



Universidade Fernando Pessoa
www.ufp.pt

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE
LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA
PROJECTO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II

TREINO DE MARCHA SUSPensa ROBOTIZADA (LOKOMAT) EM PACIENTES COM LESÃO VERTEBRO- MEDULAR INCOMPLETA

Catarina Maria Pais Mendes
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde - UFP
18626@ufp.edu.pt

Maria Armanda Cabral
Mestre Assistente
Universidade Fernando Pessoa - FCS
mcabral@ufp.edu.pt

Porto, Fevereiro de 2011

Resumo: A lesão vertebro-medular (LVM) é uma das piores formas de incapacidade susceptíveis de atingir o ser humano. O seu tratamento visa a máxima recuperação das capacidades que foram afectadas, sendo o restabelecimento da função locomotora, o mais normal possível, o principal objectivo na maioria dos casos. O Lokomat é uma ortótese robotizada, desenvolvida “recentemente”, que permite a optimização da referida função. **Objectivos:** Resumir artigos acerca do tema abordado, de modo a poder realizar comparações entre os resultados por eles obtidos. Verificar a eficácia do treino de marcha suspensa robotizada (TMSR) no tratamento de pacientes com LVM incompleta. **Métodos:** Este estudo é resultado de uma pesquisa computadorizada realizada na base de dados B-on, a fim de identificar artigos de revisão e experimentais sobre o efeito do TMSR no tratamento de indivíduos com LVM incompleta. Apenas foram seleccionados estudos publicados entre os anos de 2000 e 2010. A pesquisa também incluiu livros científicos. **Conclusão:** Os estudos revisados referem benefícios na aplicação do TMSR e pacientes com LVM incompleta, contudo, não são precisos relativamente aos seus efeitos específicos a nível dos centros geradores de padrões de locomoção.

Palavras-Chave: “lesão vertebro-medular”, “medula espinal”, “centros geradores de padrões de locomoção”, “neuroplasticidade”, “marcha suspensa manualmente assistida”, “marcha suspensa robotizada”, “lokomat”.

Abstract: The spinal cord injury (SCI) is one of the worst types of incapacities able to affect the human being. The treatment of people suffering from incomplete SCI aims the highest recovery of the capacities that have been affected. The recovery of the locomotor function, as normal as possible, is the main goal of the majority of the situations. The Lokomat is a robotic device, recently developed, that allows the improvement of the function mentioned above. **Objectives:** To gather articles about the subject mentioned and to sum them up, so that we can compare their results. To check the efficacy of the robotic locomotor therapy in the treatment of patients with incomplete SCI. **Methods:** This work is the result of a computer research carried out in the B-on database, in order to identify revision and experimental articles about the effect of the robotic locomotor therapy in the treatment of individuals with incomplete SCI. Only studies published between the years of 2000 and 2010 were selected. The research also included scientific books. **Conclusion:** The studies revised refer benefits in the use of robotic locomotor therapy in patients with incomplete SCI. However, they are not clear in what concerns its specific effects in the neurons that generate the medullary walking patterns. **Key-Words:** “spinal cord injury”, “spinal cord”, “neuroplasticity” “treadmill training”, “treadmill training with body weight support”, “robotic locomotor therapy”, “lokomat”, “driven gait orthosis”, “gait training”

1. Introdução:

A lesão medular é, indubitavelmente, uma das mais dramáticas formas de incapacidade que podem afectar o ser humano. Reflectindo acerca da função fisiológica da medula, não apenas como transmissor de impulsos e mensagens do cérebro para todas as partes do corpo e vice-versa, mas também como um centro nervoso que controla funções como: postura, micção, respiração, regulação térmica, função sexual, entre outras, tomamos consciência das consequências que uma lesão a este nível acarreta (Faria, 2006). Especialmente quando se instala de forma súbita, é uma das lesões mais devastadoras, do ponto de vista orgânico e psicológico (Andrade et al., 2007).

Em doentes com lesão vertebro-medular (LVM) incompleta a aquisição de um padrão de marcha, o mais semelhante possível do normal constitui um dos principais objectivos a atingir no que diz respeito ao tratamento. O treino de marcha suspensa constitui uma das técnicas que surgiu no decorrer de investigações focadas para o aumento da funcionalidade e independência dos utentes com esta patologia, indo de encontro aos objectivos principais de reabilitação (Santos, 2009).

Inicialmente, quando o treino de marcha suspensa começou a ser aplicado, dois fisioterapeutas assistiam o movimento dos membros inferiores, enquanto o paciente se encontrava em cima de um tapete rolante em movimento, sendo que a posição dos fisioterapeutas era ergonomicamente desfavorável para os mesmos. A fim de ultrapassar esta e outras limitações, foi desenvolvida, pela empresa *Hocoma*, uma ortótese mecânica denominada *Lokomat* que, além de possibilitar o movimento dos membros inferiores através de um sistema robotizado, no tapete rolante em movimento, possui um sistema de sustentação associado que permite o suporte parcial do peso corporal (Colombo et al., 2001).

Estudos, entre eles Dietz et al., (2004), sugerem que este tipo de treino efectuado com regularidade, após uma transsecção da medula, melhora a recuperação da funcionalidade das extremidades inferiores, repercutindo-se na função locomotora.

A escolha deste tema advém de um dos estágios que realizei, no qual tive a oportunidade de observar o Lokomat. Desde logo despertou o meu interesse, sendo que, constitui um sistema deveras interessante na medida em que permite uma melhoria nos cuidados de saúde prestados, promovendo o aumento da qualidade de vida dos pacientes com LVM.

2. Metodologia:

Foi efectuada uma pesquisa bibliográfica, em livros e através da Internet, nomeadamente nas bases de dados Pubmed e B-on, com o intuito de encontrar artigos que permitem fundamentar este trabalho. As palavras-chave utilizadas na pesquisa realizada foram: “lesão vertebro-medular”, “lokomat”, “marcha suspensa robotizada”, “treino de marcha suspensa robotizada”, “spinal cord injury”, “treadmill training”, “driven gait orthosis”. A pesquisa encontra-se limitada aos últimos dez anos, isto é, apenas estão incluídos neste projecto artigos, no mínimo, de 2000. Este Projecto constitui uma revisão bibliográfica acerca do tema: marcha suspensa robotizada em pacientes com lesão vertebro-medular incompleta.

3. Desenvolvimento:

3.1. Coluna Vertebral:

A coluna vertebral faz parte do esqueleto ósseo e está situada na região posterior do tronco, ao longo da sua linha média. Consiste em 33 vértebras unidas por ligamentos e cartilagens. As 24 vértebras superiores são separadas e móveis, mas as 9 inferiores são fixas; 5 são fundidas para formar o sacro e as 4 últimas são geralmente fundidas para formar o cóccix. É composta por 7 vértebras cervicais (C1-C7), 12 torácicas (T1-T12), 5 lombares (L1-L5), 5 sacras (S1-S5) e 4 coccígeas (C1-C4) e apresenta várias curvaturas consideradas fisiológicas. A coluna cervical, em relação à parte ventral do corpo, é convexa, a torácica, côncava e a lombar convexa, com a sua curva terminando no ângulo lombossacro. A coluna vertebral é constituída por uma série de vértebras acolchoadas por discos intervertebrais (Groot, *cit in* Simões, 2008).

