

A IMPORTÂNCIA DA ROBÓTICA APLICADA À NEUROCIÊNCIA COMO FERRAMENTA UTILIZADA NA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM DEFICIÊNCIA LOCOMOTORA: UMA REVISÃO TEÓRICA

RESUMO

A neurociência vem evoluindo sensivelmente, nas últimas décadas, principalmente no campo da fisiologia de órgãos e sistemas. Na tentativa de integrar o cérebro de animais a uma máquina, os pesquisadores têm se mobilizado no sentido de promover a recuperação de pacientes com faculdades motoras perdidas ou comprometidas, a exemplo da mobilidade e sensibilidade, devido a fatores genéticos, acidentes ou mesmo paralisia. Tal feito vem sendo realizado através do emprego de neuropróteses, que atuam de forma a proporcionar uma vida mais digna e confortável aos seus usuários. O presente estudo tem por objetivo fazer uma revisão da literatura pertinente ao tema, apontando os benefícios e novas possibilidades trazidas pela implementação da robótica no tratamento de pacientes com sérias limitações locomotoras. Para atingir tal fim foi feita uma pesquisa bibliográfica, onde foram relacionadas as contribuições de diversos autores, pertinentes ao tema, traçando-se uma visão geral dos conceitos de artefatos como próteses, exoesqueletos e órteses robóticas abordados, com o intuito de discutir suas aplicações, além da forma pela qual tais artefatos podem ajudar na reabilitação de pacientes.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica; Reabilitação; Neurociência; Exoesqueleto; Prótese.

THE IMPORTANCE OF ROBOTICS APPLIED TO NEUROSCIENCE AS A TOOL USED IN THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH LOCOMOTOR DISABILITY: A THEORETICAL REVIEW

ABSTRACT

Neuroscience has been progressively evolving in recent decades, especially in the field of organ and system physiology. In an attempt to integrate the animal brain into a machine, researchers have mobilized to promote the recovery of patients with lost or compromised motor faculties, such as mobility and sensitivity, due to genetic factors, accidents or even paralysis. This has been done through the use of neuroprostheses, which act to provide a more dignified and comfortable life for its users. The present study aims to review the literature pertinent to the theme, pointing out the benefits and new possibilities brought about by the implementation of robotics in the treatment of patients with serious locomotor limitations. In order to reach this end, a bibliographical research was carried out, where the contributions of several authors related to the theme were described, with an overview of the concepts of artifacts such as prostheses, exoskeletons and robotic orthoses, with the purpose of discussing their applications. As well as the way in which such artifacts can aid in the rehabilitation of patients.

KEYWORDS: Robotics; Rehabilitation; Neuroscience; Exoskeleton; Prosthesis.

Engineering Sciences, Aquidabã, v.3, n.1, Dez 2014, Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Ago, Set, Out, Nov 2015.

ISSN 2318-3055

SECTION: *Articles*

TOPIC: *Engenharia Mecatrônica e Robótica*



DOI: 10.6008/SPC2318-3055.2015.001.0001

Jefferson Roberto Menezes de Souza

Universidade Tiradentes, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4655504066031784>

jeffersonroberto80@gmail.com

Diogo de Aquino Wanderley

Universidade Tiradentes, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/9345929420137253>

diogoaw@gmail.com

Ícaro da Silva Dória

Universidade Tiradentes, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2583769250909380>

icaro_sd@hotmail.com

Received: 20/05/2015

Approved: 16/10/2015

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Referencing this:

SOUZA, J. R. M.; WANDERLEY, D. A.; DÓRIA, I. S. A importância da robótica aplicada à neurociência como ferramenta utilizada na reabilitação de pacientes com deficiência locomotora: uma revisão teórica.

Engineering Sciences, Aquidabã, v.3, n.1, p.6-18, 2015.

DOI: <http://doi.org/10.6008/2318-3055.2015.001.0001>

INTRODUÇÃO

Dados da Organização Mundial de Saúde apontam que cerca de um bilhão de pessoas, em todo o mundo, possuem algum tipo de deficiência (OMS, 2011). Dentre estas, a deficiência locomotora é um fantasma que assombra milhares de pessoas pelo mundo inteiro. Destas, boa parte já nasceu com tais limitações, sendo que outras a adquiriram ao longo de suas vidas, devido a acidentes ou doenças. Tais pessoas são forçadas a viver, o resto de suas vidas, sobre uma cadeira de rodas, mutiladas ou mesmo totalmente paralisados, fato que os torna dependentes de terceiros para exercer suas atividades diárias. Observa-se um grande esforço, por parte dos estudiosos, no sentido de encontrar uma solução para o tratamento dos portadores de deficiência locomotora, o que vem trazendo esperança a essas pessoas.

