



---

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS**

**ANÁLISE CLÍNICA E FUNCIONAL DA ESPASTICIDADE  
ANTES E APÓS A ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA  
NEUROMUSCULAR E MARCHA EM ESTEIRA COM EENM  
EM LESADOS MEDULARES**

**Janaina Roland Tancredo**

**CAMPINAS, 2012**





---

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS**

**ANÁLISE CLÍNICA E FUNCIONAL DA ESPASTICIDADE  
ANTES E APÓS A ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA  
NEUROMUSCULAR E MARCHA EM ESTEIRA COM EENM  
EM LESADOS MEDULARES**

**JANAINA ROLAND TANCREDO**

Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP para obtenção de título de Mestre em Ciências, sob orientação do Prof. Dr. Alberto Cliquet Junior.

**Campinas, 2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR  
ROSANA EVANGELISTA PODEROSO – CRB8/6652  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS  
UNICAMP

T155a Tancredo, Janaina Roland, 1980 -  
Análise clínica e funcional da espasticidade antes e  
após a estimulação elétrica neuromuscular e marcha em  
esteira com EENM em lesados medulares / Janaina  
Roland Tancredo. – Campinas, SP : [s.n.], 2012.

Orientador : Alberto Cliquet Junior.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Espasticidade. 2. Estimulação elétrica. 3.  
Marcha. 4. Paraplegia. 5. Tetraplegia. I. Cliquet  
Junior, Alberto. II. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em inglês:** Clinical and functional analysis of spasticity before and after  
neuromuscular electrical stimulation and treadmill gait with NMES in spinal cord injury.

**Palavras-chave em inglês:**

Spasticity

Electrical stimulation

Gait

Paraplegia

Quadriplegia

**Titulação:** Mestre em Ciências

**Área de concentração:** Fisiopatologia Cirúrgica

**Banca examinadora:**

Alberto Cliquet Junior [Orientador]

Sérgio Rocha Piedade

Ester da Silva

**Data da defesa:** 17-01-2012

**Programa de Pós-Graduação:** Ciências da Cirurgia

---

**Banca Examinadora da Defesa de Mestrado**  
Janaina Roland Tancredo

---

---

Orientador: Prof. Dr. Alberto Cliquet Junior

---

---

**Membros:**

---

1. Prof(a). Dr(a). Alberto Cliquet Junior-

2. Prof(a). Dr(a). Sérgio Rocha Piedade-

3. Prof(a). Dr(a). Ester da Silva-

*Alberto*  
*Sérgio Rocha Piedade*  
*Ester*

Curso de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

---

Data: 17/01/2012

---



## DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Aldo e Suely, que são e sempre serão fundamentais na minha vida.



## AGRADECIMENTOS

---

Ao Professor Doutor Alberto Cliquet Junior pelo incentivo e orientação na busca de conhecimentos para a realização desta pesquisa.

Aos meus pais: Aldo e Suely pela paciência, compreensão e força ao longo dos dias para concluir minhas coletas e pesquisa.

Ao meu irmão, André, pela paciência e colaboração em alguns momentos do meu trabalho.

A minha amiga Gabriela Cantarelli Lopes pela amizade e apoio desde a infância.

Ao meu namorado Ary J. Hespanhol Junior, pela paciência, incentivo e ajuda no funcionamento do programa quando precisei, além de doar um notebook para término da pesquisa.

A Renata Maria que elaborou o aparelho e o programa, utilizado em minha pesquisa.

A Karla Pithon que me ajudou na pesquisa, com a coleta de dados da Escala Modificada de Ashworth.

Aos meus colegas de trabalho no Laboratório do Aparelho Locomotor, em especial Elisa Azevedo, Karina Alonso e Roberta Roiz, que sempre me ajudaram e deram força e incentivo para continuar.

Aos pacientes do laboratório do Aparelho Locomotor da Unicamp que tiveram paciência e cooperaram com minhas coletas.

E aos demais que me ajudaram nesta fase.



## RESUMO

---

A lesão medular tem como uma de suas conseqüências a espasticidade, que está geralmente presente em lesões acima do último nível torácico (T12) e pode ser avaliada através de indicadores quantitativos e qualitativos. Na pesquisa, foram avaliados dois grupos, o da Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM), com dezesseis pacientes e o grupo da Marcha em Esteira com EENM com oito pacientes; todos com diagnóstico de paraplegia e tetraplegia com algum grau de espasticidade. Foram utilizadas para esta avaliação as escalas: modificada de Ashworth, a de espasmos musculares, a subjetiva da espasticidade e o teste pendular. Para aplicação do teste pendular foi utilizado o Dispositivo de Teste Pendular (DTP) – (equipamento que foi elaborado e construído especificamente para avaliar a espasticidade, que possui um acelerômetro de transdutores de cristais de quartzo e um eletrogoniômetro de fibra óptica flexível que medem as tensões e os deslocamentos angulares, respectivamente) do Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor. Os pacientes do grupo da EENM realizaram EENM nos músculos quadríceps e nervo fibular, sendo que os testes foram aplicados antes e logo após o procedimento. O mesmo foi realizado para o grupo da Marcha em Esteira com EENM. Os dados mostraram uma diminuição da espasticidade nos dois grupos, representado no grupo da EENM por variações nos parâmetros F1Ang, F1 Amp, E1 Amp, Plat Amp e ERI e no parâmetro E1 Ang no grupo da marcha. O grupo da EENM onde foi subdividido (pacientes com e sem medicação) notamos uma diferença significativa no subgrupo sem medicação na maioria dos parâmetros avaliados. Já o subgrupo com medicação apenas os parâmetros On Ang e RI foram significativos. Além disso, os dados da escala subjetiva e da escala modificada de Ashworth, após a estimulação elétrica neuromuscular também apresentaram uma redução nos valores da espasticidade, sendo que no grupo da marcha em esteira apenas a escala subjetiva foi significativa.

**Palavras Chaves:** Lesão medular; Espasticidade; Estimulação Elétrica Neuromuscular; Teste pendular.



## ABSTRACT

---

Spinal cord injury has as one of its consequences the spasticity, which is usually present in lesions above the last thoracic level (T12) and it can be assessed through quantitative and qualitative indicators. In the study it was evaluated two groups: Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) group with sixteen patients and the group of eight patients that performed treadmill gait with partial body weight support and NMES, all of them were diagnosed with paraplegia or tetraplegia with some degree of spasticity. The following scales were used for assessment: Modified Ashworth Scale, Muscle Spasms Scale, Subjective Scale of Spasticity and the pendulum test. For application of the pendulum test it was used Pendular Test Device (PTD) was used, this equipment was designed and built specifically to evaluate spasticity, which has an accelerometer of quartz crystals transducer and a flexible fiber optic electrogoniometer to measure the acceleration and angular displacement, respectively. The patients in the NMES group performed NMES in the quadriceps muscle and fibular nerve, and the tests were applied before and after the procedure. The same was done for the treadmill gait with NMES group. The data showed a decrease in spasticity in both groups, represented in the NMES group by changes in the F1Ang, F1Amp, E1Amp, Plat Amp and ERI parameters of the PTD and the gait group also presented a change in the E1Ang. In the group NMES, which was divided (patients with and without drugs), it was noticed a significant difference in the subgroup without medication in most parameters. However, in the subgroup with medication only the OnAng and RI parameters were significant. In addition, data from the Subjective Scale of Spasticity and the Modified Ashworth Scale also showed a reduction in the values in the spasticity, and in the group of treadmill gait just a Subjective Scale of Spasticity was significant.

**Keywords:** Spinal cord injury, spasticity, Neuromuscular Electrical Stimulation; pendulum test.



## LISTA DE ABREVIATURAS

---

<b>ASIA</b>	American Spinal Injuries Association
<b>ADM</b>	Amplitude de Movimento
<b>ATP</b>	Trifosfato de adenosina
<b>DTP</b>	Dispositivo Teste Pendular
<b>EENM</b>	Estimulação Elétrica Neuromuscular
<b>E1 Ang</b>	Ângulo final do primeiro movimento de extensão
<b>E1 Amp</b>	Amplitude inicial de extensão
<b>ERI</b>	Índice de relaxamento de extensão
<b>F1 Ang</b>	Ângulo final do primeiro movimento de flexão
<b>F1Amp</b>	Amplitude Inicial de flexão
<b>GABA</b>	Ácido gama-aminobutírico
<b>HC</b>	Hospital de Clínicas
<b>Hz</b>	Hertz
<b>IMC</b>	Índice de massa corpórea
<b>Kg</b>	Quilograma
<b>k<math>\Omega</math></b>	Quilo- Ohm
<b>kHz</b>	Quilo- Hertz



<b>LM</b>	Lesão Medular
<b>m</b>	Metro
<b>mV</b>	Milivolts
<b>Plat Amp</b>	Amplitude de movimento total
<b>PC</b>	Hidrólise da fosfocreatina
<b>RI</b>	Índice de relaxamento
<b>Rest Ang</b>	Ângulo final de repouso
<b>SNC</b>	Sistema Nervoso Central
<b>SNS</b>	Sistema Nervoso Somático
<b>SNP</b>	Sistema Nervoso Periférico
<b>SNV</b>	Sistema Nervoso Visceral
<b>TBA</b>	Toxina Botulínica
<b>UNICAMP</b>	Universidade Estadual de Campinas
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo



## LISTA DE TABELAS

---

	Página
<b>Tabela 1.</b> Nível neurológico dos pacientes- grupo EENM	52
<b>Tabela 2.</b> Nível neurológico dos pacientes- grupo esteira + EENM	53
<b>Tabela 3.</b> Medidas antropométricas do grupo da EENM	54
<b>Tabela 4.</b> Medidas antropométricas do grupo da esteira + EENM	55
<b>Tabela 5.</b> Medidas antropométricas do subgrupo da EENM- com medicação	56
<b>Tabela 6.</b> Medidas antropométricas do subgrupo da EENM- sem medicação	57
<b>Tabela 7.</b> Caracterização dos grupos	76
<b>Tabela 8.</b> Escala de Ashworth nos dois grupos- Antes e Após	77
<b>Tabela 9.</b> Escala Subjetiva nos dois grupos – Antes e Após	79
<b>Tabela 10.</b> Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação das variáveis entre grupos e avaliações	80
<b>Tabela 11.</b> Escala de Espasmo muscular ou Escala de Penn	81



**Tabela 12.** Resultados das *ANOVAs* para medidas repetidas para comparação 105  
das variáveis entre grupos e avaliações

**Tabela 13.** Resultados das *ANOVAs* para medidas repetidas para comparação 106  
das variáveis entre grupos e avaliações



