

MECHANICAL PROJECT OF EXOSKELETON FOR KNEE TO ASSIST PEOPLE WITH MOTOR DISABILITY

Vinícius Spanhol Bordignon, Charles Leonardo Israel, Gilseu Von Muhlen, Henrique Costa, Leandro de Freitas Spinelli

Universidade de Passo Fundo - UPF

Departamento de Engenharia Mecânica – Passo Fundo - RS

vinibordi@hotmail.com, israel@upf.br, gilseuvm@hotmail.com, h91costa@gmail.com,
leandro.spinelli@upf.br

Abstract. This article describes the mechanical project and development of a knee prosthesis to assist people with motor disability. The exoskeleton consists of three main blocks, named: structure, mechanism and fixation system. The first is responsible for replicate the knee joint, while the second is responsible for transmit the required torque for locomotion. Finally, the third block fixes the equipment in the lower limb of the patient. The prosthesis will work together with electrical sensors and control system, developed hereafter.

Palavras-chave: Exoskeleton, knee, locomotion.

1. INTRODUÇÃO

O joelho é uma das principais articulações responsáveis pela locomoção humana. Por estar sujeito continuamente a esforços de flexão/extensão, ele também é um dos locais que possui maior incidência de lesões, que impossibilitam ou restringem sua movimentação. Além disso, muitas pessoas apresentam dificuldade de locomoção causada por lesões neurológicas e ausência ou restrição de força muscular, avaliadas por escalas médicas. As dificuldades de locomoção e os problemas no joelho, portanto, são comuns e se apresentam das mais variadas formas.

O Censo Demográfico de 2010 mostra que, no Brasil, cerca de 13,2 milhões de pessoas afirmaram possuir algum grau de deficiência motora, sendo que 4,4 milhões possuem deficiência motora severa. (IBGE,

2010) [1]. A falta de movimentação dos músculos e articulações causa uma série de problemas, que reduzem a qualidade de vida. A área da Biomecânica visa encontrar soluções eficazes para a redução ou eliminação dessas dificuldades. Uma alternativa válida é a construção de um exoesqueleto para simular a funcionalidade afetada e garantir a movimentação normal do corpo.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo: projetar e desenvolver, de forma experimental, a parte mecânica de um dispositivo externo de joelho para auxiliar pessoas que apresentam problemas ou dificuldades de locomoção. Tal equipamento trabalhará juntamente com um sistema de controle e acionamento, realizado a partir de sensores elétricos, que será desenvolvido futuramente. A partir do processamento dos dados fornecidos pelos sensores, ocorrerá o acionamento da prótese, que permitirá a movimentação do membro comprometido ou avariado.

2. ESCALAS MÉDICAS E MARCHA HUMANA

Para a determinação do grupo de pacientes aptos a utilizar o exoesqueleto, o estudo das escalas médicas é fundamental. A primeira escala de avaliação de lesões musculares amplamente utilizada foi a escala de Frankel, concebida em 1969. A Tab.1 mostra a classificação desenvolvida pela escala de Frankel.

Tabela 1. Escala de Frankel

Classificação	Motricidade	Sensibilidade
A	ausente	ausente
B	ausente	presente
C	presente não útil	presente
D	presente útil	presente
E	normal	normal

Fonte: Adaptado de Frankel et al, 1969.[2]

A determinação do índice de força muscular também se mostra necessária para estabelecer o grupo de aplicação do exoesqueleto. Uma classificação desse índice pode ser obtida a partir da *Medical Research Council Scale for Muscle Strength* [3]. A Tab. 2 mostra a classificação desenvolvida para o índice de força muscular.

Tabela 2. Índice de força muscular

Força	Definição
0	Paralisia
1	Movimentos sem vencer a gravidade
2	Movimentos com a gravidade eliminada
3	Movimentos contra a gravidade
4	Movimentos com alguma resistência
5	Movimentos contra resistência total

Fonte: Medical Research Council, 1981 [3].

Após o estudo das escalas de lesões neurológicas e de força muscular, foi determinado que o protótipo do exoesqueleto atenderá pacientes que apresentarem índice na escala Frankel de C até D e índice de força muscular de 2 até 5, uma vez que é necessário um mínimo movimento para ativar os sensores do dispositivo.

A análise do movimento de marcha humano também foi indispensável para o projeto da parte mecânica do protótipo. O joelho apresenta alguns parâmetros durante esse movimento, os quais podem ser mensurados, no intuito de verificar as solicitações que devem ser atendidas pela articulação para realizar tal movimentação (Kirtley, 2006) [4]. Essa pesquisa mostra-se interessante, uma vez que fornece valores

base para a seleção do motor e dimensionamento de componentes do protótipo. A Fig.1 apresenta a movimentação articular do joelho e seus principais parâmetros.