Com o advento da robótica na área industrial, novos conhecimentos puderam ser aplicados no tratamento de pessoas com desabilidades físicas, no sentido de melhor integrá-las ao convívio social e profissional. O desenvolvimento tecnológico possibilitou que diferentes técnicas fossem se aperfeiçoando com o objetivo de se obter uma maior interação entre os diferentes dispositivos mecânicos, elétricos ou sensoriais e o usuário de próteses, aliados ao desenvolvimento de novos algoritmos que permitem que mais informação útil seja recebida do usuário (JÚNIOR, 2005, p. 16).

Estudos relacionados à reabilitação de pacientes com deficiência locomotora apontam a restauração das funções motoras perdidas ou comprometidas como principal objetivo da reabilitação, além de auxiliar no tratamento da falta de habilidades motoras. A primeira tentativa no sentido de se produzir sistemas robóticos para uso de pessoas com “desabilidades físicas” teve início entre o final dos anos 60 e início dos anos 70 (PRIOR AND WARNER, 1990 citado por CASCÃO JÚNIOR et. al, 2005). Segundo os autores, praticamente todos os esforços iniciais teriam falhado em atingir seu objetivo, basicamente, devido à rejeição dos prováveis usuários dos projetos desenvolvidos, principalmente pelas complicações advindas da interface homem/máquina, e também pelos altos custos.

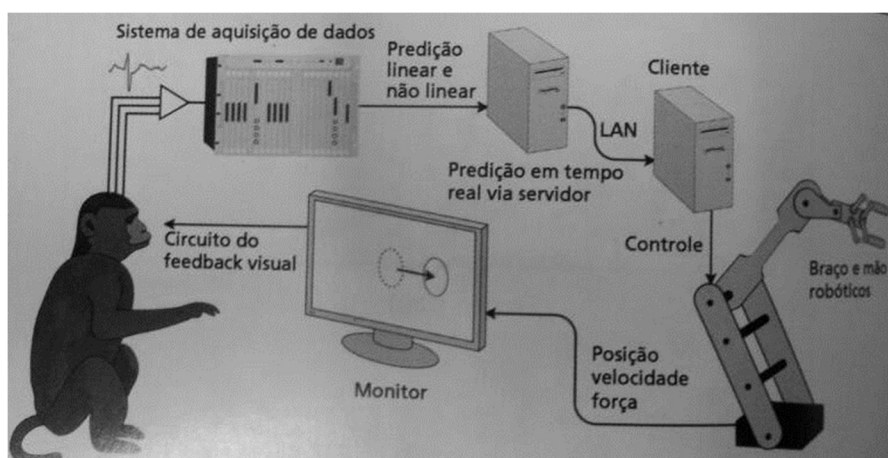


Figura 1: Aparato utilizado para possibilitar um macaco operar um braço robótico.

Pesquisas mais recentes demonstram ser possível ensinar macacos a controlar, de forma voluntária, os movimentos de um artefato robótico, como braços e pernas robóticos, localizado próximo ou longe do seu operador, utilizando apenas a atividade elétrica de seus cérebros, através do que se convencionou chamar Interface Cérebro-Máquina (ICM), ou, como preferem alguns autores, Interface Cérebro-Computador (ICC).

Diante deste contexto, questiona-se: qual a importância da robótica no tratamento de pacientes portadores de algum tipo de deficiência locomotora severa? Como a robótica tem contribuído e poderá auxiliar pesquisas futuras direcionadas ao tratamento de pessoas com deficiências físicas graves? Quais os principais conceitos enunciados pelos autores do ramo?

O objeto de estudo desta pesquisa é a importância da robótica e a sua contribuição prestada à neurociência, tendo como premissa básica relacionar as principais contribuições disponibilizadas por autores diversos, através de uma revisão da literatura. Para este fim, foi utilizada a metodologia de pesquisa bibliográfica, com base em livros, revistas científicas, dissertações e teses. Os conceitos e teorias foram abordados com o objetivo de servir de subsídio à verificação da sua influência e contribuição no processo de evolução da neurociência aliado à robótica.

De acordo com o pensamento de Marconi e Lakatos (2005, p.185), a pesquisa bibliográfica não é uma repetição do que já foi dito ou escrito a respeito de determinado tema, mas permite um exame sob um novo enfoque ou abordagem. Foi através dos dados coletados, por meio de revisão teórica, que as informações contribuíram para fundamentação desta pesquisa.

Nesse sentido, o presente artigo não tem como objetivo esgotar o tema, mas identificar e relacionar algumas contribuições da robótica, no ramo da neurociência, aplicadas à reabilitação de pacientes com deficiência locomotora grave.