3.2 Medula Espinal:

A medula espinal é um meio vital de comunicação entre o encéfalo e o sistema nervoso periférico, abaixo da cabeça. Aloja as principais fibras que inervam os nossos músculos, estímulos sensoriais aferentes que nos permitem perceber o meio ambiente e arcos reflexos envolvidos em mecanismos do sistema nervoso autónomo e homeostase (Richardson et al., 2008).

Anatomicamente, a medula espinal tem uma formação cilíndrica, alongada, de tecido nervoso, que mede cerca de 42 – 45 cm de comprimento, em adultos. Em cima é contínua com o tronco cerebral, e em baixo por um cordão fibroso, com cerca de 25 cm de comprimento, o filo terminal. Os nervos raquidianos são trinta e um pares com a

seguinte distribuição: oito cervicais, doze torácicos, cinco lombares, cinco sacrados e um coccígeo. Cada um destes nervos é composto por uma raiz motora e por outra sensitiva. Os corpos celulares dos neurónios motores situam-se no corno anterior (ventral) da medula espinal, enquanto os corpos celulares dos neurónios sensitivos se encontram nos gânglios espinhais (raiz dorsal). A formação da medula espinal não é regular, apresentando duas dilatações: a intumescência cervical e a intumescência lombar. A dilatação cervical na região cervical inferior corresponde ao local onde os nervos que servem os membros superiores entram e saem da medula. A última afunila-se para formar o cone medular. É designada por cauda equina o conjunto das raízes motoras e sensitivas que descem da extremidade terminal da medula, para alcançarem os forâmens intervertebrais respectivos (Simões, 2008).

Um corte transversal da medula mostra que a sua região central é formada por substância cinzenta e na região periférica por substância branca. Ao centro situa-se um diminuto canal, que se estende a todo o comprimento da medula, contendo líquido céfaloraquidiano, denominado canal epêndimo. A substância cinzenta compreende de cada lado um canal anterior grosso, uma zona peri-ependimária e um corno posterior afilado. A substância branca compreende um cordão lateral e um cordão posterior; só este último está nitidamente separado, os outros dois comunicam à frente do corno cinzento anterior, por isso se fala por vezes do cordão ântero-lateral (Simões, 2008). A substância branca também está organizada em regiões denominadas colunas: anterior, lateral e posterior. Os funículos são constituídos por axónios mielinizados, organizados em tractos sensitivos (ascendentes) e motores (descendentes), que conduzem impulsos nervosos entre o encéfalo e a medula espinal (Tortora, 2000).

Os nervos sensitivos na espinal medula recebem e transmitem informação sensitiva para o cérebro. Os nervos motores enviam a informação desde o cérebro até às outras partes do corpo, dando origem às funções motoras, permitindo o movimento e regulando o sistema nervoso autónomo (respiração e tensão arterial) (Seeley et al., 1997).

Os impulsos são conduzidos pelos tractos ascendentes e descendentes na medula espinal no interior das colunas de substância branca denominadas funículos, que são designadas de acordo com as suas posições relativas no interior da medula espinal. Os dois funículos anteriores estão localizados entre os dois cornos anteriores de substância cinzenta. Os dois funículos posteriores localizam-se entre os dois cornos posteriores de substância cinzenta. Dois funículos laterais estão localizados entre os cornos anterior e posterior da substância cinzenta. Cada funículo consiste em tractos ascendentes e

descendentes. As fibras nervosas no interior dos tratos são, em geral, mielinizadas e denominadas de acordo com a sua terminação (Graaff, 2003).

3.3 Lesão Vertebro-Medular:

Traumatismo vertebro-medular é uma lesão traumática, caracterizada por um conjunto de situações que acarretam comprometimento da função da medula espinal em graus variados de extensão (Meyer *cit in* Siscão et al., 2007). Segundo DeLisa (2002), os traumatismos vertebro-medulares constituem um processo traumático da medula que pode originar alterações das funções motoras, sensoriais e autonómicas. Na paraplegia o comprometimento é das extremidades inferiores enquanto a tetraplegia se refere ao comprometimento de membros superiores e inferiores.

Uma lesão vertebro-medular origina uma perda das funções sensitiva e motora abaixo do nível de lesão. Em tetraplégicos a recuperação da função do braço/antebraço e mão constitui o objectivo primordial, apesar de a estabilidade do tronco e aquisição de marcha constituírem também uma prioridade. Em paraplégicos, a estabilidade do tronco e a aquisição de um padrão de marcha o mais próximo do normal são os principais objectivos (Lam et al. 2005).

Se a alteração das funções motora e/ou sensitiva for no segmento cervical estamos perante uma tetraplegia por envolvimento dos quatro membros; se houver perda ou alteração neurológica nos segmentos dorsal, lombar ou sagrado, a lesão denomina-se paraplegia (Faria, 2006). Considera-se que uma lesão é completa na ausência de função motora e sensitiva no segmento sagrado mais inferior (correspondente aos reflexos metâmeros S4-S5) (Ditunno *cit in* Faria, 2006); se existir preservação parcial das funções motora e/ou sensitiva abaixo do nível neurológico, incluindo o segmento sagrado S4-S5, considera-se a lesão incompleta. Para classificar o grau de deficiência utiliza-se uma escala em 5 níveis de gravidade decrescente, em que “A” designa a lesão completa, “B” a lesão incompleta com preservação apenas da sensibilidade; “C” e “D” designam lesões incompletas com preservação parcial da sensibilidade e da motilidade, e “E” utiliza-se nas lesões medulares com funções sensitiva e motora normais (Faria, 2006).

3.3.1. Etiologia

As lesões medulares dividem-se em duas categorias: lesões traumáticas e não-traumáticas. As causas mais frequentes de lesões medulares traumáticas são acidentes automobilísticos, actos de violência, quedas, lesões desportivas (O’Sullivan e Schmitz, 2004). Dados apontados por Cardoso (*cit in* Simões, 2006), indicam que “a primeira causa de lesão medular em Portugal é traumática, sendo prioritariamente motivada pelos acidentes de viação (39%)”. Dentro das lesões não traumáticas incluem-se processos degenerativos, vasculares, neoplásicos e infecciosos (Faria, 2006).

3.3.1.2 Mecanismo de lesão

O traumatismo da medula espinhal resulta em alterações decorrentes da transferência de energia cinética do trauma para o tecido nervoso (processo denominado de lesão primária). Mecanismos secundários da lesão que abrangem uma sequência de reacções bioquímicas e celulares desencadeadas pelo trauma primário, directamente dependentes do tempo pós-lesão (lesão secundária), contribuem também para as consequências do traumatismo (Nicholls E Schwab *cit in* Souza et al., 2006) Além do tecido nervoso, a lesão da medula espinhal atinge os elementos vasculares. A alteração do fluxo sanguíneo no interior da medula e a consequente redução da perfusão tecidual pós-traumática são um componente importante da lesão medular traumática. A isquemia tecidual pode ser induzida pela lesão directa do leito vascular, pelo espasmo ou pela oclusão dos vasos sanguíneos. A libertação de mediadores químicos no momento do trauma, a hipotensão pós-traumática e a perda do mecanismo de auto-regulação são factores adicionais que contribuem para a alteração do fluxo sanguíneo intramedular (Appenzeller e Zochodne *cit in* Souza et al., 2006).