## LISTA DE FIGURAS

---

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Reflexo patelar	31
<b>Figura 2.</b> Coluna vertebral	33
<b>Figura 3.</b> Contração muscular	36
<b>Figura 4.</b> Posicionamento do paciente para o teste pendular	59
<b>Figura 5.</b> Dispositivo Teste pendular (DTP)	60
<b>Figura 6.</b> Representação dos eixos x, y e Z do acelerômetro	61
<b>Figura 7.</b> Equipamento DTP conectado ao computador	64
<b>Figura 8.</b> Posicionamento para iniciar o teste pendular (aproximadamente 180°).	66
<b>Figura 9.</b> Curva do teste pendular antes e após o uso da EENM –Perna D	67
<b>Figura 10.</b> Estimulador Elétrico de 4 canais	68
<b>Figura 11.</b> EENM da musculatura do quadríceps e fibular	69
<b>Figura 12.</b> Marcha em esteira com EENM	70
<b>Figura 13.</b> Tela de aquisição dos dados	71
<b>Figura 14.</b> Tela de consulta	72
<b>Figura 15.</b> Parâmetros do teste pendular	83
<b>Figura 16.</b> On Ang- ângulo inicial - Grupo EENM	84



<b>Figura 17.</b> On Ang- ângulo inicial – Grupo Marcha em esteira com EENM	85
<b>Figura 18.</b> F1Ang-ângulo final do primeiro movimento de flexão	86
Grupo marcha em esteira + EENM	
<b>Figura 19.</b> F1 Ang- ângulo final do primeiro movimento de flexão –	87
Grupo marcha em esteira + EENM	
<b>Figura 20.</b> Comparação do parametro F1 Ang dos Subgrupos com e	88
sem medicação- Grupo EENM	
<b>Figura 21.</b> F1 Amp- amplitude inicial de flexão- Grupo EENM	89
<b>Figura 22.</b> F1 Amp- amplitude inicial de flexão- Grupo marcha em esteira	89
+ EENM	
<b>Figura 23.</b> Comparação do parametro F1 Amp dos subgrupos com e	90
sem medicação- Grupo EENM	
<b>Figura 24.</b> E1 Amp- amplitude inicial de extensão- Grupo EENM	91
<b>Figura 25.</b> E1 Amp- amplitude inicial de extensão- Grupo marcha	92
em esteira + EENM	
<b>Figura 26.</b> Comparação do parametro E1 Amp dos subgrupos com	93
e sem medicação- Grupo EENM	
<b>Figura 27.</b> Amp- amplitude total de movimento- Grupo EENM	94



<b>Figura 28.</b> Plat Amp- Grupo Marcha em esteira + EENM	94
<b>Figura 29.</b> Plat Amp- amplitude total de movimento antes e após dos Subgrupos com e sem medicação	96
<b>Figura 30.</b> Comparação do parâmetro Plat Amp dos subgrupos com e sem medicação- Grupo EENM	96
<b>Figura 31.</b> Índice de relaxamento- Grupo EENM	98
<b>Figura 32.</b> Índice de relaxamento- Grupo marcha em esteira com EENM	98
<b>Figura 33.</b> Índice de relaxamento antes e após a EENM- Grupo com medicação	99
<b>Figura 34.</b> Índice de relaxamento antes e após a EENM- Grupo sem medicação	100
<b>Figura 35.</b> Comparação do parâmetro RI dos dois subgrupos- com e sem medicação- Grupo EENM	100
<b>Figura 36.</b> Índice de relaxamento em extensão Grupo EENM	101
<b>Figura 37.</b> Índice de relaxamento em extensão- Grupo marcha em esteira + EENM	102
<b>Figura 38.</b> ERI antes e após EENM- Grupo com medicação	103
<b>Figura 39.</b> ERI antes e após EENM- Grupo sem medicação	103



**Figura 40.** Comparação do parâmetro ERI dos dois subgrupos- com  
sem medicação- grupo EENM

104



	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b>	8
<b>ABSTRACT</b>	9
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	23
<b>2 OBJETIVOS</b>	27
2.1 Objetivo Geral	28
2.2 Objetivo Específico	28
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b>	29
<b>3.1 Sistema Nervoso</b>	30
<b>3.2 Medula Espinhal</b>	32
<b>3.3 Sistema Muscular</b>	34
3.3.1 Fadiga Muscular	37
<b>3.4 Arcos Reflexos</b>	37
<b>3.5 Motilidade</b>	38
<b>3.6 Lesão Medular</b>	39
3.6.1 Espasticidade	41



3.6.1.1 Avaliação	43
3.6.1.2 Tratamentos	45
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Amostra</b>	<b>50</b>
<b>4.2 Procedimentos</b>	<b>51</b>
4.2.1 Avaliação Clínica	51
4.2.2 Posicionamento para o teste pendular	58
<b>4.3 Dispositivo Teste pendular (DTP)</b>	<b>60</b>
4.3.1 Sensores	60
4.3.1.1 Acelerômetro	61
4.3.1.2 Eletrogoniômetro	61
4.3.2 Sistema Completo	62
<b>4.4 Protocolo Experimental</b>	<b>65</b>
<b>4.5 Aquisição e interpretação dos dados</b>	<b>71</b>
<b>4.6 Análise Estatística</b>	<b>73</b>
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>75</b>



<b>5.1 Características dos grupos</b>	76
<b>5.2 Escalas</b>	76
<b>5.3 Parâmetros do Teste Pendular</b>	82
5.3.1 Ângulo inicial- On Ang	83
5.3.2 Ângulo final do primeiro movimento de flexão-F1Ang	85
5.3.2.1 F1 Ang- subgrupo com medicação e sem medicação	87
5.3.3 F1 Amp - Amplitude inicial de flexão	88
5.3.3.1 F1 Amp - com medicação e sem medicação	90
5.3.4 E1 Amp – Amplitude inicial de extensão	91
5.3.4.1 E1 Amp- com medicação e sem medicação	92
5.3.5. Plat Amp- Amplitude de movimento total	93
5.3.5.1 Plat Amp- com medicação e sem medicação	95
5.3.6. RI- Índice de relaxamento	97
5.3.6.1. RI – com medicação e sem medicação	99
5.3.7. ERI- Índice de relaxamento em extensão	101
5.3.7.1. ERI- com medicação e sem medicação	102
5.3.8 Análise comparativa entre Grupos e Tempos	104
<b>6 DISCUSSÃO</b>	107
6.1 Caracterizações dos grupos	109



6.2 Escalas	109
6.3 Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) e Marcha em Esteira	111
6.4 Parâmetros do Teste Pendular	112
<b>7 CONCLUSÃO</b>	117
<b>8 REFERÊNCIAS</b>	119
<b>9 ANEXOS</b>	125
<b>Anexo 1:</b> ASIA	126
<b>Anexo 2:</b> Termo de consentimento livre e esclarecido	127
<b>Anexo 3:</b> Ficha de Avaliação	129
<b>Anexo 3:</b> Submissão do artigo	131
<b>Anexo 4:</b> Apresentação oral em congresso- IFESS 2011	132
<b>10 APÊNDICE</b>	133
<b>Apêndice 1:</b> Artigo IFESS 2011	134



## **1 INTRODUÇÃO**

A lesão medular (LM), de acordo com estimativas disponíveis para a população mundial, afeta cerca de 20 a 40 pessoas a cada milhão de habitantes, provocando um grande impacto na vida dos pacientes e de seus familiares (1). É uma patologia que dependendo do grau de comprometimento, gera alterações motoras e sensitivas (2).

A lesão da medula espinhal traz inúmeras complicações aos pacientes, sendo que estas são geradas pela própria lesão, como as infecções urinárias de repetição, a osteoporose pela diminuição da tensão mecânica nos ossos, as deficiências cardiovasculares, a atrofia muscular, a espasticidade, entre outros (3,4).

Uma das características do paciente com lesão medular é a espasticidade. Ela ocorre quando há uma lesão do neurônio motor superior causando um aumento do reflexo de estiramento, alterações do tônus muscular e, especialmente, uma maior resistência ao movimento passivo, entre outros (5,6).

Há várias técnicas de mensurar a espasticidade, como por exemplo, as escalas (sendo que a mais utilizada é a escala modificada de Ashworth) e o teste pendular. Uma das técnicas do teste pendular mais comum é o teste do pêndulo de Wartenberg que consiste em medir a espasticidade e a rigidez através da movimentação passiva da articulação do joelho (7,8).

Em nossa pesquisa para realizar o teste pendular foi utilizado o Dispositivo de Teste Pendular, o DTP, elaborado e construído especificamente para quantificar a espasticidade nos lesados medulares. Possui como sensores o eletrogoniômetro e o acelerômetro.

O dispositivo é de fácil manuseio, permitindo a coleta de dados e a elaboração e a visualização de um gráfico simultaneamente com a realização do experimento (33).

Existem muitas formas de tratamento para a espasticidade, que ajudam na manutenção da qualidade de vida desses pacientes. Uma delas é a fisioterapia convencional que atua diminuindo as contraturas, manutenção da amplitude de movimento, alongamento entre outros através da hidroterapia, cinesioterapia, etc.

O tratamento medicamentoso é outra forma de atuação. Ele é utilizado quando ocorre uma alteração na função ou deformidades músculo-esqueléticas. Atua diminuindo a excitabilidade dos reflexos medulares.

A droga mais utilizada é o baclofeno, mas existem ainda outras como o Diazepam, Clorazepato, Clonazepam, Pirazepam, Tizanidina entre muito outros (9).

A utilização da EENM é outra forma de diminuir a espasticidade. Com a aplicação da Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) observa-se, que ocorre de início uma inibição e relaxamento do músculo espástico e estimulação de vias aferentes. E posteriormente, ações na neuroplasticidade, as quais possibilitam modificar as propriedades viscoelásticas musculares. A marcha em esteira + EENM apresenta fatores de melhora na estima dos pacientes que com a lesão já fica comprometida, como também melhora nos fatores cardiovasculares. Também proporciona diminuição da osteoporose entre outros fatores e relaxamento dos músculos espásticos.

Assim o objetivo foi a utilização da EENM e da Marcha em esteira com EENM nos lesados medulares utilizando escalas e o teste pendular para quantificar a espasticidade.



**2 OBJETIVOS**

## **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo do trabalho é avaliar a espasticidade e os meios utilizados nos lesados medulares, com relevância ao Dispositivo de Teste Pendular.

## **2.2 Objetivo Específico**

Verificar se, após a estimulação elétrica neuromuscular (EENM) e marcha em esteira + EENM aplicando o teste pendular e escalas em pacientes com lesão medular, ocorre uma redução significativa na intensidade da espasticidade.

E ainda, avaliar a correlação da utilização da medicação e sem medicação no grupo da EENM na espasticidade.