REVISÃO DA LITERATURA

Localizacionistas x Distribucionistas

Nos últimos duzentos anos, a neurociência tem se dedicado a descobrir a maneira pela qual diferentes regiões cerebrais organizam as mais diversas funções e comportamentos adotados pelo cérebro. Para Nicoletti (2011, p.19) a neurociência envolveu-se numa disputa acirrada, ao tentar decifrar tal questão, restando-lhe duas teorias principais: a localizacionista e a distribucionista.

Os representantes da teoria localizacionista, enraizada nos conhecimentos transmitidos pelo anatomista alemão Franz Gall (1758-1828), legítimo criador da frenologia, defendem que funções cerebrais específicas são geradas por regiões especializadas do sistema nervoso central. A frenologia de Gall, usada como base da doutrina localizacionista, defende ser possível reconhecer atributos essenciais da personalidade, como afetuosidade, orgulho, arrogância, ambição, vaidade etc., de qualquer indivíduo pelo simples palpar do contorno do couro cabeludo,

criado em virtude das diferentes configurações ósseas existentes no crânio, as quais revelariam um crescimento desproporcional do córtex cerebral (NICOLELIS, 2011, p. 20).

No outro extremo, um grupo menor, mas que vem crescendo rapidamente nas últimas décadas, do qual um dos maiores expoentes é o neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis, defende a chamada teoria distribucionista. Segundo esta teoria, o cérebro realiza suas mais árduas tarefas através do trabalho coletivo de uma vasta população de neurônios distribuídos por diversas regiões cerebrais, capazes de realizar diferentes funções simultaneamente. Nicolelis acredita que o cérebro utiliza um mecanismo fisiológico similar a uma eleição, na qual uma grande população de células, situadas em diferentes regiões do cérebro, contribuem, cada uma, de maneira peculiar, através do que chamou “voto neural”, para a geração de um produto cerebral final (NICOLELIS, 2011, p. 19).

Na visão de Nicolelis, há um consenso, entre as duas escolas, no sentido de que o córtex cerebral, camada mais superficial do cérebro, situada logo abaixo do crânio e das meninges, é o principal “campo de batalha para a disputa realizada entre eles”.

A teoria localizacionista dominou a neurociência durante todo o século passado, porém as pesquisas realizadas pela equipe coordenada por Miguel Nicolelis têm demonstrado categoricamente que um único neurônio não mais pode ser visto como unidade fisiológica fundamental do sistema nervoso; pelo contrário, todos os resultados obtidos apontam para a existência de populações de neurônios que compunham o que ele chamou de “sinfonias elétricas” que dão vida aos pensamentos gerados pelo cérebro humano, tendo este neurocientista afirmado que

nas próximas décadas, ao combinar essa visão relativística do cérebro com nossa crescente capacidade tecnológica de ouvir e decodificar sinfonias neuronais, cada vez mais complexas, a neurociência acabará expandindo a limites quase inimagináveis a capacidade humana, que passará a se expressar muito além das fronteiras e limitações impostas tanto por nosso frágil corpo de primatas como por nosso senso de eu (NICOLELIS, 2011, p.22).

Tal perspectiva apresenta-se promissora devido às experiências conduzidas em laboratório, onde macacos aprenderam a utilizar um paradigma neurofisiológico conhecido como interface Cérebro-Máquina (ICM).

Interface Cérebro-Máquina (ICM)

O Grupo de Reabilitação do laboratório de Automação Inteligente da Universidade Federal do Espírito Santo, ao desenvolver uma cadeira de rodas robótica, destinada a pessoas com deficiência locomotora, menciona dois conceitos aplicados: Interface Homem-Máquina (IMH) e Interface Cérebro-Máquina (ICM). A primeira delas, segundo os desenvolvedores, é aplicada à cadeira no intuito de adaptá-la a usuários com os mais diversos níveis de deficiência, mas que ainda possuem algum tipo de movimento voluntário. Desta forma a cadeira de rodas robótica seria controlada por sinais elétricos musculares (eletromiograma - EMG) provenientes da piscada dos olhos; por sinais elétricos oriundos da movimentação do globo ocular (eletrooculograma - EOG); e

utilizando imagens obtidas por câmeras para o reconhecimento de posição da cabeça ou dos olhos.

Já a ICM teria sua aplicação destinada a adaptar a cadeira de rodas robótica a usuários com perda de todo tipo de movimento voluntário. Através da utilização de atividade elétrica cerebral (eletroencefalograma - EEG) para identificar padrões no sinal de EEG relacionados à realização de tarefas mentais (BENEVIDES et. al, 2010, p. 2283).