3.3.3. Designação do nível de lesão

O método que geralmente é mais utilizado consiste em indicar o segmento mais distal com função normal em que a raiz nervosa não foi afectada. Os músculos inervados pelo segmento da raiz nervosa mais distal precisam de ter pelo menos grau regular ou 3 no teste muscular manual. As lesões oblíquas da medula apresentam função sensorial e/ou motora assimétrica. São classificadas do mesmo modo. Contudo, requerem que seja designado o segmento da raiz nervosa mais distal com função normal de cada lado do corpo do paciente. Por exemplo, a designação para uma lesão oblíqua poderia ser

registrada como completa em C6 à direita e completa em C7 à esquerda. Essa designação pode ser abreviada para C6 (D) completa e C7 (E) completa (O'Sullivan e Schmitz, 2004).

3.3.4. Classificação das lesões medulares

3.3.4.1 Lesões Incompletas

As lesões incompletas caracterizam-se pela preservação de alguma função sensorial ou motora abaixo do nível da lesão, incluindo os segmentos sacrais, o que indica que algum tecido neural viável cruza a área de lesão, dirigindo-se para segmentos mais distais. As lesões incompletas normalmente resultam de contusões produzidas pela pressão sobre a medula devido ao osso e/ou tecidos moles deslocados ou devido ao edema dentro do canal medular. É possível alguma recuperação, ou mesmo recuperação completa da contusão quando a fonte de pressão é aliviada. As lesões incompletas podem também ter como causa a transecção parcial da medula (O'Sullivan e Schmitz, 2004).

3.3.4.2. Lesões completas

Numa lesão completa existe perda sensitiva e paralisia motora total abaixo do nível da lesão, devido à interrupção completa dos tractos nervosos ascendentes e descendentes (Adler, *cit in* Polia, 2007)

3.3.4.3 Síndromes

As síndromes mais comuns nas LVM são: 1) Síndrome centro-medular - os membros superiores são mais afectados do que os inferiores, 2) Síndrome Brown-Séquard – apenas um lado da medula é seccionado, resultando em perda motora e proprioceptiva homolateral à lesão, e perda da sensibilidade térmica e dolorosa contra-lateral à lesão, 3) Síndrome Medular anterior – ocorre perda motora e da sensibilidade térmica e dolorosa, com preservação da propriocepção, 4) Síndrome Medular transversa – lesão acima do cone medular, com perda motora (paralisia espástica) e sensitiva completa (anestesia superficial e profunda), 5) Síndrome do Cone Medular – lesão da medula sacral e das raízes lombares com perda motora (paralisia flácida) e sensitiva dos dermatomas lombossacrais correspondentes, 6) Síndrome da Cauda Equina – lesão das raízes

lombossacrais abaixo do cone medular, com perda motora (paralisia flácida) e sensitiva correspondentes às raízes lesionadas (Casalis *cit in* Polia, 2007).

3.3.5. Avaliação da Lesão Vertebro-Medular

Segundo Berhman (2005), o sistema da Associação Americana de Lesões da Coluna - American Spinal Injury Association (ASIA) é o sistema recomendado para avaliação sensitiva e motora após uma LVM. (Em Anexo)

3.4. Reabilitação neurológica

3.4.1. Neuroplasticidade

Segundo Neves et al., (*cit in* Cerini, 2006), a neuroplasticidade define-se por uma mudança adaptativa na estrutura do sistema nervoso, que ocorre em qualquer estágio da ontogenia, em função da interacção com o ambiente interno ou externo, ou ainda, como resultado de traumatismos ou outras lesões que afectem o ambiente neural. A plasticidade pode resultar de dois mecanismos gerais: plasticidade dependente da actividade – onde mudanças funcionais e estruturais nas propriedades celulares e sinápticas ocorrem como resultado de alterações no padrão de actividade da rede neural ou das sinapses (Zucker e Reghr *cit in* Parker, 2006), ou através de neuromodulação – causada por alterações mediadas por neurotransmissores nas propriedades celulares ou sinápticas (Katz *cit in* Parker, 2006). A plasticidade é um componente importante para a função da rede neural. Uma rede com propriedades fixas só poderia gerar uma gama limitada de saídas. A plasticidade permite dotar cada componente da rede de propriedades funcionais e estruturais, possibilitando que cada rede individual gere um leque de saídas. Apesar de ser uma enorme vantagem adaptativa, por outro lado, ela complica a análise da rede (Parker, 2006).

Depois de uma lesão de qualquer parte do sistema neuromuscular, e durante as readaptações subsequentes, há alterações na conectividade dos circuitos sensorio-motores que geram uma tarefa motora. Durante a “reorganização” do circuito espinal, a probabilidade de uma combinação apropriada de neurónios ser activada pode tornar-se maior ou menor dependendo da frequência com que os circuitos sensório-motores experienciam padrões específicos de actividade. A repetição de uma tarefa motora

específica pode modelar o nível de inibição presente nas redes neurais que geram essa tarefa (Cai et al., 2006).

Dentro da abordagem tradicional de fisioterapia recorre-se ao estímulo da função existente pós-lesão, através de métodos compensatórios nas lesões completas, ou de reaprendizagem motora em função da neuroplasticidade nas lesões incompletas. Numa perspectiva de regeneração neural e respectiva função, recorre-se ao estímulo da função comprometida através de métodos mecânicos mais intensivos, associados a prévia terapia celular regenerativa (Cerini, 2006).

Dependendo da gravidade da lesão, alguma recuperação da função sensorial e motora ocorre ao longo das semanas subsequentes ao traumatismo. O mecanismo de recuperação pode incluir: recuperação axonal, rearranjos sinápticos e alterações nas propriedades celulares nos circuitos neurais que se mantiveram intactos (Rossignol et al., *cit in* Girgis et al., 2007).

A variabilidade numa simples sequência de passos mesmo sob condições controladas demonstra a versatilidade e a complexidade na activação do sistema espinal associado (Cai et al., 2006)

3.4.2. Centros geradores de padrões de locomoção

Os centros geradores de padrões de locomoção (CGPL) são circuitos neurais (redes de neurónios interligados), localizados na medula espinal, que interagem com funções sensoriais específicas responsáveis pela locomoção. A interacção de informação sensorial específica com os CGPL é essencial para o sucesso da função locomotora (Dietz et al., 2004).

A organização dos CPGL oferece às vias descendentes dos centros supra-espinais a possibilidade de agir sobre a função locomotora, modulando a função de alguns músculos ou grupos musculares interligados funcionalmente, permitindo, assim, desencadear ou interromper a marcha e determinar a velocidade. (Lucareli, 2009) Os moduladores espinais sofrem influências supra-espinais provenientes da ponte e região subtalâmica. A mais importante é a zona locomotora mesencefálica que age conjuntamente com a região subtalâmica. Outras regiões importantes são os núcleos cuneiforme e colinérgico pedunculo-protuberancial e a substância reticulada do tronco cerebral (Viel e Van de Crommert et al., *cit in* Lucareli, 2009).

Alguns animais com lesão vertebro-medular completa conseguem recuperar a capacidade locomotora, o que não é de todo possível no que diz respeito a seres

humanos. A explicação para este facto pode basear-se numa característica especial da marcha humana: ser bípede, o que implica dependência dos sistemas descendentes que controlam a postura durante a locomoção. Logo, as redes neuronais da espinal-medula estarão, provavelmente, mais dependentes dos centros supra-espinais que nos animais quadrúpedes (Winchester et al., 2005).

