



MyFlex- θ : Protesi di Piede ESAR Multi-assiale con Regolazione Adattiva della Rigidezza e Controllo Basato su Reti Neurali

mercoledì 3 settembre 2025 09:45 (15 minuti)

In questo studio viene presentata MyFlex- θ , una protesi di piede multi-assiale intelligente ad accumulo e rilascio energetico (ESAR), dotata di un meccanismo che consente di variare la rigidezza nel piano sagittale (o piano principale di locomozione).

È stato condotto un design of experiment (DOE) numerico utilizzando un modello ad elementi finiti (FE) bidimensionale (2D), calibrato sperimentalmente, replicando la versione precedente della protesi, al fine di identificare un parametro geometrico influente sulla rigidezza nel piano sagittale. Identificato tale parametro, noto come D_x , è stato progettato, realizzato e integrato un primo meccanismo ad azionamento manuale per consentirne la regolazione, generando così la prima versione passiva di MyFlex- θ .

La protesi è stata poi sottoposta a test statici conformi alla norma ISO 10328 per validare il modello numerico, confrontando le curve forza-spostamento sperimentali con quelle numeriche. Nota la rotazione della caviglia dai test sperimentali, sono state calcolate numericamente le curve di rigidezza torsionale-rotazione alla caviglia nel piano sagittale del piede, al variare del parametro D_x . Confrontando le configurazioni più cedevoli e più rigide, sono state osservate variazioni di rigidezza del 201% e 181%, agli angoli di plantarflessione di -10° e -5° , e di 162% e 310% agli angoli di dorsiflessione di 10° e 20° .

Test clinici condotti con diversi amputati transfemorali e transtibiali hanno evidenziato che MyFlex- θ offre maggiore adattabilità e prestazioni rispetto ai tradizionali piedi ESR. Tuttavia, per utilizzare a pieno le funzioni della protesi è emersa la necessità di automatizzare il sistema di regolazione della rigidezza.

Per rispondere a questa esigenza, è stato integrato un attuatore per la movimentazione del sistema di variazione della rigidezza ed è stato sviluppato un sistema di controllo per il riconoscimento, in tempo reale, dell'attività svolta dall'utente, basato su una rete neurale convoluzionale (CNN).

Nello specifico, il sistema di controllo è in grado di riconoscere sette attività: camminata, posizione eretta statica, salita e discesa di rampe, salita e discesa di scale, e camminata veloce, analizzando le accelerazioni lineari fornite in input da due piattaforme inerziali (IMU) assemblate sul piede.

Per classificare le differenti attività, l'algoritmo è stato addestrato, validato e testato utilizzando dati raccolti da una campagna di test effettuati con un soggetto sano che indossava la seconda versione della protesi MyFlex- θ semi-attiva tramite un adattatore per normodotati. Il modello ha raggiunto un'accuratezza e una perdita di validazione rispettivamente pari al 93,3% e 0,182.

Successivamente, esperimenti in tempo reale con lo stesso soggetto hanno dimostrato un'accuratezza media della classificazione del 92,3%, con la regolazione della rigidezza della protesi sempre completata dopo circa due passi ai valori di rigidezza preferiti per le varie attività.

Questi risultati evidenziano quindi il potenziale di MyFlex- θ per il controllo adattivo ed autonomo della rigidezza, aprendo la strada a futuri test clinici con amputati per convalidarne ulteriormente l'efficacia.

Autore principale: LEOPALDI, Marco (Università di Bologna)

Coautore: Prof. ZUCHELLI, Andrea (Università di Bologna); Dr. TABUCOL, Johnnidel (Università di Bologna); Sig. PALTRINIERI, Mirco (Università di Bologna); Prof. BRUGO, Tommaso Maria (Università di Bologna)

Relatore: LEOPALDI, Marco (Università di Bologna)

Classifica Sessioni: Biomeccanica

Classificazione della track: Biomeccanica