Figura 2. Cadeira de rodas robótica da UFES.

O sistema Interface Cérebro - Máquina (ICM) é composto de três etapas: aquisição de sinais, interpretação dos dados e saída dos dados.

A aquisição de sinais tem o objetivo de captar sinais elétricos cerebrais de forma invasiva, por meio de eletroencefalografia (EEG), ou de forma invasiva, através de eletrodos implantados no córtex cerebral. Quando obtidos de forma não invasiva, os sinais apresentam-se como resultado de uma atividade harmônica resultante da ação de vários neurônios. Toda essa atividade pode ser suficiente para a realização de tarefas simples, como a interação com um cursor de computador, todavia pode ser insuficiente para tarefas mais complexas, como descrever um movimento complexo de um membro do corpo (MORYA, 2009).

Nestes casos, os dispositivos mais utilizados são os bio-inativos, pois fornecem registros que são conseguidos através da utilização de diversos microfios ou canais de eletrodos dispostos, tanto em áreas motoras superficiais como em estruturas mais profundas do cérebro, tendo, inclusive, alguns destes eletrodos a capacidade de registrar grandes grupos de neurônios ao mesmo tempo, possibilitando a extração de sinais para o uso de neuropróteses (MORYA, 2009).

Depois de obtido, o sinal é encaminhado a uma unidade de processamento de sinal, através de comunicação remota ou diretamente pelo fio. O objetivo principal é transformar o sinal digital recebido em um código que melhor represente a ação desejada.

A capacidade de decodificar classes discretas de movimento, tais como início e término, ou a seleção entre diversas escolhas é de suma importância para os sistemas de ICM dando-lhes maior funcionalidade. Para isso, são usados diversos modelos matemáticos com o intuito de interpretar determinada finalidade motora, incluindo algoritmos de regressão linear e também as

redes neurais que são modelos mais aptos para tais fins. Tal precisão pode ser aumentada através do feedback dos pacientes diante dos resultados almejados, posto que reduziria a sobrecarga dos algoritmos, diminuindo os problemas relacionados à derivação da população de neurônios observada.

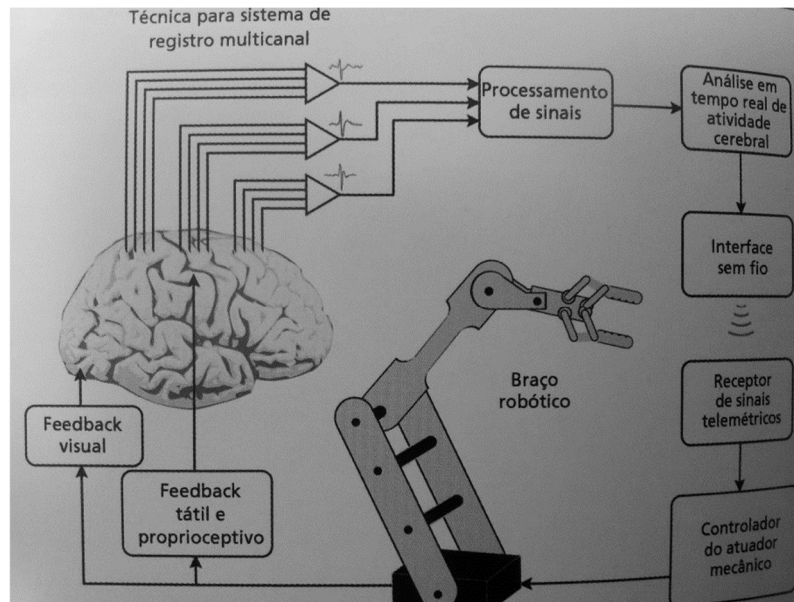


Figura 3: Versão esquematizada da organização geral de uma interface cérebro-máquina.

Após serem traduzidos em saídas apropriadas, os sinais são usados para direcionar os dispositivos de saída de forma a controlar até mesmo um dispositivo robótico para substituir os movimentos de um membro humano que porventura tenha perdido suas funções.

Baseado nisso, o neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis está trabalhando numa veste robótica que possibilitará um adolescente tetraplégico dar o pontapé inicial na copa de 2014. Em sua concepção os limites do corpo são irrelevantes, posto que

as ICMs já foram testadas no tratamento de doenças como Parkinson. No começo da pesquisa, ainda na década de 90, animais modificados geneticamente para desenvolver a doença em um estágio avançado receberam chips que faziam a estimulação elétrica do cérebro. Ao serem acionados, eles aliviavam os sintomas da doença. Hoje, pesquisas das Universidades da Califórnia e de Brown usam ICMs mais modernas em seres humanos não só para o Parkinson, mas também para controlar crises epiléticas. Segundo Nicolelis, os implantes reduziram em 80% as crises (ROSSI, 2011).