A fim de permitir um movimento harmonioso e sem limitação, no qual ocorre simultaneamente a extensão do joelho e a inibição do grupo muscular responsável pela flexão do mesmo, os centros geradores de padrão de locomoção geram automaticamente padrões excitatórios que intervêm a esse nível. A coluna lombar pode ser treinada (total ou parcialmente isolada do controle do córtex cerebral), para dar resposta ritmada, com registos electromiográficos similares aos observados durante a marcha, através de um sistema de treino de marcha suspensa sobre o tapete rolante (Santos, 2009).

Segundo Santos (2009), a existência dos CGPL é difícil de demonstrar definitivamente, uma vez que requer observações da oscilação de redes neuronais na sequência da lesão medular completa, contudo, estudos realizados em seres humanos evidenciaram a oscilação das redes neuronais em interacção com o input aferente, encontrando-se o input supraespinal limitado ou inexistente (Dietz et al., 2004).

3.5 Treino de marcha

Segundo Dietz (2004), a recuperação da função locomotora em indivíduos com lesão vertebro-medular incompleta é variável. Estudos desenvolvidos pelos mesmos autores, concluíram que estes indivíduos, após integrarem um plano de treino de marcha suspensa robotizada revelam melhoras no padrão de marcha. No que diz respeito a lesões completas, posteriormente não existe recuperação espontânea da função locomotora (Girgis, 2007).

Numa lesão vertebro-medular, a variabilidade na cinemática dos membros será superior, se a recuperação da capacidade ambulatória for espontânea do que se esta resultar de um treino motor repetitivo. Esta característica depende do tipo e intensidade de treino realizado (Santos, 2009).

3.5.1. Treino de Marcha Suspensa Manualmente Assistida

A marcha no solo, a velocidade suficiente para produzir efeitos neurofisiológicos, é bastante difícil no caso de pacientes com lesão vertebro-medular. O suporte do peso corporal constitui uma alternativa segura e eficaz, especialmente durante a fase aguda da lesão. O treino com suporte do peso corporal permite aumentar a velocidade da marcha, fornece informações sensoriais e de descarga de peso bilaterais que contribuem para melhorar os padrões motores eferentes (Lucareli, 2009).

Para que os CGPL sejam estimulados, é necessário que haja suporte do peso corporal, contudo esse suporte não pode ser total (Santos, 2009) A diminuição da sustentação do peso corporal aumenta a estimulação aferente nos CGPL, tendo como consequência uma melhoria dos efeitos do treino sobre o tapete rolante, activando de forma mais eficiente os centros motores, e padrões recíprocos de actividade entre agonistas e antagonistas (Jezernik et al.; Maegele et al., *cit in* Santos, 2009).

O treino de marcha suspensa manualmente assistida é realizado com o paciente no tapete rolante, suportado por um sistema de suspensão. O movimento dos membros inferiores é assistido manualmente por dois fisioterapeutas. Um input aferente eficaz para a espinal-medula só é conseguido se os membros se movimentarem de um modo reproduzível, sempre com o mesmo ritmo e parâmetros fisiológicos. Este *input* aferente é essencial para estimular os CGPL, de tal modo que estes sejam capazes de activar os músculos dos membros inferiores que não possuem capacidade de realizar movimentos voluntários (Colombo et al., 2000; Rossignol, 2001).

3.5.2. Treino de Marcha Suspensa Robotizada

O Lokomat é uma ortótese impulsionadora da marcha, desenvolvida pela empresa Hocoma (Hocoma AG, Zurich, Switzerland) e consiste numa ortótese robotizada que controla a posição do paciente e num sistema de suporte do peso corporal. O controlo da posição depende de um dispositivo robotizado que substitui o trabalho dos fisioterapeutas, controlando a posição dos membros inferiores num padrão temporal apropriado para a passada, através de forças de orientação impostas. A ortótese robotizada guia os membros inferiores através de padrões fisiológicos normais de locomoção, pré-programados, enquanto o paciente experiencia estímulos proprioceptivos próximos dos normais no momento em que os membros inferiores estão em carga (Winchester, 2005).

O Lokomat é composto por um exoesqueleto com dois braços que fornecem ao paciente suporte na cintura pélvica e nos membros inferiores, através de dispositivos de tamanho ajustável, interligados ao exoesqueleto (um em cada coxa e dois em cada pé). O comprimento das pernas é ajustado para alinhar as ancas e os joelhos de cada indivíduo com o eixo do exoesqueleto. A cintura pélvica é suportada em posição neutra, por fitas elásticas fixas e atadas em redor da cabeça dos metatarsos. A cintura pélvica e o tronco são suportados por fita auto-adesiva ligada ao suporte de tronco. Esta ortótese é controlada por um computador programado, motores de corrente contínua e dispositivos conectados às articulações dos joelhos e das ancas, que providenciam um padrão locomotor recíproco, consistente com a cinemática da marcha humana normal e sincronizados com a velocidade do tapete rolante (Wirz et al., 2005).

O Lokomat possui dois graus de liberdade por membro inferior (flexão e extensão da anca e do joelho no plano sagital). As articulações são accionadas por motores lineares, incluindo codificadores de posição e células de carga (transdutores de forças). A posição e tamanho dos dispositivos que se adaptam aos membros inferiores do paciente são ajustáveis. Durante o treino de marcha, a ortótese move-se de acordo com um padrão de marcha (trajectória) predefinida (Lünenburger et al., 2004).

O principal propósito da criação *Lokomat* é, sem dúvida, o seu potencial terapêutico. Além disso, a sua importância como instrumento de diagnóstico e de investigação é também inquestionável. Actualmente é utilizado em vários locais de investigação e reabilitação por todo o mundo, com o intuito de estudar a actividade reflexa nas diferentes fases da marcha, a modulação sensorial aferente dos diferentes reflexos inerentes à locomoção e a modulação dos CGPL localizados na medula (Santos, 2009). Segundo Colombo et al., (2001), algumas das vantagens do treino no Lokomat são: a reprodutibilidade na assistência do movimento dos membros inferiores, o que torna possível testar e otimizar o padrão biomecânico da marcha (velocidade, força, comprimento e amplitude), de modo a poder alcançar o padrão “ideal”. O padrão de marcha pode ser facilmente reproduzido pelo Lokomat, enquanto os fisioterapeutas geralmente necessitam de praticar por algum tempo para se tornarem especializados e conseguirem uma performance de treino ideal. Outra vantagem é que as sessões podem ser prolongadas e a velocidade pode ser superior à do treino de marcha manualmente assistido. Parece lógico substituir o ser humano por um robot no treino locomotor, uma vez que um trabalho monótono e repetitivo, que tem de ser executado de modo preciso e por um período de tempo relativamente longo é certamente destinado a uma máquina.

O treino de marcha suspensa robotizada em pacientes com lesão vertebro-medular possui algumas limitações. É um sistema passivo, na medida em que segue uma trajectória pré-determinada, na qual não a cinemática dos membros inferiores não é modificada de acordo com a força gerada pelo paciente. Trata-se de um sistema limitado no que diz respeito à velocidade, dado que, para as ortóteses mecânicas poderem gerar uma marcha confortável a velocidade não pode ser elevada, ficando abaixo de 2.5km/h, que está no limite do valor mais baixo recomendado para o treino de marcha suspensa. Por último, cria-se uma ligação física entre os pacientes e o sistema robotizado, na qual estes ao longo do treino estão sujeitos a uma estimulação aferente que não está presente na locomoção em solo firme, devido em grande parte ao suporte elástico colocado no pé (promovendo a dorsiflexão no período oscilante da marcha). A transição do treino de marcha robotizado para o treino de marcha suspensa manualmente assistido é necessária para que este seja mais efectivo. (Hornby et al., 2005).