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

### 3.1 Sistema Nervoso

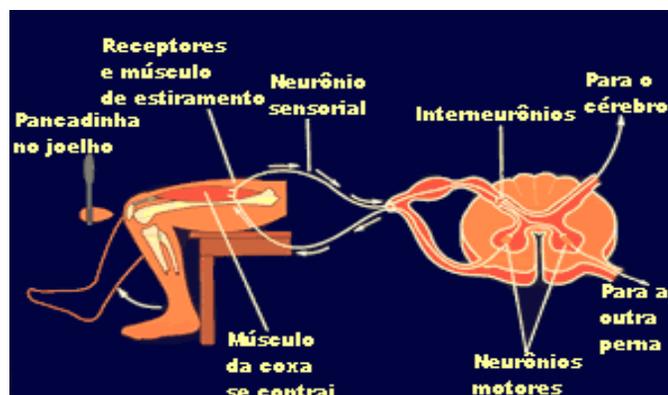
O sistema nervoso é um complexo molecular organizado e constituído por células especializadas denominadas neurônios. O neurônio é a unidade funcional do sistema nervoso e tem a capacidade de se comunicar com outros neurônios formando redes neuronais. A conexão entre os neurônios se dá através de estruturas sinápticas. Funcionalmente os neurônios são estruturas físico-motoras que, em redes, recebem, processam e conduzem estímulos para outros sistemas.

Um possível mecanismo da atividade neuronal é a codificação por seqüência de potenciais de ação que propagam dos axônios, fibras dos neurônios, que conduzem as informações até a terminação pré-sináptica levando à liberação de neurotransmissores. O neurotransmissor pode excitar a atividade da célula pós-sináptica inibindo-a ou influenciando-a para dar continuidade à ação que leva a informação para outros neurônios (10).

No sistema nervoso existem dois tipos de neurônios: os neurônios sensitivos (ou neurônios eferentes) que estão situados na superfície e são especializados em receber e conduzir estímulos até o centro processador do órgão e os neurônios motores (ou neurônio aferentes), que estão situados nos gânglios e são especializados na condução do impulso do centro até o efetador, no caso os músculos. Assim a conexão do neurônio sensitivo com o neurônio motor se faz através de uma sinapse (11).

Um exemplo funcional é o reflexo patelar: quando bate com um martelo no joelho de um indivíduo, a perna se projeta para a frente. Nesse caso o martelo estimula receptores musculares dando origem a impulsos nervosos que seguem pelo neurônio sensitivo até fazer sinapse com os neurônios motores situados na medula espinhal. Posteriormente o impulso sai pelo axônio do neurônio motor e volta ao membro inferior e

estimula as fibras musculares do quadríceps, isso faz com que a perna se projete para a frente (figura 1).



**Figura 1.** Reflexo patelar

Em todos os processos de estímulos e respostas há a participação de outro tipo de neurônio denominado de neurônio de associação. Esses neurônios possibilitam um aumento do número de sinapses o que acarreta uma determinada complexidade e uma seletividade do sistema nervoso em processar informações. O resultado importante é a melhora da capacidade de reconhecer e sentir detalhes na realização de padrões de comportamento cada vez mais elaborados (11).

Macroscopicamente o Sistema Nervoso pode ser dividido em Sistema Nervoso Central (SNC) que compreende o encéfalo e a medula espinhal e, Sistema Nervoso Periférico (SNP) que compreende os nervos, gânglios e terminações nervosas. O Sistema Nervoso Central está alojado no interior do esqueleto axial (cavidade craniana e canal vertebral), enquanto o Sistema Nervoso Periférico localiza-se fora do esqueleto (11).

Funcionalmente o Sistema Nervoso pode ser dividido em Sistema Nervoso Somático (SNS) e Sistema Nervoso Visceral (SNV). O SNS relaciona o organismo com o meio exterior, sendo sensível a alterações do meio ambiente. Com isso a informação obtida pela interação direta ou indireta sensibiliza os neurônios sensitivos que, através da conexão

com os neurônios motores, resultam respostas em movimentos voluntários. Já o SNV relaciona-se com a inervação e controle das estruturas viscerais sendo que todos os processos e movimentos são também efetuados pelos neurônios sensitivos e neurônios motores (11,12).

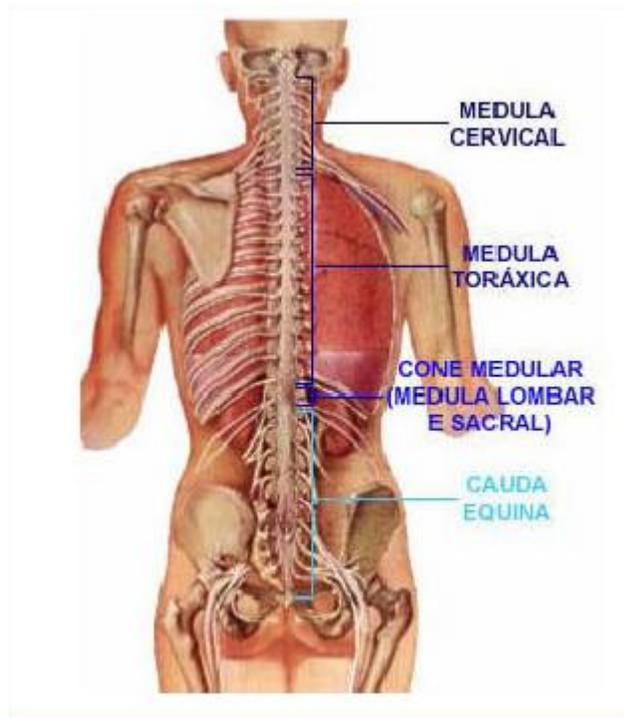
A organização morfofuncional do Sistema Nervoso se resume no seguinte mecanismo: os impulsos nervosos que ocorrem na superfície, por ex. pele ou nas superfícies das vísceras, dos músculos e tendões, são conduzidos pelos neurônios sensitivos cujos corpos estão situados nos gânglios sensitivos. Nessa fase a continuidade dos impulsos é feita pelos axônios desses neurônios que podem ligar diretamente produzindo o denominado reflexo simples, ou então por meio de conexões de neurônios de associação com neurônios motores que levam os impulsos a músculos ou glândulas, formando arcos reflexos mono ou polisinápticos (12).

### **3.2 Medula Espinhal**

A medula espinhal é uma estrutura de tecido nervoso que está no interior do canal vertebral. É formada por dois tipos de tecidos: uma substância central denominada de cinzenta constituída pelos corpos celular dos neurônios, e outro periférico, a substância branca formada por axônios dos neurônios e denominada de fibras nervosas ascendentes e fibras nervosas descendentes (11,12)

Ao longo de sua estrutura, a medula recebe fibras de neurônios localizados nos gânglios espinhais, como também saem fibras de neurônios situados no seu interior. O conjunto dessas fibras neuronais forma o Sistema Nervoso Periférico (SNP). As fibras nervosas têm a função de unir diferentes partes da medula, como também a de interligar a medula com outras estruturas nervosas localizadas no encéfalo (11)

Pode-se dizer que geralmente as fibras ascendentes são de função sensorial, e as descendentes de função motora. A chegada das fibras sensitivas e a emergência de fibras motoras não ocorrem de forma contínua ao longo de toda extensão medular, mas ao nível de planos transversais que dividem a medula em segmentos. Assim a medula espinhal é formada por uma série de segmentos, sendo: oito cervicais (C1 a C8), doze torácicos (T1 a T12), cinco lombares (L1 a L5) e cinco sacrais (S1 a S5) (figura 2).



**Figura 2.** Coluna vertebral

Cada segmento tem sua influência relacionada com movimentos, sensibilidade e funcionamento de órgãos e membros. Dessa forma os segmentos cervicais (C1 a C8) controlam sensibilidade e movimento dos membros superiores e do movimento cervical; os segmentos torácicos (T1 a T12) controlam movimento e sensibilidade de parte dos membros superiores, do tórax e do abdome; os segmentos lombares (L1 a L5) estão relacionados com os membros inferiores e os sacrais (S1 a S5) com a sensibilidade da

região genital, funcionamento da bexiga e intestinos como também controlam parte dos membros inferiores (13)

### **3.3 Sistema Muscular**

É constituída de células alongadas formando fibras musculares que se apresentam na mesma direção em que o órgão se contrai ou se distende. As forças desenvolvidas ao contrair-se, geram tensões e podem realizar trabalho com a energia armazenada ao longo da estrutura molecular contraída (14)

De acordo com os caracteres histológicos e fisiológicos os músculos são classificados em 3 tipos: esquelético ou estriado, cardíaco e o liso. O Sistema Nervoso Central orienta os movimentos dos músculos estriados, os quais respondem rapidamente à vontade e por isso são também denominados de músculos voluntários (11).

Para ocorrer o fenômeno da contração ou distensão das células musculares há necessidade da conversão de energia química em tensão e conseqüentemente em trabalho mecânico. É um processo conservativo no qual a molécula de ATP (trifosfato de adenosina) sofre hidrólise e fornece energia livre às proteínas contráteis dos músculos. Ela é regenerada com a energia que recebe da hidrólise da fosfocreatina (PC) e essa, por sua vez, se reconstitui com a energia liberada pela oxidação de carboidratos e gorduras (14).

Quando o músculo se contrai deslocando uma carga há a realização de trabalho mecânico e essa contração se denomina isotônica. Existe um processo quando não há contração, mas o músculo entra em estado de tensão denominado de isométrica, onde não produz trabalho, mas executa importante função, pois se opõe a outra força, como por exemplo, a gravidade, mantém a postura do corpo ou a posição de um objeto.

As contrações musculares isotônicas e isométricas podem ser simples ou tetânica. É simples quando é gerada por um estímulo único e eficiente e constitui a forma

elementar da contração muscular. A dinâmica desse processo mostra que o estímulo chega ao músculo e, após um período de excitação latente, dá-se o início da resposta com o músculo entrando numa fase de contração ou de energia crescente. A seguir processa-se a descontração com velocidade proporcional à carga que sustenta, essa fase é de energia decrescente ou o período de relaxamento. Em geral o período de contração é variável e depende dos tipos de músculos, podendo ser longo nos músculos lisos (segundos), e curto nos estriados (milissegundos) (11,14).

Em geral, a unidade funcional muscular obedece à lei do “tudo ou nada”, ou seja, a fibra muscular não responde ao estímulo ou então responde com a intensidade máxima. Cada fibra muscular estriada é uma massa protoplasmática polinucleada (uma célula cujo núcleo se multiplicou, mas o protoplasma cresceu sem se dividir). Quando o músculo é composto de fibras de diferentes excitabilidades poderá haver a não obediência à lei do “tudo ou nada” e assim as respostas serão graduais. Ao ser excitado com vários estímulos de intensidades crescentes, as suas respostas também crescem até chegar a um máximo.