Estruturas Robóticas Aplicadas à Reabilitação

A medicina física e de reabilitação objetiva tratar ou atenuar as incapacidades geradas por doenças crônicas, lesões derivadas da gestação e do parto, seqüelas neurológicas, acidentes de trânsito e de trabalho. Neste contexto, a reabilitação seria um processo orientado para a recuperação física e psicológica dos portadores de deficiência locomotora, com vistas à sua reintegração no convívio social (NUNES, 2012).

Nunes (2012) afirma que a reabilitação teve grande impulso no século XX, principalmente no período posterior às grandes catástrofes mundiais, a exemplo das guerras e em função das lesões e sequelas, por ela provocadas.

A aplicação de estruturas robóticas na reabilitação tem origem na idéia inicial de que o robô seria um sistema mecânico capaz de realizar as mesmas tarefas que um ser humano e com a mesma habilidade. No entanto, após inúmeras pesquisas e aplicações, constatou-se que a construção de uma máquina robótica semelhante ao homem não seria uma tarefa trivial por dois motivos principais: o fato de o robô controlar articulações de rotação na execução de trajetórias, utilizando-se coordenadas cartesianas faz com que a maioria dos sistemas de comando utilize o controle chamado ponto-a-ponto, descrevendo uma trajetória discreta, partindo de cada ponto, com velocidade nula, deslocando-se até o ponto subsequente (NUNES, 2012). O segundo problema seria vencer a inércia, pois cada artefato deve suportar não só a carga manipulada, como também o peso da própria estrutura e da estrutura consecutiva, fato este que o torna robusto e extremamente pesado, para manipular cargas relativamente pequenas (NUNES, 2012).

A forma de controle a que o artefato será submetido também é objeto de discussão. Muitos pesquisadores optam pelo sistema de controle remoto, no qual o indivíduo controla o equipamento através de botões ou de um *Joystick*. Já outros utilizam motores e sensores de movimento, baseados na interface homem-máquina, de forma que os sensores fazem a leitura da intenção do usuário e a transmite em forma de ação. Outro processo de cunho inovador, porém mais complexo que os anteriores, consiste na utilização de as ondas cerebrais, de forma que o cérebro passe a agir de forma similar a um "*Joystick*".

Atualmente, existe uma classificação feita por Pons (2008, citado por ARAÚJO, 2010) sobre dispositivos modernos destinados a ajudar na locomoção, sendo tais equipamentos chamados *Wearable Robots* (WR), que significa "Robôs que podem ser vestidos". Tal classificação teria por base a realização do movimento do usuário e dividia-se em:

- **Próteses Robóticas (Prosthetic Robots):** Consistem em aparelhos eletromecânicos destinados a substituir membros amputados;
- **Órteses Robóticas (Orthotic Robots):** Consistem em estruturas mecânicas capazes de reproduzir algumas funções de membros do corpo humano com o objetivo de restaurar a perda de movimentos;
- **Exoesqueletos robóticos amplificadores de força (Limb-Empowering Robotics Exoskeletons):** Definidos como uma classe de robôs que complementam o corpo humano, aumentando sua capacidade de operação.

Próteses Robóticas

As próteses robóticas, controladas por impulsos elétricos oriundos dos músculos, remontam aos anos 60. Porém, um grande problema residia no fato de que as mãos e braços robóticos, apesar de precisos e avançados, apresentavam dificuldade em seu controle, o que os impediam de tornar-se de uso mais comum entre os pacientes, afirma o Dr. Max Ortiz Catalan, da Universidade de Chalmers, na Suécia. Denota-se a importância e necessidade de receber

diretamente os impulsos do cérebro, de forma a promover um funcionamento mais suave do artefato.

O uso de sinais biológicos consiste num sistema de controle que capta os potenciais de ação gerados diretamente pelos neurônios na região do membro amputado e os transmite à prótese de forma adequada. Porém, o uso de sinais de eletromiografia (EMG) é mais comum para o controle de próteses, uma vez que as maiores contribuições têm sido apresentadas quanto à extração de informação desses sinais (CASCÃO JUNIOR, 2005).

Atualmente, os eletrodos que captam os sinais elétricos são colocados sobre a pele, o que o que termina por produzir alterações no momento em que o usuário se move ou transpira. O resultado é tão ruim que 50% dos pacientes que experimentam as atuais próteses robóticas desiste de usá-las (CATALAN, 2012).