Actualmente, e uma vez que este sistema de locomoção é relativamente recente, ainda não se sabe qual a “dose” de treino mais indicada (Santos, 2009).

Tabela 1 – Estudos em seres humanos acerca da eficácia treino de marcha suspensa robotizada em pacientes com lesão vertebro-medular.

Autor/demografia	Objectivos do estudo	Tipo de intervenção/Follow-up		Resultados
<p>Alcobendas-Maestro et al., (2004) Total (n= 10) Grupo I (n=10) M/F: 6/4 Idade média: GI – 32,5 anos</p> <p>Duração média da doença (meses): GI – 5,8 meses</p>	<p>Conseguir desencadear os automatismos medulares e estimular os centros geradores de padrões. Avaliar a utilidade de um sistema electromecânico de mobilização dos membros inferiores como complemento do tapete rolante e à descarga do peso corporal. Estudar alterações do tónus muscular.</p>	<p>Grupo I</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: sessões diárias de 15 min (curta duração) - velocidade: 1,2 a 2,5 m/s - suporte de carga corporal: diminuiu progressivamente em todos os pacientes (alguns suportaram mesmo toda a carga corporal) - guia: escala de Ashworth modificada, escala visual analógica, avaliação das actividades da vida diária. 		<ul style="list-style-type: none"> - A associação de um tapete rolante ao suporte do peso corporal com um sistema electromecânico de mobilização dos membros inferiores consegue desencadear automatismos de flexão e extensão medulares. - O sistema electromecânico de mobilização dos membros inferiores melhora a verticalização axial e pélvica, optimiza a dissociação de cinturas e evita a recurvatura dos joelhos em carga. - Este tipo de treino de marcha consegue uma diminuição significativa da espasticidade.
<p>Colombo, et al., (2001) Total (n=4) Grupo I (n=6), mas apenas 2 foram estudados pormenorizadamente Grupo II (n=2)</p> <p>Duração média da doença - não refere</p>	<p>Comparar os efeitos do treino de marcha manualmente assistida, em pacientes com paraplegia com o treino de marcha robotizada. Dar uma primeira perspectiva sobre a efectividade de um novo tipo de treino de marcha automatizado no tapete rolante, para paraplégicos, usando uma ortótese impulsionadora da marcha.</p>	<p>Grupo I</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 1 sessão - velocidade: 1,9 km/h - suporte de carga corporal: paciente I (lesão imcompleta) – 50%; paciente II (lesão imcompleta) – 30%. - guia: electromiografia 	<p>Grupo II (controlo)</p> <p>Indivíduos neurologicamente intactos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois métodos de treino, tendo em conta a actividade electromiográfica dos membros inferiores. - Os centros nervosos da medula espinal são activados de forma similar pelo treino de marcha manualmente assistida e pelo treino de marcha suspensa robotizada.
<p>Domingo et al., (2007) Total (n=12) Grupo I (n=6) / Grupo II (n=6) M/F: 6/6 Idade Média: GI – 45,5 anos GII – 25,8 anos</p> <p>Duração média da doença (meses): GI – 95,3 meses GII – Indivíduos neurologicamente intactos.</p>	<p>Determinar em que medida a assistência manual afecta a actividade electromiográfica e a cinemática articular dos membros inferiores em indivíduos com lesão vertebro-medular incompleta, durante o treino de marcha suspensa.</p>	<p>Grupo I</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 1 a 2 sessões de treino de marcha antes da recolha dos dados para familiarização e 2 tentativas em cada teste. - velocidade: 0.18, 0.36, 0.54, 0.72, 0.89, 1.07 m/s - suporte de carga corporal: 30% a 60% - guia: electromiografia e análise cinemática. 	<p>Grupo II (controlo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 1 a 2 sessões de treino de marcha antes da recolha dos dados para familiarização e 2 tentativas em cada teste. - velocidade: 0.18, 0.36, 0.54, 0.72, 0.89, 1.07 m/s - carga corporal: 30% - guia: electromiografia e análise cinemática. 	<ul style="list-style-type: none"> - As amplitudes e perfis de activação muscular normais, nos sujeitos com LVM foram semelhantes para o treino de marcha com e sem assistência manual. - Não houve grande semelhança entre o grupo controlo e o grupo experimental nem no treino de marcha manualmente assistido, nem no treino sem assistência manual, excepto para o vasto lateral. - A forma e o tempo dos padrões electromiográficos em indivíduos com LVM tornaram-se menos semelhantes aos do grupo de controlo em velocidades superiores, especialmente no treino de marcha sem assistência manual.

Tabela 1 – Estudos em seres humanos acerca da eficácia treino de marcha suspensa robotizada em pacientes com lesão vertebro-medular.

Autor/demografia	Objectivos do estudo	Tipo de intervenção/Follow up		Resultados
<p>Field-Fote et al., (2002) Total (n=17) Grupo I (n=14) Grupo II (n=3) M/F: 11/6 Idade Média: GI – 31 anos GII – 33,7 anos</p> <p>Duração média da doença (meses): GI – 70 meses GII – indivíduos ortopédica e neurologicamente intactos</p>	<p>Determinar se a coordenação entre os membros inferiores pode melhorar em indivíduos com lesão vertebro-medular incompleta, após participarem num programa de treino de marcha.</p>	<p>Grupo I</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 36 sessões (3 dias por semana durante 12 semanas) - suporte de carga corporal: 0% - velocidade: 0,15 a 0,44 m/s (inicial); 0,59 a 0,71 m/s (final) - guia: WISCI 	<p>Grupo II</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: apenas para registo de valores e comparação com o grupo experimental. - suporte de carga corporal: 0% - velocidade: velocidade máxima na qual se sentiam confortáveis. - guia: WISCI 	<p>- Em pacientes com lesão vertebro-medular incompleta, que possuem alguma capacidade ambulatoria, a coordenação entre os membros inferiores pode melhorar através do treino. Os ganhos alcançados persistem mesmo quando se movem a velocidades superiores.</p>
<p>Santos, (2009) Total (n=6) Grupo I (n=3) / Grupo II (n=3) M/F: 4/2 Idade Média: 55,5 anos</p> <p>Duração média da doença (meses): GI – 31,7 meses GII – 37,3 meses</p>	<p>Comparar dois protocolos de reabilitação em indivíduos com lesão vertebro-medular incompleta: um composto pelo treino de marcha suspensa robotizada associado à fisioterapia convencional; e outro apenas por fisioterapia convencional.</p>	<p>Grupo I</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 3 vezes por semana (30 min/sessão) durante 12 semanas - velocidade: 1,5 km/h a 2,3 km/h - suporte de carga corporal: 20% a 100% - guia: electromiografia de superfície, análise cinética e cinemática. 	<p>Grupo II (controlo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 3 vezes por semana (30 min/sessão) durante 12 semanas - velocidade: 1,5 km/h a 2,3 km/h - carga corporal: 20% a 100% - guia: electromiografia de superfície, análise cinética e cinemática. 	<p>- Nos elementos sujeitos a TMSR, verificam-se melhoras nas variáveis cinéticas e electromiográficas para os 2 indivíduos com menos tempo de evolução e melhoras na análise cinemática para todos os indivíduos.</p> <p>- Melhoria do padrão de marcha nas variáveis electromiográficas, na componente vertical da força de reacção ao solo e nas variáveis cinemáticas nas articulações da anca e do joelho, sendo mais eficaz em pacientes com menos tempo de evolução.</p>
<p>Thomas et al., (2005) Total (n=15) Grupo I (n=10) / Grupo II (n=5) M/F: 11/4 Idade Média: GI – 54,4 anos GII – 26 anos</p> <p>Duração média da doença (meses): GI – 94,08 meses GII – Indivíduos neurologicamente intactos</p>	<p>Determinar se alguns meses de treino de marcha intensivo originam aumento da recuperação da função das vias trato cortico-espinal afectadas após traumatismo vertebro-medular, associado à recuperação da função locomotora.</p>	<p>Grupo I</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 4,1 sessões de treino, em média, por semana, durante 16,6 semanas, em média. 1 hora de sessão. - velocidade: 1,5 km/h - suporte de carga corporal: 44,3% no início e 13,4% no fim do treino. - guia: electromiografia 	<p>Grupo II (controlo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - sessões: 4,1 sessões de treino, em média, por semana, durante 16,6 semanas, em média. 1 hora de sessão. - velocidade: 1,5 km/h - carga corporal: 44,3% no início e 13,4% no fim do treino. - guia: electromiografia 	<p>- Melhoras na função do trato corticoespinal e recuperação motora pode ocorrer, através de treino diário intensivo, mesmo muitos anos após a lesão.</p> <p>- Estas melhoras são de longa duração, quando testadas em indivíduos que continuam a usar as habilidades motoras que adquiriram através do treino intensivo.</p>