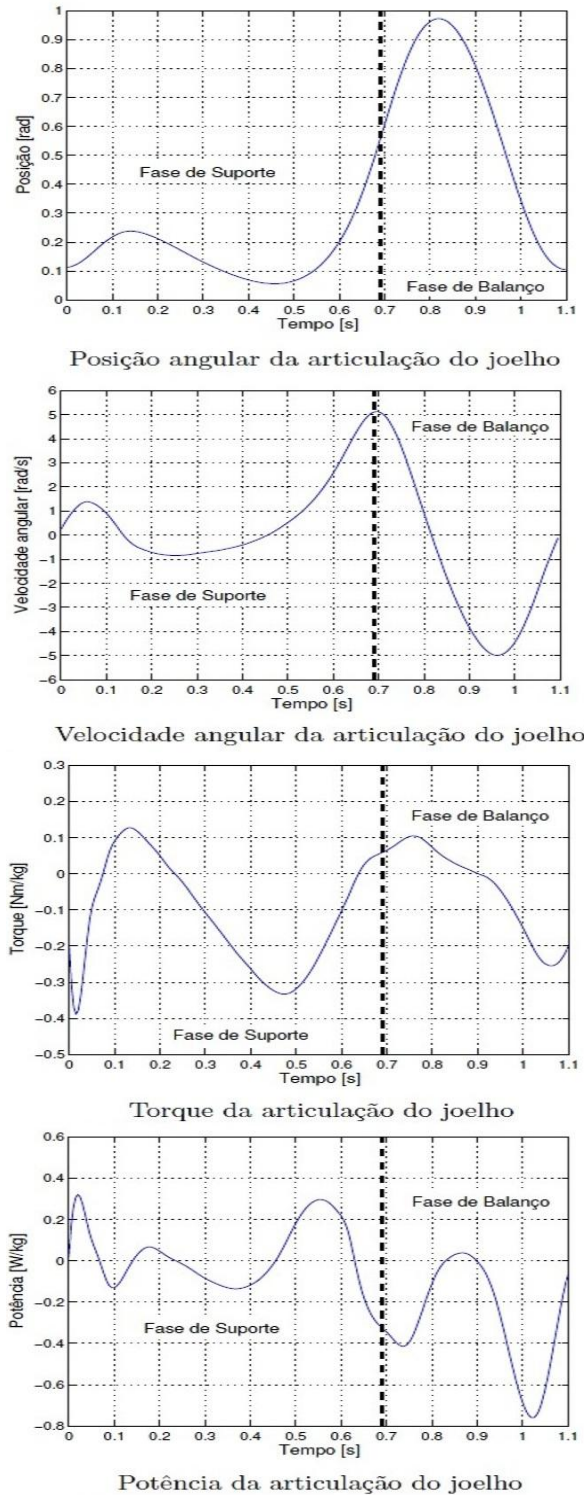


Figura 1 – Parâmetros do joelho durante o movimento de marcha.

Fonte: Kirtley, 2006. [4].

3. PROJETO DO EXOESQUELETO

As etapas necessárias para a confecção do projeto estão descritas no diagrama de blocos da Fig. 2.

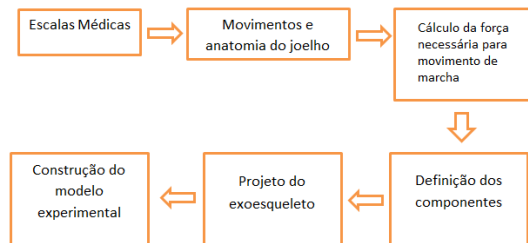


Figura 2 - Etapas do Projeto

Após o estudo realizado conforme a Fig. 2, concluiu-se que o modelo proposto para a parte mecânica do exoesqueleto necessita de um motor de passo, um redutor de velocidade, um sistema de suporte e fixação e um mecanismo de reprodução da articulação do joelho. Além disso, é necessário o uso de sensores elétricos que possibilitem captar as intenções de movimentação do paciente e um sistema de controle para acionar a órtese, os quais serão desenvolvidos futuramente.