O primeiro implante de um braço robótico em uma mulher, no mundo, ocorreu em 2006, realizado pela equipe do médico Todd Kuiken, no Instituto de Reabilitação de Chicago, EUA e o grande desafio parece ser integrar a prótese ao corpo humano a partir da reinervação muscular dirigida (GONÇALVES, 2009).

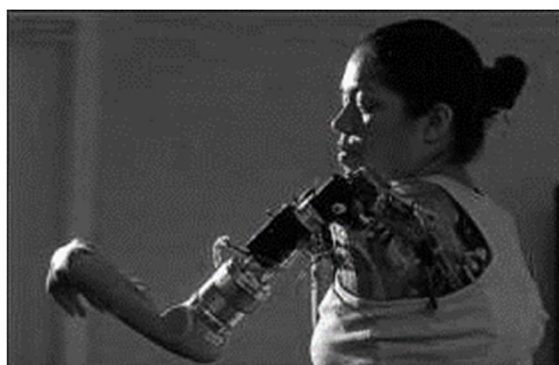


Figura 4: Cláudia Mitchel, primeira paciente a receber o implante de um braço robótico no mundo, após ter um dos membros amputados.

Neste experimento, os pesquisadores implantaram eletrodos diretamente nos nervos e músculos remanescentes. A partir daí os impulsos elétricos, oriundos dos nervos, são capturados por uma interface neural que os conduzirá através de um implante de titânio (CATALAN, 2012).

Com a utilização de algoritmos sofisticados, capazes de interpretar os sinais neurais e transformá-los em comandos aplicáveis ao braço robótico, os sinais bioelétricos serão mais estáveis, permitindo que a prótese robótica atinja de uma melhor forma, o fim a que se dispõe, afirma Catalan (2012).

Órteses

As órteses consistem em mecanismos projetados com o objetivo de compensar a fraqueza ou ausência de função muscular, melhorando sua funcionalidade, compensando uma deformidade ou fraqueza (ARAÚJO, 2010).

As primeiras órteses não possuíam qualquer tipo de atuador acionado por comandos elétricos. Devido a isso, foram chamadas órteses passivas. Seu funcionamento depende unicamente do movimento do paciente. Na figura 5 temos uma órtese longa com apoio esquiático, indicada para pacientes que detêm o domínio do movimento do quadril, mas não do joelho. As órteses ativas surgiram em seguida com o intuito de reproduzir de forma mais fiel os movimentos humanos auxiliando no processo de reabilitação de pacientes. Os movimentos gerados por meio dos atuadores agem estimulando o sistema nervoso central “reensinando-o” os movimentos perdidos ou parcialmente perdidos outrora (ARAÚJO, 2010).



Figura 5: Órtese longa em polipropileno com apoio esquiático.
Exoesqueleto

No ano de 2003, ao participar do EHPA (*Exoskeleton for Human Performance Augmentation*), lançado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, com o intuito de desenvolver um exoesqueleto para fins militares, a Universidade da Califórnia em Berkeley desenvolveu um dos projetos de exoesqueleto mais completo, até então, ao qual denominou BLEEX (Berkeley Lower Extremity Exoskeleton). Seu mecanismo de funcionamento era composto por uma estrutura mecânica externa, aderida a diversas partes do corpo humano, por meio de cintas elásticas, que contava com uma mochila, que ficava localizada nas costas do usuário, onde guardava um motor a combustão, um reservatório de combustível, além de um compartimento destinado ao transporte de carga. Para realizar os movimentos, de forma a utilizar menos esforço, o mecanismo dispunha de atuadores hidráulicos (ARAÚJO, 2010).

A Sarcos Research Corporation desenvolveu, paralelamente à Universidade de Berkeley, um protótipo, ao qual chamou XOS. A grande vantagem do XOS consistia no fato de que ele era um exoesqueleto completo, posto que atuava nos membros inferiores e superiores, ao contrário do BLEEX, que só atuava nos membros inferiores. Além disso, o protótipo da Sarcos Research era capaz de carregar 85 Kg, 15 kg a mais que o BLEEX, o que o possibilitava ser empregado na utilização de armas mais pesadas e na condução de soldados machucados (ARAÚJO, 2010).