Tabela 1 – Estudos em seres humanos acerca da eficácia treino de marcha suspensa robotizada em pacientes com lesão vertebro-medular.

Autor/demografia	Objectivos do estudo	Tipo de intervenção	Resultados
<p>Winchester, et al., (2005) Total (n=4) Grupo I (n=4) M/F: 4/0 Idade Média: GI – 39,5 anos</p> <p>Duração média da doença (meses): GI – 17,4 meses</p>	<p>Avaliar o potencial de reorganização supraespinal associado a 12 semanas de treino de marcha suspensa robotizada em indivíduos com lesão vertebro-medular incompleta, utilizando a ressonância magnética funcional.</p>	<p>Grupo I</p> <p>- sessões: 3 sessões de 60 minutos por semana, durante 12 semanas. - velocidade: inicial – 2,0 km/h para todos os indivíduos, final – paciente I – 3,2 km/h, paciente II – 2,6 km/h, paciente III – 2,3 km/h, paciente IV – 2,5 km/h. - suporte de carga corporal: paciente I - 53% (inicial) e 10 % (final); paciente II – 35 % (inicial) e 0 % (final); paciente III – 59% (inicial) e 42% (final); paciente IV – 55% (inicial) e 44% (final). - guia: ressonância magnética funcional.</p>	<p>- A ressonância magnética revelou um aumento da actividade nas regiões corticais sensório-motoras e cerebelares após o treino de marcha suspensa robotizada. - O treino de reabilitação através de tarefas intensivas e específicas como marcha suspensa robotizada promove a plasticidade supraespinal dos centros motores que se sabe estarem envolvidos na locomoção. Além disso, as melhoras na locomoção no chão são acompanhadas por uma maior activação do cerebelo.</p>
<p>Wirz, et al., (2005) Total (n= 20) Grupo I (n=20) M/F: 18/2 Idade média: GI – 40,5 anos</p> <p>Duração média da doença (meses): GI – mais de 67,8 meses</p>	<p>Determinar se o treino de marcha suspensa robotizada pode aumentar a mobilidade funcional em indivíduos com lesão vertebro-medular incompleta crónica.</p>	<p>Grupo I</p> <p>- sessões: 3 a 5 sessões por semana conforme tolerado pelos sujeitos (45 minutos de treino), durante 8 semanas. - velocidade: conforme tolerado pelos sujeitos, o máximo foi 0,66 m/s. - suporte de carga corporal: adaptado de forma individual a cada indivíduo conforme o tolerado. - guia: electromiografia, “Walking Index for Spinal Cord Injury”.</p>	<p>- O treino de marcha robotizado resultou em melhoras significativas na velocidade e resistência na marcha dos indivíduos e no desempenho de tarefas funcionais. - Não houve mudanças significativas na necessidade de auxiliares de marcha, ortóteses ou assistência física externa. Não houve correlação entre as melhoras na velocidade da marcha ou alterações na força muscular ou espasticidade. - O treino de marcha intensivo no lokomat resulta em melhoras na marcha.</p>

Escala de Ashworth: Grau Descrição - 1- Sem aumento de tónus; 2- Leve aumento de tónus; 3- Moderado aumento do tónus; 4- Aumento do tónus acentuado; 5- Rigidez em flexão ou extensão

Escala Visual Analógica: Escala de avaliação da dor que varia entre 0 e 10, na qual 0 significa sem dor e 10 corresponde à dor máxima.

WISCI - Walking Index for Spinal Cord Injury (Em Anexo)

ASIA (Em Anexo)

4. Discussão:

Com base na tabela anteriormente exposta, abordarei de uma forma mais pormenorizada alguns dos estudos cuja investigação se centra em seres humanos, focando principalmente aqueles que abordam precisamente o tema: treino de marcha suspensa robotizada. Através da observação e análise dos estudos expostos na tabela podemos extrair determinadas informações relevantes, nomeadamente: o tamanho da amostra que variou entre 4 e 20 participantes; a média das idades encontrava-se entre os 25,8 e os 55,5 anos, sendo notória uma predominância de indivíduos do sexo masculino no geral; a duração média da doença esteve entre os 5,8 meses e os 95,3 meses; os critérios de inclusão e exclusão variaram conforme os estudos, por esse motivo, serão descritos de forma individual à medida que abordar cada artigo em particular.

Santos (2009), realizou um estudo quasi-experimental randomizado, com a duração de 12 semanas, no qual comparou dois protocolos de reabilitação: um composto apenas por fisioterapia convencional e outro que associava este tratamento ao treino de marcha suspensa robotizada. Foi realizada uma análise cinética, electromiográfica e cinemática a fim de comparar também os efeitos do protocolo terapêutico composto pela fisioterapia convencional e treino de marcha suspensa robotizada em indivíduos com diferentes tempos de evolução de lesão. A amostra era constituída por 6 pacientes com lesão vertebro-medular (LVM) incompleta, 3 dos quais foram submetidos ao protocolo composto por fisioterapia convencional e treino de marcha no *Lokomat*. Os critérios de inclusão foram: pacientes com LVM incompleta (com classificação C ou D da escala ASIA), com capacidade para realizar marcha autónoma, sem auxiliares de marcha, num percurso mínimo de 3 metros e que fossem submetidos a tratamentos há pelo menos 4 meses. Os critérios de exclusão foram: pacientes com doença cardíaca, doença pulmonar crónica obstrutiva e presença de fracturas recentes. Os resultados obtidos revelam diferenças entre os dois protocolos em todas as variáveis analisadas. Houve melhoras nas variáveis cinéticas e electromiográficas para os dois indivíduos com menos tempo de evolução e na análise cinemática todos os indivíduos demonstraram melhoras. As conclusões retiradas deste estudo vêm de encontro aos pressupostos encontrados noutros estudos, que identificam o treino de marcha suspensa robotizada como um meio de tratamento eficaz relativamente aos pacientes com lesão vertebro-medular incompleta, sendo que houve melhoria do padrão de marcha nas variáveis electromiográficas, na componente vertical da força de reacção ao solo e nas variáveis cinemáticas nas articulações da anca e do joelho, sendo mais eficaz em pacientes com menos

tempo de evolução desta patologia. A principal limitação deste estudo foi o reduzido número de pacientes que constituíam a amostra.