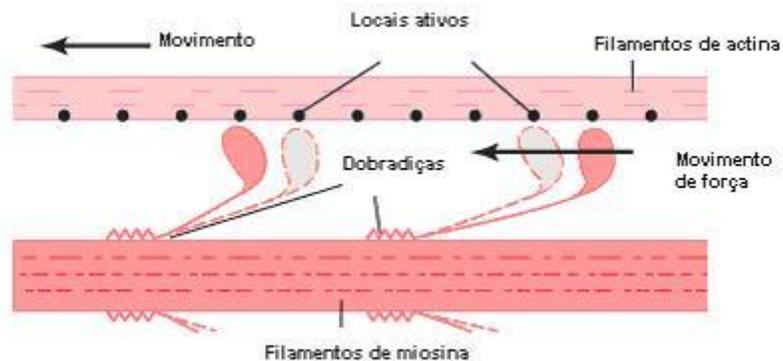
Toda fibra muscular tem o seu limiar de excitação; assim se na fase de excitação, muito próximo desse limiar forem aplicados estímulos eles se somam e juntos produzem um estímulo único que alcança o limiar das fibras e o resultado é uma contração de grande amplitude. O músculo sempre aguarda atingir o limiar de excitação. Quando a contração muscular é mantida por estímulos repetidos denomina-se contração tetânica ou tétano.

Define-se como unidade motora a formação de uma estrutura que consiste na ligação entre um neurônio motor e um conjunto de fibras musculares. Sempre que houver contrações musculares significa que ocorreu a ativação das unidades motoras (11).

A unidade motora é formada por um neurônio motor e o conjunto de fibras musculares que a ele se ligam. A menor contração natural possível corresponde à ativação

de uma dessas unidades. Quando um estímulo exige maior força para o desempenho de uma atividade muscular os centros nervosos simultaneamente ativam um número maior de unidades motoras e aumentam a frequência das excitações, passando da condição pré-tétano para tétano. Nestas condições os centros nervosos motores conseguem descarregar os estímulos com uma frequência máxima da ordem de 40 a 50 estímulos por segundo.

Voltando e analisando a contração muscular, agora sob o ponto de vista molecular onde temos de considerar que no citoplasma da fibra muscular, por exemplo, dos músculos estriados, existe muitas miofibrilas. As miofibrilas são constituídas por dois tipos de proteínas: a actina e a miosina. Essas proteínas estão distribuídas regularmente, formando alternadamente faixas claras que contém apenas actina e faixas escuras que contém miosina e alguns filamentos de actina. Como sabemos, a contração do músculo estriado é voluntário e a dinâmica desse movimento é feita pelo deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina. O encurtamento das miofibrilas se dá através desse deslizamento e conseqüentemente ocorre contração muscular.



**Figura 3.** Contração muscular

O músculo pode se encontrar no estado relaxado (onde os filamentos de actina mal se sobrepõem e suas extremidades se estendem de um disco Z a outro disco Z), ou no estado contraído, onde há uma tração entre os filamentos de actina onde estes são tracionados por entre os filamentos de miosina, de forma que a extremidade de uma se

sobrepõem sobre as outras. A força da interação entre as pontes cruzadas ocasiona a contração através do deslizamento entre os filamentos de actina e miosina. Este processo é a fisiologia da contração muscular (figura 3).

### 3.3.1 Fadiga Muscular

Quando o músculo é submetido a uma seqüência repetida e continuada de estímulos e as respostas vão diminuindo de amplitude até atingir um estado em que cessam completamente, ocorre o que denominamos de fadiga muscular. Geralmente o estado de fadiga depende dos seguintes fatores: da força que o músculo suporta, da freqüência das excitações e das condições fisiológicas do músculo.

Em geral quando as reservas nutritivas das células musculares atingem um valor incompatível com as necessidades para o desempenho, assim como deficiência de oxigênio e o acúmulo de produtos metabólicos, temos a manifestação da fadiga muscular. Para sair do estado de fadiga e atingir uma boa eficiência muscular é necessária que ocorra a oxigenação, a reposição de nutrientes trazidos pela circulação sanguínea e a remoção dos produtos metabólicos (11)

## 3.4 Arcos Reflexos

Como vimos, a medula espinhal é o órgão do Sistema Nervoso Central (SNC) onde se processam os múltiplos reflexos musculares e produzem respostas musculares localizadas. O ato reflexo é um tipo de atividade muscular nervosa que não varia em qualidade, mas em quantidade (12). Só ocorre quando atua sobre o receptor sensorial que ativa a via nervosa a qual gera a correspondente resposta motora. Alguns desses atos reflexos são:

a) Reflexo de estiramento muscular – faz com que qualquer músculo que seja esticado em demasia se contraia instantaneamente, o que impede variações significativas de seu comprimento. É importante por tornar os movimentos corporais contínuos, fluidos e uniformes e não abruptos trêmulos e irregulares.

b) Reflexo tendinoso muscular – provoca o relaxamento muscular quando sua tensão fica excessivamente aumentada.

c) Reflexo com origem nos pés – São atos reflexos que ajudam a sustentação do corpo contra a ação da gravidade. Ex. a pressão sobre a sola dos pés faz com que as pernas fiquem rigidamente estendidas para sustentar o corpo.

d) Reflexos que ajudam evitar lesão do corpo – são processos de respostas disparados quando alguma parte do corpo está na iminência de ser lesado.

e) Reflexo da marcha – são estruturados em circuitos localizados na perna e na medula espinhal que produzem movimentos de marcha.

f) Reflexos vesicais e retais – são aqueles responsáveis pelo movimento e respostas dos órgãos internos processadores e excretórios.

### **3.5 Motilidade**

É muito importante mencionar um órgão do sistema nervoso que está ligado com a coordenação e controle da motilidade, em especial dos movimentos de precisão apreendidas e das marchas. O órgão responsável pela coordenação e tráfego desses movimentos é o cerebelo. Ele recebe informações sobre o grau de contração muscular e envia por meio das vias descendentes complexas, impulsos capazes de coordenar a resposta motora. Também se relaciona diretamente com os órgãos sensoriais e com o córtex cerebral. Participa no mecanismo de regulação motora de três funções – a do equilíbrio, por meio de conexões com o aparelho vestibular; do tônus muscular, por meio de conexões

vestibulares e reticulares; e a da precisão de movimento, mediante conexões corticais (11,15).

O cerebelo parece representar um sistema funcional que coordena o deslocamento e a posição do organismo dentro do complexo sistema de coordenadas espaciais. Isso pode ser ilustrado por um dos sinais mais comuns de disfunção cerebelar: o tremor que acompanha o movimento do braço que voluntariamente se dirige a determinado objetivo e que aumenta de amplitude à medida que dele se aproxima (11).

### **3.6 Lesão Medular**

Como vimos anteriormente, a medula espinhal é constituída por células nervosas, os neurônios, e por longas fibras nervosas chamadas axônios, que são prolongamentos dos neurônios e formam as vias espinhais. A medula é uma grande condutora de impulsos nervosos sensitivos e motores entre o cérebro e as demais partes do corpo. Os neurônios que estão localizados na porção mais anterior da medula são responsáveis pelo movimento e os localizados na porção posterior são responsáveis pela sensibilidade (11,15).

Apesar de estar protegida pela estrutura óssea e muscular da coluna vertebral, a medula espinhal pode ser lesada de duas maneiras principais: por traumas causados por acidentes automobilísticos, arma de fogo, queda de altura, mergulho em água rasa e outros; por processos não-traumáticos de origem congênitos (meningocele, mielomeningocele), as provocadas por vírus, por infecções, acidentes vasculares e tumorais (16 e 17).

A extensão da lesão medular vai desde uma compressão de origem extra medular provocada por uma ou mais vértebras deslocadas por fratura dos ossos da coluna

vertebral, até a secção parcial ou total intramedular ocasionado pela violência de um acidente, além, é claro, dos processos de doença aonde os neurônios vão sendo debilitados nas suas funções e acabam perecendo.

Grosso modo, a lesão medular desenvolve nas suas vizinhanças uma hipoestesia ou diminuição da sensibilidade ou então, de forma mais drástica, dependendo da natureza da lesão, uma anestesia que afeta de forma global as diversas modalidades sensitivas.

Assim podemos classificar as lesões medulares de completa quando existe a ausência da sensibilidade e da função motora nas regiões do corpo abaixo do nível da lesão e, incompleta quando é observada preservação parcial das funções motoras e da sensibilidade também abaixo do nível da lesão.

As lesões medulares provocam alterações: da motricidade, do tônus muscular e dos reflexos. Denomina-se paresia a incapacidade parcial de realizar movimentos voluntários; quando a incapacidade é total denomina-se paralisia ou plegia. Assim quando a perda da motricidade voluntária ocorre em todo um lado do corpo, temos a hemiplegia; quando nos quatro membros do corpo e nos órgãos pélvicos temos a tetraplegia e, se atinge os dois membros inferiores, tronco e órgãos pélvicos temos a paraplegia (17).

O tônus muscular é o estado de relativa tensão em que se encontra o músculo normal em repouso. Diz-se que há hipertonia quando o tônus aumenta, e hipotonia quando o tônus diminui e atonia no caso de ausência completa do tônus.

Nas alterações da motricidade devido a lesões da medula pode haver aumento, diminuição e ausência na intensidade dos reflexos músculos-tendinosos e são denominados de hiperreflexia, hiporreflexia e arreflexia respectivamente (11,12)

Nas lesões dos neurônios motores da coluna anterior da medula, também chamada de síndrome do neurônio inferior ou periférico, ocorre paralisia com hiporreflexia e hipotonia e são denominadas de paralisias flácidas.

As paralisias com hiperreflexia e hipertonia provêm de lesões medulares localizadas nos tratos piramidais ou na área piramidal do córtex e são denominadas de paralisias espásticas.

### 3.6.1 Espasticidade

Um dos distúrbios motores mais comuns e incapacitantes observados nos lesados medulares é a espasticidade. Ela pode ser definida como uma desordem motora devido à lesão do neurônio motor superior e está presente quando ocorre um aumento do reflexo de estiramento (18)

Apresenta como características uma postura anormal, padrões de movimento em massa, dificuldade ou incapacidade de realizar movimentos isolados em uma articulação, reação de retirada em flexão devido ao exagero dos reflexos, ocasionando assim, uma atividade muscular involuntária. Isso ocorre quando é realizado um movimento ativo ou passivo, dependendo da velocidade aumentando assim o reflexo de estiramento ou miotático (19,32).

O quadro clínico da espasticidade é caracterizado pelo aumento do tônus muscular (hipertonia) e exacerbação dos reflexos tendinosos (hiperreflexia) profundos. Esta hipertonia se manifesta pelo aumento da resistência do músculo ao estiramento, sinal de canivete, com predomínio de sua distribuição na musculatura antigravitacional. Apresenta ainda clônus, sinal de babinski, sinergismo em massa, fraqueza e atrofia muscular,

contratura, perda na elasticidade muscular, além da perda da destreza e controle dos movimentos (5,20).