Figura 6: Exoesqueleto desenvolvido pela Universidade de Berkeley

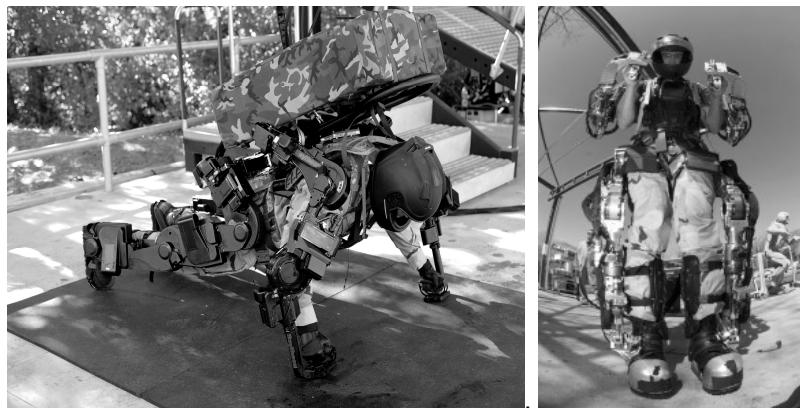


Figura 7: Vista lateral e frontal do Exoesqueleto desenvolvido pela Sarcos Research (2008).

Em 2008, os ingleses Richard Little e Robert Irving, inspirados em suas mães, usuárias de cadeira de rodas, desenvolveram o Rex Bionics, que permite ao usuário caminhar com os braços livres, além de subir e descer escadas, movimentando-se para os lados, andando em superfícies inclinadas. O usuário assume uma posição confortável ao se deslocar com o dispositivo. Sua aplicação ainda se dá nos casos em que a pessoa apresenta distrofia muscular e esclerose múltipla, por exemplo (LITTLE e IRVING, 2008).

Os dois amigos e sócios salientam que as “pernas biônicas” não vêm substituir a cadeira de rodas, mas apenas servir de complemento, um acessório de assistência motora, para abrir novas possibilidades em termos de emprego e integração social das pessoas com mobilidade reduzida.

O uso de exoesqueletos na reabilitação assistida apresentara bons resultados, principalmente para pacientes acometidos de Acidentes Vasculares Encefálicos (AVE), posto que os exoesqueletos permitem medir, de forma objetiva, as forças e os movimentos, informações necessárias na avaliação evolutiva de pacientes (RUIZ et al., 2008, citado por YASUTOMI et al., 2011).



Figura 8: Exoesqueleto REX Bionic.

Um tipo de exoesqueleto, que executa um treino de marcha assistido por robôs (TMAR), suspende o paciente parcialmente, com um colete, interligado a um sistema de contrapeso sobre uma esteira rolante para que possa ser realizada uma assistência segura e eficaz.

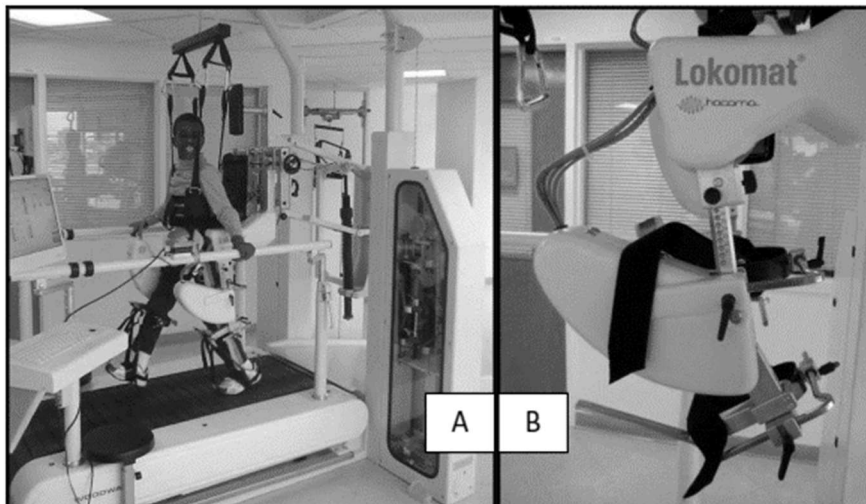


Figura 9: A - Criança submetida a treino de marcha assistida por robôs, no equipamento Lokomat, B- imagem aproximada para visualização do sistema de fixação do exoesqueleto aos membros inferiores.

O exoesqueleto é conectado ao paciente com fitas de velcro ajustáveis no tronco, pelvis e extremidades inferiores, sendo que os centros articulares do quadril e do joelho devem estar alinhados ao eixo correspondente no robô. O sistema subtrai o peso do exoesqueleto e do colete para que a suspensão de peso fornecida não sofra interferência do equipamento. Atuadores localizados nas articulações do quadril e do joelho são programados para gerar um padrão de marcha fisiológico sincronizado com a velocidade da esteira rolante. O movimento do tornozelo não recebe interferência do equipamento, mas faixas elásticas são posicionadas ao redor do calçado da criança para assegurar a retirada do pé durante a fase de apoio. (SANTOS, 2010).