Alcobendas-Maetro et al., (2004) levaram a cabo um estudo que inclui um programa de treino de marcha de curta duração. A amostra era composta por 10 indivíduos, sete dos quais apresentavam uma lesão medular cervical, dois dorsal e um lombar. Oito das lesões eram de grau C e as restantes de grau D na escala ASIA. Os critérios de inclusão foram: apresentar LVM incompleta aguda, encontrar-se em situação funcional de bipedestação e tolera-la adequadamente, não ter menos de 16 anos, nem mais de 65. Foram excluídos da amostra os pacientes que apresentavam fracturas instáveis, osteoporose grave, lesões cutâneas ou articulares, ou dismetrias dos membros inferiores com mais de 2 cm, bronconeumopatia ou cardiopatia grave e peso corporal superior a 150kg. As sessões de treino realizaram-se diariamente e tiveram a duração de 15 min. O objectivo do estudo era: comprovar o desencadeamento de automatismos medulares locomotores, registar variações do grau de espasticidade, validar a utilidade de um sistema electromecânico como elemento de mobilização dos membros inferiores e avaliar o valor subjectivo do paciente relativamente aos resultados conseguidos através deste tipo de treino. Houve três abandonos devido a resposta anormal ao esforço e complicações médicas relacionadas. Obteve-se uma clara melhoria nos níveis de espasticidade, a qual se manteve por um período superior a 48 horas, permitindo em alguns casos, diminuir a dose de medicação dos pacientes. A dor neuropática diminuiu, em dois dos três pacientes, dois pontos na escala visual analógica. Relativamente às actividades da vida diárias, todos os pacientes referiram realizá-las com maior facilidade. Objectivou-se elevação da linha de biofeedback, tanto maior quanto menor a quantidade de suporte de carga corporal, o que evidencia a existência de automatismos locomotores espinais. A principal limitação deste estudo encontra-se no facto de o programa de treino ter sido curto a nível de tempo, sendo que seria necessário um programa mais longo para evidenciar as alterações no padrão de marcha e no equilíbrio muscular.

Thomas et al., (2005), avaliaram as vias corticoespinais em pacientes com lesão vertebromedular crónica pela estimulação eléctrica transcraniana e actividade motora máxima de potenciais evocados para os músculos tibial anterior e vasto lateral, na sequência de treino intensivo de marcha com suporte do peso corporal. Concluíram que a percentagem de aumento no potencial motor máximo foi positiva e significativamente correlacionada com o grau de recuperação motora, o qual foi avaliado pelo *Walking Index for Spinal Cord Injury* (WISCI II), pelo *Six Minute Walk Test* e pela amplitude da actividade electromiográfica

durante a deambulação. Estes resultados sugerem que o tracto corticoespinal, se encontra envolvido na recuperação da função locomotora estimulada através do treino de marcha.

Wirz et al., (2005), realizaram um estudo com uma amostra de 20 pacientes com LVM incompleta, cujo tempo de evolução da lesão era superior a dois anos. Os critérios de inclusão foram: ter entre 16 e 65 anos, capacidade de permanecer na posição ortostática (manter ou deambular), tempo de evolução da doença de mais de 2 anos, não ter sido submetidos a qualquer tipo de tratamento e manter a mesma dose de medicação anti-espástica ao longo das sessões. Sob estas condições, poderia assumir-se a maioria das alterações do comportamento motor a nível de funcionalidade como resultado do treino de marcha. Os critérios de exclusão foram: presença de alguma doença grave, infecção urinária ou outra, doença tromboembólica, osteoporose significativa, contracturas ou espasticidade severa nos membros inferiores que limitassem a amplitude de movimento, história de patologia pulmonar obstrutiva ou restritiva e incapacidade para permanecer na posição ortostática por menos de 45 min sem ortóteses, ter peso superior a 150kg e tamanho do fémur menor que 35 cm ou maior que 47 cm. Os pacientes integraram um plano de treino no *Lokomat* com a duração de 8 semanas (3 a 5 vezes por semana) e foram avaliados através dos seguintes testes: 10-meter walk test, 6-minute walk test, Time up and Go, e Walking Index for Spinal Cord Injury. Os resultados demonstraram que este tipo de treino promove melhorias na marcha, sendo que houve um aumento da velocidade e facilidade na execução de certas tarefas funcionais. Contudo, não houve alterações significativas na necessidade de utilização de auxiliares de marcha ou outro tipo de auxílio.

Winchester et al., (2005), testaram o potencial de reorganização supraespinal associado a 12 semanas de treino de marcha suspensa robotizada, utilizando a ressonância nuclear magnética funcional. A amostra foi constituída por 4 indivíduos do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 20 e os 49 anos e com tempo de evolução da lesão entre 14 semanas e 4 anos. Os critérios de inclusão foram: possuir neurónios motores inferiores intactos, ter amplitude de movimento dos membros inferiores suficiente para conseguir permanecer de pé, estabilidade muscular e articular suficiente para conseguir permanecer em carga sob os membros inferiores, não ter historial de fracturas derivadas à osteoporose, não possuir úlceras de decúbito que interfiram no plano de treino ou excesso de peso. Três dos pacientes foram classificados segundo a escala ASIA com grau C e um com grau D. Cada indivíduo integrou um plano de três sessões de 60 minutos por semana durante 12 semanas. A ressonância magnética funcional revelou maior actividade em regiões corticais inerentes à sensibilidade (S1,S2) e, regiões cerebelares na sequência do treino de marcha suspensa, o que garantiu,

segundo os autores melhora a capacidade locomotora no solo. As conclusões deste estudo sugerem que o treino de reabilitação que engloba a repetição de tarefas-específicas, tal como o treino de marcha suspensa, pode promover a plasticidade supraespinal, nos centros motores que se sabe estarem envolvidos na função locomotora. Contudo, mais estudos serão necessários, nos quais a amostra avaliada seja superior, uma vez que esta constitui uma das principais limitações referidas neste estudo.

Torna-se, de certo modo limitada, a possibilidade de comparação entre os artigos referidos anteriormente, uma vez que todos possuem características diferentes, quer a nível de amostra, quer a nível de protocolos executados e também de métodos de avaliação, contudo, uma conclusão geral que é possível retirar da análise comparativa entre todos os artigos é que o treino de marcha suspensa robotizada é eficaz e promove inúmeros benefícios para indivíduos com lesão vertebro-medular incompleta.

É explícito de forma geral, que mais estudos são efectivamente necessários, com amostras superiores e condições mais específicas e controladas, com o intuito de tirar conclusões mais fidedignas a respeito dos efeitos deste tipo de treino de marcha em pacientes com lesões medulares. Isto é perfeitamente compreensível, dado que o *Lokomat* possui pouco mais de uma década de existência.