A espasticidade e hiperreflexia são conseqüências da perda de modulação do sistema piramidal e extrapiramidal, isso ocorre devido às lesões no córtex motor. Com isso os circuitos que organizam o reflexo miotático são liberados principalmente os da musculatura extensora (6).

Nos membros superiores a espasticidade é mais freqüente nos músculos flexores, com a flexão do cotovelo, pronação do punho, flexão dos dedos e postura em adução e rotação interna do ombro. Nos membros inferiores há predomínio nos músculos extensores, com extensão do joelho, flexão plantar e inversão do pé, extensão e rotação interna do quadril (21).

A intensidade da espasticidade depende de vários fatores como a ansiedade, fadiga, temperatura ambiental, a presença de úlceras de decúbito, infecções urinárias e problemas emocionais. Ela possui vantagens porque facilita nas transferências e outras atividade da vida diária, ajuda manter o tônus muscular, a densidade óssea e como desvantagens a dificuldade nas transferências, facilita o aparecimento das deformidades e lesões em pele entre outros fatores. É importante ressaltar que a espasticidade ocorrem várias vezes ao dia (5, 22, 23).

A espasticidade pode causar alterações musculares secundárias e desenvolvimento de contraturas assim como alterações nas propriedades viscoelásticas. Também o tecido conjuntivo de músculos espásticos paréticos pode contribuir para restrição passiva ao movimento, que pode ser um fator limitante em termos da habilidade do músculo de gerar torque (24).

### 3.6.1.1 Avaliação

Para avaliar a espasticidade podemos utilizar indicadores quantitativos e qualitativos. Clinicamente são utilizados métodos subjetivos como os relatos dos pacientes com relação da intensidade e durabilidade da espasticidade e várias escalas. Pode-se ainda utilizar a eletromiografia e medições biomecânicas como medição da força muscular espástica para avaliar a espasticidade. (5, 20, 23,24).

A escala Modificada de Ashworth é a mais utilizada na avaliação da espasticidade. É realizada a movimentação passiva forçada de forma rápida, para quantificar o grau de resistência e o momento que isso ocorre na amplitude articular. Sua classificação consiste: (5,20):

- 0 = Nenhum tônus muscular
- 1= Leve aumento do tônus manifestado por uma resistência mínima no fim do arco do movimento quando a parte afetada é movida em extensão ou flexão
- 1+ =Leve aumento do tônus manifestado por tensão e em seguida resistência mínima em menos da metade da ADM
- 2= Aumento mais marcante no tônus muscular, apesar da ausência de comprometimento da amplitude articular, porém as partes afetadas movem-se lentamente
- 3= Aumento considerável do tônus muscular dificultando a movimentação passiva
- 4= Rigidez nas partes afetadas para flexão ou extensão.

A goniometria (ou escala de Tardieu) pode ser utilizada também para mensurar a limitação do arco de movimento articular. Os ângulos mais testados são abdução dos quadris, poplíteo, flexão plantar do tornozelo, flexão e extensão de punho (5,20).

A escala de Penn, também conhecida de escala de espasmos musculares, utilizada para avaliar de 0 a 4 a frequência com que os espasmos aparecem, sendo (5):

- 0: sem espasmos
- 1: espasmos induzidos por estímulos vigorosos
- 2: espasmos espontâneos: menor que 1 hora
- 3: espasmos espontâneos: entre 1 e 10 horas
- 4: espasmos espontâneos: maior que 10 horas

A espasticidade pode vir acompanhada a um quadro doloroso, por isso a escala analógica de dor pode ser também utilizada para quantificar a existência da mesma quando a espasticidade se manifestava. Para avaliar esta escala é dado ao paciente um escore de 0 a 10, onde irá quantificar a intensidade da dor durante a espasticidade, sendo 0 nenhuma dor e 10 pior dor possível quando ela é manifestada (5).

Podemos utilizar também uma forma subjetiva, como por exemplo, escala subjetiva de espasticidade a qual o paciente vai quantificar sua percepção de intensidade de espasticidade desde o momento que ele acordou até momentos antes e após a realização do teste pendular. Podemos mostrar uma escala ao paciente, de 0 a 10, no qual 0 é denominado sem espasticidade e 10 muita espasticidade.

Para quantificar a parte funcional da espasticidade, existem duas escalas que podem ser consideradas. Uma é o Índice de Barthel, onde é avaliado o grau de independência nas atividades da vida diária. Para quantificar este índice é realizado um questionário no qual o paciente irá determinar o grau de independência sem ajuda física ou verbal (5,20). Outra escala é a Medida de Independência Funcional, a qual possui dezoito itens para avaliar os cuidados pessoais, locomoção, mobilidade e etc (5).

Além disso, existe a avaliação da espasticidade através do teste do pêndulo de Wartenberg que consiste em medir a espasticidade e a rigidez através da movimentação passiva da articulação do joelho. Esta forma de avaliar é importante porque os dados obtidos apresentam uma boa precisão da intensidade da espasticidade (7, 8, 24).

### 3.6.1.2 Tratamentos

A espasticidade com já mencionado anteriormente, trás diversos benefícios e malefícios para a atividade do cotidiano dos pacientes lesados medulares, sendo importante a utilização de mecanismos para prevenir o excesso ou diminuir a intensidade da mesma.

Para isso há diversos métodos utilizados. Um deles e mais conhecido é a fisioterapia convencional, o qual utiliza da cinesioterapia, crioterapia, calor, hidroterapia entre outras formas para manter principalmente a ADM, reeducação neuromotora, o comprimento muscular e o relaxamento da musculatura desses pacientes lesados medulares (20).

O uso da estimulação elétrica nos lesados medulares é utilizado para a contração muscular com objetivos funcionais. No caso da espasticidade com a utilização ocorre uma inibição recíproca e relaxamento da musculatura espástica, além da estimulação sensorial das vias aferentes. Ainda possui como efeito tardio o efeito da neuroplasticidade (20). Este feito de relaxamento, muitas vezes é por curto espaço de tempo, e ainda que apenas a estimulação elétrica máxima e prolongada possa fadigar a musculatura a ponto de esgotar um músculo espástico (25).

Além disso, a estimulação elétrica em pacientes tetraplégicos também age na prevenção como na redução da ossificação heterotópica (26).

Segundo Vodovnik et al (27), a utilização da estimulação elétrica ajuda na redução do número e intensidade da espasticidade, por volta de um dia mais ou menos.

O tratamento medicamentoso é utilizado quando os efeitos da espasticidade começam a apresentar um comprometimento funcional ou deformidades musculoesqueléticas. A maioria das drogas utilizadas age nos neurotransmissores no SNC e algumas no músculo ou nervo (9).

A intensidade da espasticidade pode aumentar quando ocorre o aparecimento de uma escara ou infecção urinária, fratura, trombose venosa, unha encravada, entre outros fatores muito comuns em lesados medulares, e que muitas vezes difícil de ser diagnosticada, pela ausência, por exemplo, de sensibilidade. Por isso deve verificar ao certo quais os motivos que estão levando a ocorrência da mesma para então utilizar a medicação, pois a relação custo-benefício deve ser analisada em relação aos efeitos colaterais e interação medicamentosa destas drogas (9,20).

As drogas utilizadas têm ação de diminuir a excitabilidade dos reflexos medulares. O mecanismo de ação destas drogas ainda não foi totalmente estabelecido, mas agem no SNC, alterando a função dos neurotransmissores. Elas podem diminuir a excitação glutamatérgica ou aumentar a inibição dos principais neurotransmissores inibitórios do SNC- GABA e glicina (9).

Os agentes farmacológicos mais utilizados são:

- Baclofeno: análogo do ácido gama-aminobutírico (GABA). Ele inibe o fluxo de cálcio nas terminações pré-sináptica. É absorvido rapidamente após administração oral. Apresenta efeitos colaterais como sedação, cansaço, sonolência, náuseas, fraqueza muscular, entre outros fatores. Pode ser utilizado na forma intratecal, quando a espasticidade é muito severa, dificultando as atividades do dia-dia. É então utilizado bombas

de infusão a qual libera pequenas doses diretamente no local controlando a espasticidade. Sua ação é eficaz na diminuição da espasticidade e dos espasmos. É o mais utilizado, e tem menos efeitos colaterais que o diazepam e dantrolene. (9, 20, 28, 29, 30)

- Benzodiazepínicos: sua ação se faz por meio de ligação com receptores do GABA. É uma droga capaz de atenuar a hiperreflexia profunda e diminuir os espasmos que causam dor. Exemplos desta drogas são: Diazepam, clorazepato, e possuem ação longa, enquanto que oxazepam, lorazepam, alprazolam tem curta duração. Também possuem efeitos colaterais parecidos com o baclofeno (9, 20, 28)
- Dantrolene sódico: atua ao nível muscular e inibe a liberação do cálcio, diminuindo a força de contração do músculo. Indicado para espasticidade de origem supraespinal. Reduz mais a ação dos reflexos fásicos do que tônicos. Possui efeitos colaterais. Atualmente não é mais utilizado (9,20).
- Clonidina: Sua ação é para espasticidade de origem medular. Pode ser associada ao baclofeno. Possui como principal efeito colateral nos lesados medulares a hipotensão postural sendo limitada sua utilização (9,20).
- Toxina botulínica A (TBA): é utilizada para tratar a espasticidade local ou regional. A mais utilizada e do tipo A. Sua aplicação inibe a liberação de acetilcolina na junção neuromuscular, não interferindo na produção da acetilcolina e o efeito é transitório. Seu efeito aparece após três dias de sua aplicação e sua durabilidade é de três a seis meses. É indicado para relaxamento da musculatura ou grupos musculares

hipertônicos que já existe uma interferência do dias-dia, ou efeitos adversos com o uso da medicação oral. (9, 20, 31).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

## 4.1 Amostra

Participaram do estudo dois grupos: um que só realizou EENM e outro marcha em esteira + EENM. Todos são pacientes ambulatoriais do Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (HC da Unicamp).

O grupo da EENM era constituído de 16 indivíduos do sexo masculino, com idade entre 22 e 62 anos. Todos apresentavam algum grau de espasticidade e realizavam EENM no Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor. Este grupo foi subdividido em dois subgrupos (oito pacientes cada), sendo um subgrupo dos pacientes que fazia uso de medicação para espasticidade e outro que não utilizava nenhuma medicação para espasticidade. A medicação utilizada foi o Baclofeno, sendo que a maioria dos pacientes tomava 1 comprimido ao dia, e apenas um paciente tomava dois comprimidos, quatro vezes ao dia .

