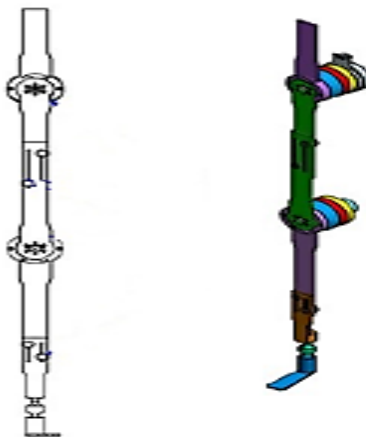




بیومکانیکی و محاسباتی استفاده شد. در این تحقیق، داده‌های حرکتی یک فرد دارای اختلال حرکتی راه رفتن چمباتمه‌ای با افزودن ربات توان‌بخشی، شبیه‌سازی گردید. استفاده از ربات‌های توان‌بخشی به منظور اصلاح الگوی حرکتی برای افراد دارای اختلال حرکتی، توجه محققان را جلب کرده است. در سال‌های اخیر، ربات‌هایی جهت این امر توسعه یافته‌اند (۱۸، ۲)، اما آنچه در توسعه و ساخت این ربات‌ها اهمیت دارد، توجه به الگوی حرکت هر کاربر و بررسی عملکرد دقیق ربات با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی قبل از تست بالینی است (۷). بدین وسیله، علاوه بر کاهش خطر استفاده از ربات، می‌توان به نوعی تأثیر ربات بر روی کاربر را پیش‌بینی نمود و بر اساس آن، کاردرمانگر می‌تواند پروتکل درمان را با کیفیت بهتری تعیین نماید.

جهت مدل‌سازی آناتومی کاربر، از نرم‌افزار OpenSim (OpenSim SimTK 3.3, Stanford, USA) استفاده شد. این نرم‌افزار قابلیت مدل‌سازی آناتومی بدن با ویژگی‌هایی همچون قده، وزن و سایر شاخص‌های یک کاربر واقعی را دارد. همچنین، قابلیت مدل‌سازی ربات و کاربر و امکان تحلیل نیروها و ارتباط با نرم‌افزار MATLAB در آن وجود دارد. در نرم‌افزار OpenSim می‌توان الگوی راه رفتن کاربر را که با استفاده از دوربین‌های تحلیل حرکتی ضبط شده است، وارد کرد و از لحاظ دینامیک و کینماتیک بررسی و تحلیل نمود (۱۹).

با توجه به قابلیت‌های دو نرم‌افزار OpenSim و MATLAB در مدل‌سازی و تحلیل سیستم‌های بیومکانیکی، در پژوهش حاضر از این دو نرم‌افزار استفاده گردید. مدل‌سازی ربات و کاربر با به کار گرفتن روش رایج شده، پیش‌تر در مطالعه خمر و همکاران (۲۰) انجام شده بود. ربات توان‌بخشی در عمل برای هر دو پا استفاده می‌شود، اما به منظور کاهش پیچیدگی و حجم محاسبات، فقط برای شبیه‌سازی یک پا مدل شد و می‌توان با اعمال الگوی حرکت پای چپ و پای راست به صورت جداگانه، تحلیل را برای هر دو پا انجام داد. بدین منظور، مدل ربات با استفاده از نرم‌افزار Autodesk Inventor برای یک پا ایجاد گردید (شکل ۱).



شکل ۱. مدل سه بعدی و واقعی ربات پوشیدنی

پس از اضافه کردن ربات، نیروی اعمال شده توسط آن با استفاده از مرجع

را مشخص می‌کند و ارتباط بین این تحریک و حرکت اعضای بدن، میزان تأثیر این تحریک روی هر عضو و ارتباط کمی بین تحریک و سایر متغیرها قابل اندازه‌گیری نیست (۸، ۷). در حالی که استفاده از رویکرد شبیه‌سازی، سبب کاهش هزینه، زمان و خطرات ناشی از آزمایش عملی می‌شود و همچنین، امکان اصلاح ساختار کلی ربات و یا کنترل‌کننده طراحی شده برای آن بدون صرف هزینه وجود خواهد داشت (۱۰، ۹، ۱). مزیت دیگر شبیه‌سازی، اندازه‌گیری دقیق شاخص‌ها و متغیرهایی همچون نیروی عضلات، میزان تغییرات طول هر کدام، سرعت و موقعیت مفاصل و سایر شاخص‌هایی است که در حالت عملی قابل اندازه‌گیری نیست و یا نیازمند صرف هزینه زیاد می‌باشد (۱۲، ۱۱). با استفاده از شبیه‌سازی، می‌توان مقدار نیروی بهینه را که باید توسط ربات به کاربر اعمال شود، محاسبه و بر اساس آن موتور الکتریکی مناسب را انتخاب نمود که این امر سبب افزایش راندمان و انتخاب هوشمندانه و مناسب قطعات مورد نیاز ربات می‌شود (۱۳).