5. Conclusão:

A neuroplasticidade pode ser estimulada através de um programa de reabilitação específico, originando um nível de recuperação significativo da marcha em indivíduos com LMV incompleta. Observações realizadas em casos de LVM, na sequência de treino de marcha suspensa, revelaram que o aumento da actividade electromiográfica dos músculos extensores dos membros inferiores, associado à diminuição do suporte do peso corporal, ocorre independentemente da recuperação espontânea da função da espinal-medula. A actividade electromiográfica permanece aumentada, mesmo 3 anos após o fim do treino de locomoção em pacientes com LVM incompleta sujeitos a um treino regular; em indivíduos com LVM, sem estes procedimentos de reabilitação, a mesma diminuiu significativamente.

A conclusão geral que é possível retirar da análise dos artigos é que o treino de marcha suspensa robotizada através da ortótese *Lokomat* é um sistema relativamente recente, o qual ainda necessita de ser alvo de mais investigação a fim de permitir perceber melhor os seus efeitos a vários níveis, sobretudo a nível dos centros medulares para a locomoção, contudo, todos os estudos referidos anteriormente apontam efeitos benéficos deste tipo de treino para os pacientes com lesão vertebro-medular incompleta.

6. Bibliografia

- Alcobendas-Maestro, M., López-Dorado, E., Esclarin de Ruz, A., & Valdizán-Valledor, M. C. (2004). *Entrenamiento de la marcha en lesiones medulares incompletas con soporte del peso corporal*. Revista de neurologia, 39 (5), 406-410.
- Andrade, M., Gonçalves, S. (2007). *Lesão medular traumática, recuperação neurológica e funcional*. Acta Med Port 2007; 20: 401-406.
- Behrman, A. L., Lawless-Dixon, A. R., Davis, S. D., Bowden, M. G., Nair, P., Phadke, C., et al. (2005). *Locomotor Training Progression and Outcomes After Incomplete Spinal Cord Injury*. Physical Therapy, 85 (12), 1356-1371.
- Cai, L. L., Courtine, G., Fong, A. J., Burdick, J. W., Roy, R. R., & Edgerton, V.R. (2006). *Plasticity of functional connectivity in the adult spinal cord*. Philosophical Transactions of the royal society, 361, 1635-1646.
- Cerini, V. (2006). *Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva na Lesão Medular com Ênfase na Força e Amplitude de Movimento Ativa de Tronco: Estudo de Caso*. Cascavel.
- Colombo, G., Joerg, M., Schreier, R., & Dietz, V. (2000). *Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis*. Journal of Rehabilitation research and development, 37 (6), 693-700.
- Colombo, G., Wirz, M., & Dietz, V. (2001). *Driven gait orthosis for improvement of locomotor training in paraplegic patients*. Spinal Cord, 39, 252-255.
- Delissa, J. A., & Graus, B. M. (2002). *Tratado de Medicina de Reabilitação: Princípios e prática*. (3ª ed., vol. 2). São Paulo. Editora: Manole.
- Dietz, V., & Harkema, S. (2004). *Locomotor activity in spinal cord-injured persons*. Journal of Applied Physiology, 96, 1954-1960.
- Faria, F. (2006). *Lesões vértebro-medulares – A perspectiva da reabilitação*. Revista Portuguesa de Pneumologia, XII (1), 45-53.
- Field-Fote, E. D., & Tepavac, D. (2002). *Improved Intralimb Coordination in People With Incomplete Spinal Cord Injury Following Training With Body Weight Support and Electrical Stimulation*. Physical Therapy, 82 (7), 707-715.
- Hornby, T., Zemon, D., & Campbell, D. (2005). *Robotic-Assisted, body-weight- Supported Treadmill Training in Individuals Following Motor Incomplete Spinal Cord Injury*. Physical Therapy. 85 (1), 52-66.
- Girgis, J., Merrett, D., Kirkland, S., Metz, G. A. S., Verge, V., & Fouad, K. (2007). *Reaching training in rats with spinal cord injury promotes plasticity and task specific recovery*. Brain, 130, 2993-3003.
- Graaff, K. (2003). *Anatomia Humana*. (6ª ed). São Paulo: Editota Manole.
- Lam, T., Wolfe, D. L., Hsieh, J. T. C. & Whittaker, M. W. (2005). *Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence: Lower Limb Rehabilitation Following Spinal Cord Injury*.

Lucareli, P. (2009). *Treino de Marcha em Pacientes com Suporte de Peso em Pacientes com Lesão Medular*. São Paulo. Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Lünenburger, L., Colombo, G., Riener, R., et al. (2004). Biofeedback in gait training with the robotic orthosis Lokomat.

O'Sullivan, S. B., & Schmitz, T. J. (2004). *Fisioterapia Avaliação e Tratamento*. (4ªed.). São Paulo: Editora Manole.

Parker, D. (2006). *Complexities and uncertainties of neuronal network function*. University of Cambridge. [Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci](#).

Polia, A., Castro, D. (2007). *A Lesão Medular e suas sequelas, de acordo com o modelo de ocupação humana*. Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar. 2007, vol. 15 nº 1. Goiás.

Richardson, E., Richards, S., Boyer, B. (2007). *Spinal Cord Injury*. Comprehensive Book of clinical health psychology: Chapter 10.

Rossignol, S. (2001). *Locomotion and Its Recovery after Spinal Injury*. Neurobiology, 10 (6), 708-716.

Santos, P. A. L. C. (2009). *Efeito do sistema de marcha suspensa robotizada (Lokomat) na marcha de pacientes com lesão vertebro-medular incompleta*. Porto: P. Santos. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Seeley, R. R., Stephens, T. D., & Tate, P. (1997). *Anatomia e Fisiologia* (3ª ed.). Lisboa: Lusodidacta.

Simões, C. (2008). *Paraplegia: Prevalência, Etiologia e Processo de Reabilitação*. Tese de Mestrado em Educação Área de Especialização em Educação para a Saúde apresentada à Universidade do Minho.

Siscão, M., Pereira, C., Arnal, R., et al. (2007). *Trauma Raquimedular: Caracterização em um Hospital Público*. Arq Ciênc Saúde 2007 jul-set; 14(3): 145-7.

Souza, A., Nascimento, L., Silva, C., et al. (2006). *Estudo experimental das alterações vasculares da medula espinhal induzidas por traumatismo mecânico e compressão do canal vertebral*. Ribeirão Preto – USP.

Thomas, S., Gorassini, A. (2005). *Increases in Spinal Cord Tract by Treadmill Training After Incomplete Spinal Cord Injury*. J Neurophysical 94; 284-2855. The American Physiological Society.

Tortora, G. (2000). *Corpo Humano Fundamentos de Anatomia e Fisiologia*. (4ªed.). São Paulo: Editora Artmed.

Winchester, P., McColl, R., Querry, R., Foreman, N., Mosby, J., Tansey, K. et al. (2005). *Changes in Supraspinal Activation Patterns following Robotic Locomotor Therapy in Motor Incomplete Spinal Cord Injury*. Neurorehabil Neural Repair, 19, 313-324.

Wirz, M., Zemon, D. H., Rupp, R., Schell, A., Colombo, G., Dietz, V. et al. (2005). *Effectiveness of Automated Locomotor Training in Patients With Chronic Incomplete Spinal Cord Injury: A Multicenter Trial*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 86, 672-680.