No grupo da marcha em esteira foram recrutados oito pacientes. Todos também pacientes ambulatoriais do Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor do Hospital das Clínicas- UNICAMP, com idade entre 20 e 62 anos e do sexo masculino. É importante ressaltar que quatro pacientes deste grupo são os mesmos do grupo que só realiza EENM. Não foi possível separar em subgrupos de quem utiliza medicamentos e de quem não utiliza, pois a maioria dos pacientes (seis), utilizava medicamentos e apenas dois não utilizavam, sendo uma amostra muito pequena para verificar diferença significativa.

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP segundo a Resolução do Conselho Nacional de Saúde 196/96. Além disso, todos pacientes assinaram o termo de consentimento para a realização das coletas.

Como critério de inclusão, os pacientes com lesão medular deveriam ser adultos, com diagnóstico de lesão medular há mais de um ano, e não apresentarem nenhuma patologia que contra indicasse sua participação na pesquisa.

## **4.2 Procedimentos**

### **4.2.1 Avaliação Clínica**

Foi realizada uma avaliação clínica antes e após as coletas dos dados. Esta avaliação consistia de dados pessoais, de como ocorreu à lesão, o nível neurológico, de fatores agravantes da espasticidade, do uso ou não de algum medicamento geral ou específico para a espasticidade, e aplicação das escalas como a modificada de Ashworth (0 à 4) e a escala subjetiva (0 à 10). No entanto outras escalas como a escala analógica de dor (0 à 10) e de espasmos musculares (Escala de Penn), só foram verificadas apenas antes da coleta de dados.

A tabela 1 mostra os dados do grupo da EENM para o nível neurológico da American Spinal Injury Association (ASIA). O ASIA é um padrão de avaliação neurológica e classificação das lesões medulares (32) (Anexo 1).

**Tabela 1.** Nível neurológico dos pacientes- grupo EENM

Paciente	Nível neurológico	ASIA
1	C5	A
2	C4	A
3	T6	A
4	C4	A
5	C6	A
6	C6	A
7	T3	A
8	T3	A
9	C6	A
10	C4	A
11	T6	B
12	C4	A
13	C6	B
14	T3	B
15	T3	A
16	C6	B

Para o grupo da marcha em esteira + EENM os dados neurológicos estão abaixo na tabela 2.

**Tabela 2.** Nível neurológico dos pacientes- grupo marcha em esteira + EENM

<b>Paciente</b>	<b>Nível neurológico</b>	<b>ASIA</b>
1	C6	A
2	C4	A
3	C6	B
4	C4	A
5	C4	A
6	C5	A
7	C6	A
8	C4	A

As medidas antropométricas (estatura e massa corporal) do grupo que apenas realizou a EENM e do grupo da marcha em esteira + EENM foram também coletados, como dados pessoais importantes (Tabela 3 e 4).

**Tabela 3.** Medidas antropométricas do grupo da EENM

<b>Paciente</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Massa corporal (m)</b>	<b>Estatura (m)</b>
1	22	50	1,70
2	33	78	1,72
3	30	60	1,73
4	29	65	1,70
5	22	56	1,80
6	40	67,8	1,81
7	41	65	1,65
8	39	72	1,70
9	24	64	1,79
10	62	80	1,80
11	37	95	1,75
12	26	80	1,83
13	36	60	1,70
14	30	71	1,70
15	23	81	1,89
16	41	80	1,88
Média± dp	33,5 ± 10,3	70,3 ± 11,5	1,75 ± 0,07

dp =desvio padrão

**Tabela 4.** Medidas antropométricas do grupo da marcha em esteira + EENM

Paciente	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (m)
1	24	64	1,79
2	29	65	1,70
3	24	81	1,92
4	20	64,7	1,70
5	62	80	1,80
6	22	50	1,70
7	31	65	1,75
8	39	65	1,72
Média± dp	31,3 ± 13,7	66,8 ± 9,8	1,76 ± 0,07

dp =desvio padrão

Como dissemos anteriormente o grupo da EENM foi desdobrado em dois subgrupos com oito pacientes cada um. Um subgrupo que utilizava medicamentos e o outro que não utilizava medicamentos. O medicamento usado foi o baclofeno. A quantidade de comprimidos utilizada no grupo da EENM foi: 3 pacientes utilizavam 1 por dia, 4 pacientes utilizavam 2 por dia, e apenas 1 paciente utilizava 2 comprimidos 4 vezes ao dia.

Já no grupo da marcha em esteira, 4 pacientes utilizavam 1 por dia, apenas 1 paciente utilizava 2 por dia e 1 paciente utilizava 2 comprimidos 4 vezes ao dia. As medidas antropométricas destes subgrupos estão apresentados na tabela 5 e 6.

**Tabela 5.** Medidas antropométricas do subgrupo da EENM- com medicação

<b>Paciente</b>	<b>Idade (Anos)</b>	<b>Massa Corporal (Kg)</b>	<b>Estatura (M)</b>
1	41	65	1,65
2	22	50	1,70
3	33	78	1,72
4	29	65	1,70
5	22	56	1,80
6	62	80	1,80
7	26	80	1,83
8	41	80	1,88
Média± dp	34,5 ± 13,41	69,25 ± 11,99	1,76 ± 0,08

dp =desvio padrão

**Tabela 6.** Medidas antropométricas do subgrupo da EENM- sem medicação

Paciente	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (m)
1	30	60	1,73
2	40	67,8	1,81
3	24	64	1,79
4	40	72	1,70
5	37	95	1,75
6	36	60	1,70
7	30	71	1,70
8	23	81	1,89
Média± dp	32,5 ± 6,76	71,3 ± 11,82	1,76 ± 0,07

dp =desvio padrão

Previamente a cada experimento, foi avaliada a espasticidade através das escalas:

- **Modificada de Ashworth** (realizada a movimentação passiva forçada de forma rápida, para quantificar o grau de resistência e o momento que isso ocorre na amplitude articular): antes e após a coleta de dados.
- **Subjetiva**: aplicado antes e após realizar a coleta de dados nos dois grupos.
- **Espasmos Musculares (Escala de Penn)**- frequência com que os espasmos ocorrem.

- **Analógica de dor:** quantificar o grau de dor durante a espasticidade

#### 4.2.2 Posicionamento para o teste pendular

A espasticidade foi avaliada pela aplicação do teste pendular. Para isso os pacientes foram posicionados em uma maca, de forma que as pernas ficassem livres, permitindo a livre movimentação em flexão da articulação do joelho. A posição adotada foi a semi-sentada com apoio de uma cunha na região das costas com um travesseiro, se preciso, na região da cabeça ou região superior do tronco. A maca utilizada foi revestida com uma espuma para segurança do paciente.

Para os pacientes tetraplégicos, como na maioria das vezes devido à lesão não possuem equilíbrio de tronco, foi utilizado além do mencionado acima, um apoio bilateral ou duas pessoas, para segurança do paciente (figura 4).



**Figura 4.** Posicionamento do paciente para o teste pendular

É importante ressaltar que os pacientes permaneciam com o seu respectivo tênis durante a realização do teste pendular e na coleta da escala modificada de Ashworth como mostrado na figura 1, tanto antes como após da EENM e da marcha em esteira, não interferindo nos dados obtidos na coleta.

### 4.3 Dispositivo Teste Pendular (DTP)

O Dispositivo Teste pendular (DTP) foi elaborado e desenvolvido no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo (USP) - Campus São Carlos, especificamente para avaliar a espasticidade através do teste pendular. Seu manuseio é de fácil acesso (33).

#### 4.3.1 Sensores

O DTP possui dois sensores que são conectados a ele: o acelerômetro e o eletrogoniômetro. É importante ressaltar que os dados utilizados em nossa pesquisa para a análise dos dados foi apenas do eletrogoniômetro (Figura 5).

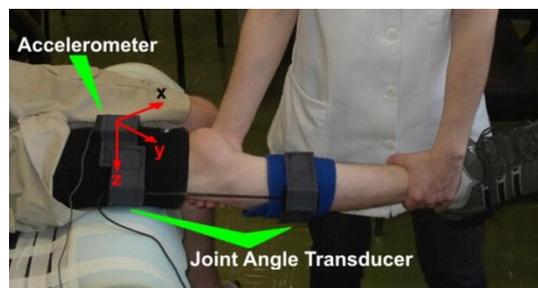


**Figura 5.** Dispositivo Teste Pendular (DTP)

#### 4.3.1.1. Acelerômetro

O acelerômetro é responsável em transformar os movimentos mecânicos em sinais elétricos, quantificando o tremor muscular. Consiste em transdutores de cristais de quartzo, que são sensíveis ao efeito piezoelétrico. (33)

O sinal é amplificado através de um circuito especialmente concebido para medir as frequências de oscilação do sinal elétrico em três eixos perpendiculares (eixos X, Y e Z) (figura 6) (33).



**Figura 6.** Representação dos eixos X, Y e Z do acelerômetro

O acelerômetro responde a uma faixa de frequência entre 0,5 Hz e 5kHz (33).

Para a fixação do mesmo foi utilizado um velcro na região da coxa do paciente, padronizando a uma distancia de 8 cm da borda superior da patela, para que este sensor ficasse mais próximo do centro do músculo analisado.

#### 4.3.1.2 Eletrogoniômetro

Para avaliar a amplitude articular e compreender os movimentos realizados pelos segmentos do corpo é utilizado a goniometria, no caso da pesquisa, a da articulação do joelho. Assim podemos quantificar através deste dispositivo a ocorrência de patologias e, especificamente no caso, a espasticidade extensora presentes nos lesados medulares.

O eletrogoniômetro mede o deslocamento angular. Este dispositivo é constituído por fibra óptica flexível. Através da fibra a transmissão da luz ocorre por meio da reflexão interna total. Na fibra óptica a luz propaga através do núcleo, refletindo-se constantemente na interface (região que envolve o núcleo e reflete a luz). Havendo mudanças na curvatura da fibra a intensidade da luz se reduz de forma proporcional a curvatura. Assim a atenuação observada está relacionada com o deslocamento angular. Ele é uma versão eletrônica do goniômetro manual, sendo fixado ao segmento corporal proximal e distal da articulação, a qual for mensurar (33).

Para posicionar o eletrogoniômetro ao membro inferior direito (MID) do paciente, e avaliar a espasticidade extensora, foi fixado na região lateral do segmento proximal e distal da articulação do joelho, respeitando o centro da articulação. Para que não ocorresse erro na mensuração quanto ao posicionamento do sensor, no início da coleta (antes da EENM ou marcha em esteira + EENM) foi feito um sinal com caneta para que após o treinamento fosse posicionado corretamente.

#### 4.3.2 Sistema completo

Para iniciar a coleta de dados do paciente, primeiramente são conectados ao dispositivo, o acelerômetro e o eletrogoniômetro, e então colocados no paciente, sendo um sensor fixado na coxa (acelerômetro) e outro na panturrilha (eletrogoniômetro), nas posições citadas anteriormente, através de uma superfície que adere ao velcro dos sensores.