A utilização do TMAR em crianças com paralisia cerebral (PC) tem dado resultados bastante significativos, nos mecanismos de plasticidade neural, melhorando o controle motor da

marcha, mostrando ser um tratamento com potencial para promover o aprendizado de novas habilidades. O paciente passa a se sentir mais motivado posto que consegue imprimir uma maior velocidade aos seus movimentos.

No Japão, a Toyota anunciou o desenvolvimento de uma cadeira de rodas controlada por ondas cerebrais. Os movimentos para frente, esquerda e direita são processados a cada 125 milissegundos (um milissegundo equivale a um milésimo de segundo) utilizando um sinal de tecnologia de processamento capaz de analisar os impulsos cerebrais (PAVARIN, 2009).



Figura 10: Cadeira de rodas movida por ondas cerebrais, desenvolvida pela Toyota.

Todos esses tipos de dispositivos robóticos estimulam a parte neural e cerebral do paciente para a execução dos movimentos a serem restaurados, pois eles percebem o retorno da ação, isto é, “vêm” a simulação disponível em cada equipamento ao utilizá-lo e isso faz com que contribua de grande forma ao êxito da reabilitação. Em todos esses casos há resposta ao tratamento, e dependendo do tipo de lesão pode levar mais tempo ou não

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de neuropróteses no tratamento de pacientes portadores de deficiência locomotora severa, busca a integração entre cérebro humano e máquinas, na chamada interface cérebro-máquina, apresentando aplicações futuras que se mostram promissoras e prometem avanços além dos limites da medicina.

A capacidade que o cérebro humano apresenta de se “autorreorganizar”, alterando sua fisiologia para aprender coisas novas, a exemplo da movimentação de um braço robótico, possibilita a implementação da interface cérebro-máquina, fazendo com que a prótese atue como uma extensão do seu próprio corpo.

Fica claro que sem o advento da robótica, aplicada ao tratamento de pessoas portadoras de necessidades locomotoras severas, ficaria bem mais difícil e, em alguns casos, impossível sua promoção e reabilitação. Pacientes que perderam as duas pernas nunca mais poderiam andar e a reabilitação de membros lesionados ficaria, praticamente, restrita a técnicas de fisioterapia, que

são muito mais demoradas e com nível de eficiência bem menor do que o do uso de robôs nos tratamentos.

Com as descobertas feitas recentemente relativas ao estudo da robótica e suas aplicações, no âmbito da neurociência, aliada a experimentos recentes que apontam a possibilidade do estabelecimento de uma comunicação eficaz entre dois indivíduos, através da Interface Cérebro – Cérebro, perspectivas futuras e promissoras prometem “revolucionar” a medicina, da forma que a conhecemos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. V.. **Desenvolvimento de uma órtese Ativa para os membros inferiores com sistema eletrônico embarcado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- CASCÃO, C. A. **Prótese Mecânica para Reabilitação Robótica**. Monografia (Engenharia Mecatrônica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- CATALAN, M. O.. **Primeiro implante de uma prótese robótica controlada pelo pensamento**. 2013.
- BENEVIDES, A. B.; BASTOS, T. F.; GARCIA, J. C.; MARTÍN, J. L.. **Classificação de tarefas mentais em tempo real para aplicação de controle de dispositivos robóticos**. In: Congresso Brasileiro de Automática. Bonito. Setembro, 15. Anais. 2010. p.2283-2289.
- JÚNIOR, J. M.; FRESSATTI, W.; MARCHI, K. R. C.. **Robótica na reabilitação de pessoas com limitações**. Paranaíba: Universidade Paranaense, 2011.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS. E. M.. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- MORYA, E.. Interface cérebro-máquina e reabilitação. **Revista Neurociências**, São Paulo, v.15, n.59, p.303-304, 2009
- NICOLELIS, M. A. L.. **Muito além do nosso eu: A nova neurociência que une cérebros e máquinas: e como ela pode mudar nossas vidas**. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.
- NUNES, W. M.. **Desenvolvimento de uma estrutura robótica atuada por cabos para reabilitação recuperação dos movimentos do ombro humano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- PAVARIN, G.. **Cadeira de rodas movida pela mente da Toyota**. 2013.
- ROSSI, J.. Em 2014, tetraplégico vai dar o pontapé inicial da Copa do Mundo usando um exoesqueleto", promete neurocientista. **Veja**, 01 Jul 2011.
- SANTOS, F. R. P.. **Análise de duas propostas para reabilitação da marcha em indivíduos portadores de sequelas neurológicas crônicas**. Tese (Doutorado em Fisioterapia) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- YASUTOMI, A. Y.; MIRANDA, A. B. W.. **Exoesqueleto robótico de membro superior para estudo do controle motor humano**. Monografia – Universidade de São Paulo, 2011.