نرم‌افزار OpenSim که نوعی نرم‌افزار متن‌باز می‌باشد، توسط دانشگاه استنفورد معرفی شده است (۱۴). این نرم‌افزار به دلیل قابلیت دسترسی به کدهای مرجع، امکان توسعه و ایجاد ارتباط با سایر نرم‌افزارها را دارد (۱۵، ۹)، اما توانایی شبیه‌سازی و تحلیل برخط کنترل‌کننده‌های استفاده شده برای سیستم‌های بیومکانیکی را ندارد. در مقابل، نرم‌افزار MATLAB یک ابزار محاسباتی قدرتمند است که می‌تواند کنترل‌کننده‌های مورد نظر را شبیه‌سازی نماید، اما در آن امکان مدل‌سازی سیستم‌های بیومکانیکی به راحتی وجود ندارد. در پژوهش Afschrift و همکاران، ارتباط بین نرم‌افزارهای MATLAB و OpenSim برقرار شد و آنالیز به صورت برخط برای ربات پوشیدنی دست صورت گرفت (۸). در مطالعه Mansouri و Reinbolt، از نرم‌افزار OpenSim جهت محاسبه حالت‌های سیستم شامل موقعیت و سرعت مفصل شانه استفاده گردید. محدودیت تحقیق آن‌ها در استفاده از کنترل‌کننده‌های موجود در نرم‌افزار OpenSim بود که کنترل‌کننده ساده تناسی انتگرالی است و امکان طراحی کنترل‌کننده‌های پیشرفته دیگر را ندارد (۱۶). در پژوهش دیگری، این مشکل برطرف شد و امکان اضافه کردن کنترل‌کننده مورد نظر به وجود آمد. در مطالعه مذکور، نیروهای خارجی مدل نشد و فرض بر آن بود که بدن بدون کمک این نیروها فعالیت مورد نظر را انجام می‌دهد (۱۷). در تحقیق حاضر، نیروی اعمال شده با استفاده از موتورهای ربات پوشیدنی به مدل انسانی دارای اختلال حرکتی (که به وسیله نرم‌افزار OpenSim شبیه‌سازی شده بود) اضافه گردید و امکان ارتباط برخط دو نرم‌افزار با در نظر گرفتن اثر نیروی موتور بر کینماتیک حرکت مفاصل برقرار شد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، معرفی یک روش ارزیابی عملکرد ربات پوشیدنی در اصلاح سیکل راه رفتن اندام تحتانی فرد مبتلا به اختلال حرکتی راه رفتن چمباتمه‌ای با استفاده برخط از نرم‌افزارهای بیومکانیکی و محاسباتی بود. ابتدا مدل‌سازی ربات و کاربر با استفاده از دو نرم‌افزار OpenSim و Autodesk Inventor انجام شد. جهت بررسی عملکرد ربات در اصلاح سیکل راه رفتن، کنترل‌کننده مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار MATLAB پیاده‌سازی و ارتباط بین دو نرم‌افزار OpenSim و MATLAB به صورت برخط برقرار گردید.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع شبیه‌سازی و مدل‌سازی بود و در انجام آن از نرم‌افزارهای











## Online Usage of Biomechanical and Simulation Software in Analysis of Rehabilitation Robots Performances by Applying Simulation Technique

Maryam Khamar<sup>1</sup>, Mehdi Edrisi<sup>2</sup>, Saeed Forghany<sup>3</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Introduction:** Rehabilitation robots have the ability to assist the patients with paralysis and semi-paralysis. Besides, these robots are capable of being programmed to perform various rehabilitation methods. However, evaluating their functions and their effects on human's body are still two of the main challenges of these robots. The purpose of the present study was to introduce a method for assessing the function of a rehabilitation robot in modifying the crouch gait to normal gait, by using online biomechanics and computational software.

**Materials and Methods:** Rehabilitation robot and human leg were simulated using Inventor (Autodesk, Inc.) and OpenSim (Stanford University) software. User's muscle strength was calculated according to a crouch gait. The system got the position of each joint and muscle strength as input, and determined the torque required for each hip and knee joints.

**Results:** The performance of rehabilitation robot on human body was evaluated by relating the simulation in biomechanical and computational software. The kinematic and kinetic effects of robots on model of human model with crouch gait pattern was confirmed. In addition, the error of tracking normal gait with wearable robot was less than 0.06 rad for user with crouch gait.

**Conclusion:** By using a simulation method and analyzing the motion data of a person gait pattern, an optimal path can be defined individually for each person, which reduces the risk and error of tracking while using the rehabilitation robot. It is also possible to change the mechanical and control structure of wearable robots in simulation without the cost and risk of laboratory evaluation.

**Keywords:** Wearable Robot, OpenSim Software, Teaching in walk cycle

**Citation:** Khamar M, Edrisi M, Forghany S. **Online Usage of Biomechanical and Simulation Software in Analysis of Rehabilitation Robots Performances by Applying Simulation Technique.** J Res Rehabil Sci 2019; 15(2): 72-8.

Received: 05.04.2019

Accepted: 15.05.2019

Published: 05.06.2019

1- PhD in Control Field, Department of Electrical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran

3- Associate Professor, Department of Orthoses and prostheses, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Mehdi Edrisi, Email: edrisi@eng.ui.ac.ir