O sistema completo compreende o paciente com os sensores fixados nas posições especificadas ligados ao dispositivo DTP e, para completar, conectados ao computador para processamento dos dados e apresentação dos resultados finais.

O dispositivo DTP foi conectado a um computador para a captação dos dados. Inicialmente, os valores coletados dos deslocamentos angulares e tensões são enviados a um microcontrolador onde os sinais analógicos são convertidos em digitais. Um software específico foi desenvolvido (33) para análise de dados e o resultado final da variação da intensidade de oscilação do pêndulo é mostrado em uma tela do computador (Figura 7).

É importante ressaltar que este dispositivo pode ser utilizado não apenas para a espasticidade como previamente elaborado para esta análise, mas também para diagnosticar outras patologias que apresentem espasticidade, durante cirurgias, ou logo após a mesma para verificação de amplitude de movimento através dos sinais do eletrogoniômetro como por exemplo.



**Figura 7.** Equipamento DTP conectado ao computador

## 4.4 Protocolo Experimental

Os indivíduos foram orientados de forma verbal sobre o procedimento e então assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo2).

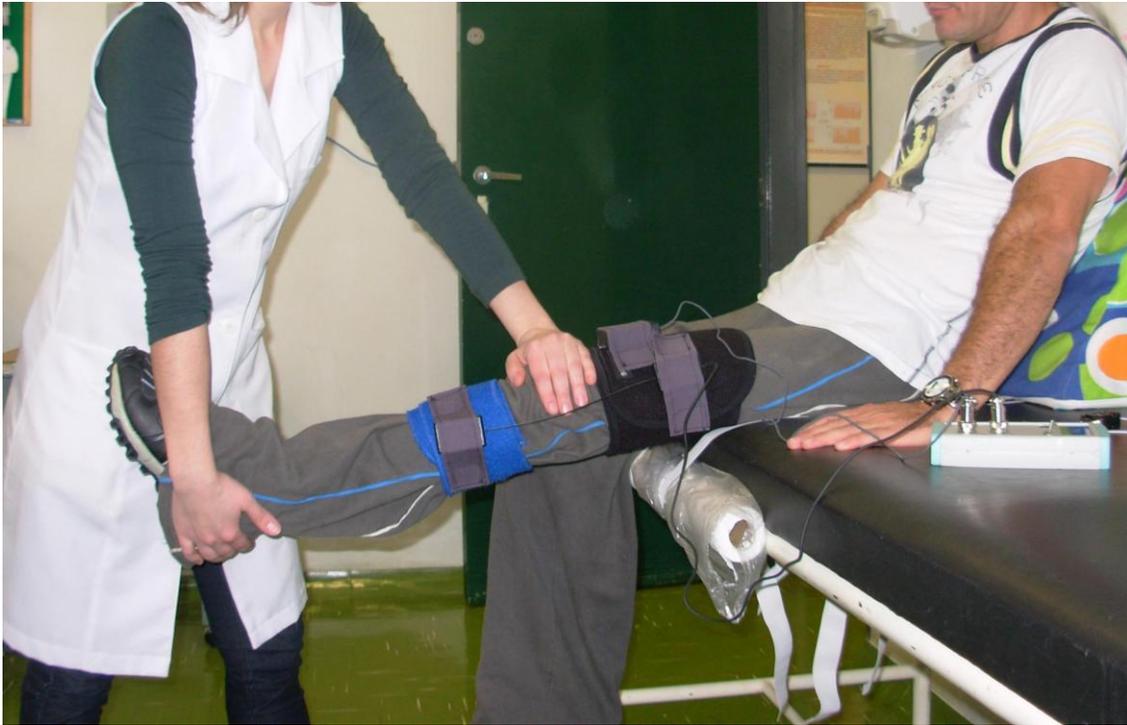
O procedimento experimental do teste pendular foi padronizado no membro inferior direito (perna direita). O experimento foi repetido três vezes e, para a análise dos dados, foi utilizado o melhor dado antes e o melhor dado após o estímulo. O melhor dado antes, seja o do grupo que só realizava EENM ou do grupo que realizava marcha em esteira + EENM, foi considerado aquele que se apresentava mais espástico e mensurável com relação aos parâmetros utilizados, e o melhor dado após o mesmo, aquele que se apresentava menos espásticos com relação aos mesmos parâmetros.

O protocolo experimental foi dividido em 3 etapas:

### 1ª etapa

Previamente à realização da EENM ou marcha em esteira + EENM, a escala modificada de Ashworth foi verificada por outro pesquisador e logo após, o teste de pêndulo foi aplicado.

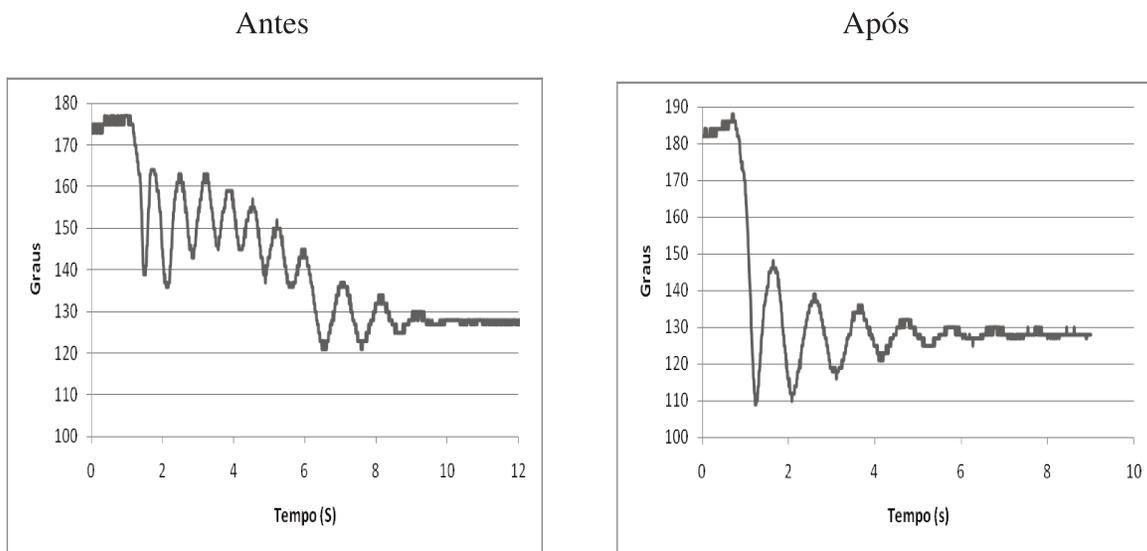
Para iniciar o teste do pêndulo (Figura 8), o membro inferior direito do paciente foi estendido até atingir a máxima extensão permitida pelas condições do paciente (a máxima extensão para a pessoa normal corresponde a 180°). Isso porque alguns apresentavam rigidez ou início do aparecimento da espasticidade pela mudança de posição do membro, o que dificultava a extensão completa.



**Figura 8.** Posicionamento para iniciar o teste pendular (aproximadamente 180°).

Em seguida a perna do paciente é solta e sob a ação da gravidade a perna oscila em torno de uma posição de equilíbrio. A cada oscilação uma quantidade de energia potencial é perdida e a intensidade do movimento vai decaindo até atingir o repouso. Na figura 9 podemos observar os gráficos dos movimentos antes e após o uso da EENM.

Portanto quanto menor o ângulo de flexão, menor é a intensidade da espasticidade, pois existe uma maior oscilação da perna.



**Figura 9.** Curva do teste pendular antes e após o uso da EENM –Perna D

## 2ª Etapa

### A) Grupo da EENM:

Logo após a realização do teste pendular e da escala modificada de Ashworth, os pacientes realizavam a EENM, através de um estimulador elétrico de quatro canais (Figura 10), que apresenta um sinal de 25 Hz monofásico com pulsos retangulares com 300 $\mu$ s de duração e intensidade máxima de 100 mV (carga 1k $\Omega$ ).



**Figura 10.** Estimulador Elétrico de 4 canais

Para o uso da EENM nos dois grupos, foi utilizado eletrodos adesivo 5 x 9 cm na musculatura do quadríceps e 3.2 cm próximo da cabeça da fíbula onde o nervo fibular e mais superficial e foram estimulados durante 20 e 15 minutos respectivamente (figura 11).

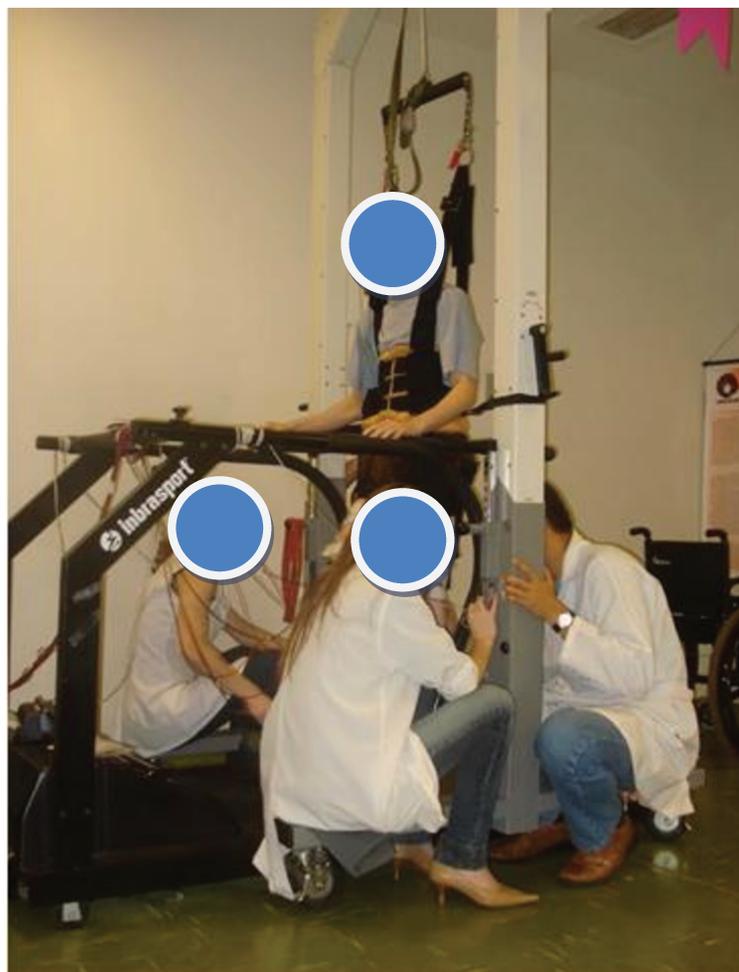


**Figura 11.** EENM da musculatura do quadríceps e fibular.

**B) Grupo marcha em esteira + EENM:**

Após a coleta de dados através do teste pendular e da escala modificada de Ashworth, os pacientes tetraplégicos realizavam a marcha em esteira + EENM com suspensão realizando descarga parcial de peso de apenas 60%, descarregando 40% o peso corporal. Os pacientes utilizavam durante toda a marcha, a EENM em região do quadríceps e do nervo fibular.

