwendet. Im unmittelbar darauffolgenden Zeitraum wird die seitliche Auslenkung des Unterschenkels bestimmt. Dazu wurden die von der IMU erhobenen Daten in einer Initialisierungsphase achsenkorrigiert, um über eine Integration des Gyroskops den seitlichen Auslenkungswinkel zu berechnen.

Resultate

Die Winkelbestimmung mit Hilfe des synthetischen Modells zeigte bei Simulierung von Gyroskopdaten die Korrektheit der Winkelschätzung.

Im mechanischen Modell bewegten sich alle Messungen im geschätzten Fehlerrahmen. Mit grösserem Winkel und grösserer Frequenz nahm die Standardabweichung zu.

Die Single-Case-Studie ergab eine mässige Übereinstimmung zwischen VICON und IMU, da sie ein weites Spektrum umfasst.

Fazit

Validierung des inversen Pendels zeigte sich synthetisch und mechanisch erfolgreich.

Obwohl VICON- und IMU-Daten vergleichbare Werte aufweisen, gilt es die Validierung mit Zurückhaltung zu interpretieren, weil beide Systeme wegen der Dynamik der Bewegung und Schlägen möglicherweise fehlerbehaftet sind. Zur besseren Validierung des Systems müssten unbedingt Daten von instabilen Kniegelenken vorliegen und das Referenzsystem (VICON) müsste deutlich weniger Bewegungsartefakte aufweisen, was evt. über Reflektoren direkt auf der Haut anstelle von vom Körper abstehenden erreichbar wäre.



Christoph Florian Nötzli
christoph.noetzli@yahoo.de