3.1 Motor e redutor

Neste estudo, foi utilizado um motor elétrico com redutor do tipo rosca sem fim acoplado. O uso desse motor se justifica pelas inúmeras vantagens que o mesmo apresenta em aplicações que necessitam controle, como é o caso do exoesqueleto. Além disso, o fato de apresentar uma maior autonomia, não necessitando de bombas, reservatório de óleo ou compressores, é uma característica essencial para a premissa de construir uma estrutura funcional e compacta. Já o redutor do tipo rosca sem fim apresenta como vantagens a facilidade de controle e as grandes reduções, o que permite a transmissão de um torque elevado. Adicionalmente, a utilização de um fuso permite uma operação mais segura, não permitindo movimentos indesejados (além

do seu curso) e que possam causar lesões nos pacientes.

3.2 Sistema de Fixação

O sistema de fixação utilizado permite o posicionamento ergonômico do dispositivo no paciente, uma vez que o uso de quatro tiras de velcro localizadas na coxa, canela e tornozelo do indivíduo permite uma estabilização do dispositivo, proporcionando ao usuário a sensação de comutação entre o membro inferior e o exoesqueleto.

3.3 Reprodução da articulação

O sistema estrutural do exoesqueleto tem duas funções básicas: assegurar o suporte do motor e do redutor de velocidade e simular a articulação do joelho. Por meio de chapas, pode-se confeccionar uma réplica de uma articulação, responsável por reproduzir o movimento de extensão/flexão do joelho a partir do torque fornecido pelo motor. O material utilizado para a estrutura foi o alumínio, em função de apresentar o melhor custo-benefício para a realização de um protótipo e adaptar-se melhor às características solicitadas, como ser um material leve e com boa resistência à corrosão.

3.4 Funcionamento do protótipo

O motor é acionado a partir da captação da intenção de movimento por meio dos sensores elétricos, que transmitem as informações obtidas ao sistema de controle. A partir do acionamento do motor, o fuso gira e permite a movimentação linear da castanha, que transmite a força para as chapas articuladas de alumínio. A figura 3 apresenta as situações limites para o modelo proposto.

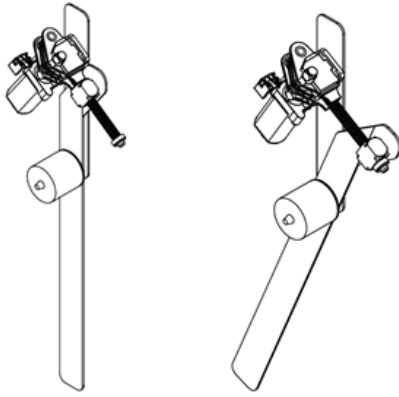


Figura 3 – Situações limites do protótipo

4. RESULTADOS OBTIDOS

A fim de comprovar a aplicabilidade da teoria apresentada acima, foi construído um protótipo, baseado nas considerações apresentadas na seção 3. Os componentes e materiais utilizados foram os listados nas subseções 3.1, 3.2 e 3.3. O protótipo apresenta 584 mm de comprimento, 80 mm de largura e se afasta 60 mm do membro inferior do paciente. A figura 4 apresenta o protótipo fixado no membro inferior de um indivíduo.



Figura 4 – Protótipo fixado no membro inferior

Percebe-se, a partir da análise do teste realizado, que o protótipo em questão é capaz de reproduzir os movimentos da articulação do joelho, obtendo um ângulo máximo de inclinação do membro inferior de cerca de 35°. A movimentação é realizada

com uma velocidade mais lenta que a da marcha de uma pessoa saudável, uma característica desejável, uma vez que o exoesqueleto destina-se a pessoas que apresentam dificuldades motoras e, portanto, podem necessitar readaptação na caminhada. Além disso, o sistema de fixação mostrou-se eficaz, uma vez que permitiu o posicionamento ergonômico do dispositivo no paciente. Estas observações validam o conceito de modelo proposto para o exoesqueleto.

5. CONCLUSÃO

Percebe-se, a partir dos testes realizados, a validade do conceito de exoesqueleto proposto, de acordo com a finalidade para a qual ele foi projetado. O ângulo de inclinação do membro inferior de cerca de 35° obtido é considerado satisfatório, uma vez que aproxima-se do valor estimado para a marcha de uma pessoa saudável. O protótipo ainda pode ser utilizado para tratamento fisioterápico de pacientes.

REFERÊNCIAS

- [1] IBGE (2010). Censo, Site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 out 2015.
- [2] Frankel, H. L. et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I. Paraplegia. 1969.
- [3] Medical Research Council. Aids to the examination of the peripheral nervous system, Memorandum no. 45. Her Majesty's Stationery Office, London, 1981.
- [4] Kirtley, C. Clinical gait analysis: theory and practice. 1ª ed. Churchill Livingstone, 2006.