A duração da marcha foi padronizada a um período de 20 minutos, ou até a tolerância do paciente. Não ocorreu intercorrência para o impedimento da marcha, portanto o tempo da marcha de todos pacientes coletados foi de 20 minutos (figura 12).



**Figura 12.** Marcha em esteira + EENM

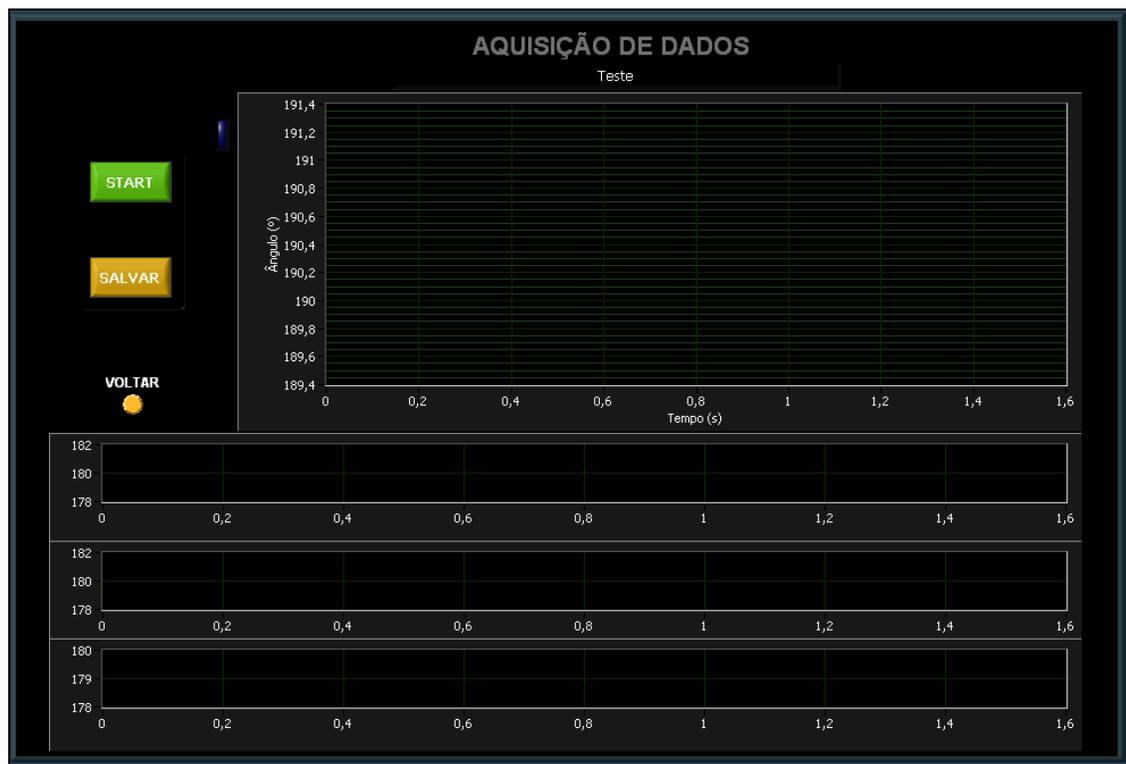
### **3ª Etapa**

Tanto para o grupo da EENM, como para o grupo da marcha em esteira + EENM, foi realizada a reavaliação pós-treinamento. Novamente outro pesquisador avaliou a espasticidade através da escala modificada de Ashworth e, em seguida, foi aplicado o teste pendular através do dispositivo DTP.

## 4.5 Aquisição e interpretação dos dados

O software desenvolvido no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo (USP)-São Carlos (33) possui fácil utilização e consulta. O funcionamento do programa consiste em aquisição dos dados, análise do teste pendular e projeção de gráficos.

Na figura 13 está exemplificada a tela do programa para aquisição dos dados, durante a coleta de dados. Já na figura 14 a tela do programa a qual podemos realizar a consulta dos dados coletados posteriormente.



**Figura 13.** Tela de aquisição dos dados



**Figura 14.** Tela de consulta

Para a interpretação dos dados, utilizamos a nomenclatura utilizada por Stillman et al em sua pesquisa que foi realizada com indivíduos normais (34):

- Ângulo de início do teste ( $\hat{\text{Ângulo}} \text{ inicial} = \text{On Ang}$ ),
- Ângulo final da resposta do teste ( $\hat{\text{Ângulo}} \text{ final de repouso} = \text{Rest Ang}$ ),
- Ângulo no final do primeiro movimento de flexão (F1 Ang),
- Ângulo no final do primeiro movimento de extensão (E1 Ang),

- Amplitude inicial de flexão ( $F1 \text{ Amp} = F1 \text{ Ang} - \text{On Ang}$ ),
- Amplitude inicial de extensão ( $E1 \text{ Amp} = F1 \text{ Ang} - E1 \text{ Ang}$ ),
- Amplitude do movimento total ( $\text{Plat Amp} = \text{Rest Ang} - \text{On Ang}$ ),
- Índice de relaxamento ( $\text{RI} = F1 \text{ Amp} / \text{Plat Amp}$ ),
- Índice de relaxamento de extensão ( $\text{ERI} = E1 \text{ Amp} / \text{Plat Amp}$ ).

#### 4.6 Análise Estatística

As variáveis foram correlacionadas e comparadas com o grupo da EENM e da marcha em esteira + EENM.

Foi utilizada uma análise descritiva das variáveis numéricas (escores de escalas, idade, peso, altura e etc.).

Para comparar as variáveis numéricas entre os dois grupos foi utilizado o teste de Mann-Whitney, devido à ausência de distribuição Normal das variáveis.

Para comparar as medidas longitudinais entre os grupos (EENM e marcha em esteira + EENM) e os tempos (pré e pós- intervenção), foi utilizada a análise de variância para as medidas repetidas (ANOVA para medidas repetidas), seguida do teste de comparação múltipla de Tukey para comparar os grupos em cada momento.

E ainda o teste de perfil por contrastes para analisar a evolução entre as avaliações, em cada grupo.

As variáveis foram transformadas em postos (*ranks*) devido à ausência de distribuição normal.

O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi de 5% ( $p < 0.05$ ).

## **5 RESULTADOS**

## 5.1 Características dos grupos

Com a utilização do teste de Mann-Whitney verificou-se que o grupo da EENM e o da marcha em esteira + EENM não difere significativamente nas principais variáveis como idade, peso, altura, o que mostra uma homogeneidade entre os grupos (tabela 7).

**Tabela 7.** Características dos grupos.

<b>Grupo</b>	<b>Idade</b> (média ±dp)	<b>Peso</b> (média ±dp)	<b>Altura</b> (média ±dp)
EENM	33,5 ± 10,31	70,3 ± 11,55	1,76 ± 0,07
EENM + Medicação	34,5 ± 13,41	69,25 ± 11,99	1,76 ± 0,08
EENM+ Sem Medicação	32,5 ± 6,76	71,35 ± 11,82	1,76 ± 0,07
Marcha esteira+ EENM	31,38 ± 13,77	66,84 ± 9,86	1,76 ± 0,08

\*dp= desvio padrão

## 5.2 Escalas

As escalas analisadas na pesquisa estão apresentadas nas tabelas abaixo.

**Tabela 8.** Escala de Ashworth nos dois grupos- Antes e Após

<b>Paciente</b>	<b>EENM</b> <b>Antes</b>	<b>EENM</b> <b>Após</b>	<b>Marcha em esteira</b> <b>+EENM</b> <b>Antes</b>	<b>Marcha em esteira</b> <b>+EENM</b> <b>Após</b>
<b>1</b>	3	1	3	3
<b>2</b>	1	0	0	0
<b>3</b>	+1	0	0	0
<b>4</b>	0	0	+1	0
<b>5</b>	+1	1	1	0
<b>6</b>	1	0	+1	+1
<b>7</b>	3	0	0	0
<b>8</b>	1	0	+1	1
<b>9</b>	3	3		
<b>10</b>	1	1		
<b>11</b>	2	2		
<b>12</b>	2	0		
<b>13</b>	1	0		
<b>14</b>	0	0		
<b>15</b>	1	0		
<b>16</b>	1	1		
<b>Média ± dp</b>	1,44 ± 0,95	0,56 ± 0,89	1,06 ± 0,69	0,69 ± 1,10

\*dp= Desvio Padrão

Resultados

A escala modificada de Ashworth apresentou uma diferença significativa no grupo da EENM com relação à diferença de tempos (antes e após). Já no grupo da marcha em esteira + EENM não houve diferença significativa. A escala subjetiva obteve uma diferença significativa nos dois grupos analisados com relação aos tempos (antes e após – ou pré e pós- treinamento).

**Tabela 9.** Escala Subjetiva nos dois grupos –Antes e Após

<b>Paciente</b>	<b>EENM</b>	<b>EENM</b>	<b>Marcha em esteira</b>	<b>Marcha em esteira</b>
	<b>Antes</b>	<b>Após</b>	<b>+EENM Antes</b>	<b>+EENM Após</b>
<b>1</b>	4	2	8	5
<b>2</b>	6	2	5	2
<b>3</b>	7	5	2	0
<b>4</b>	3	2	2	1
<b>5</b>	0	0	4	2
<b>6</b>	8	4	6	3
<b>7</b>	3	0	5	3
<b>8</b>	5	1	5	2
<b>9</b>	8	6		
<b>10</b>	3	2		
<b>11</b>	4	2		
<b>12</b>	5	0		
<b>13</b>	5	2		
<b>14</b>	5	3		
<b>15</b>	3	0		
<b>16</b>	7	2		
<b>Média ± dp</b>	4,75 ± 2,1	2,0 ± 1,7	4,6 ± 1,9	2,2 ± 1,4

\* dp= desvio padrão

Resultados

Com relação à escala analógica de dor também utilizada na avaliação clínica, que apresentou valores nulos tanto antes como após nos dois grupos, não foi considerada para comparação da espasticidade nesta pesquisa.

**Tabela 10.** Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação das variáveis entre grupos e avaliações.

<b>Variáveis</b>	<b>Comparação entre Grupos (EENM X marcha+EENM)</b>	<b>Comparação entre Tempos (Pré X Pós-Intervenção)</b>	<b>Interação Grupos X Tempos</b>
Ashworth	P=0.744	<b>P&lt;0.001*</b>	P=0.221
Subjetiva	P=0.968	<b>P&lt;0.001*</b>	P=0.509

\* Valor significativo

**Tabela 11.** Escala de Espasmo Muscular ou Escala de Penn

<b>Paciente</b>	<b>EENM</b>	<b>EENM+ medic</b>	<b>EENM+ sem medic</b>	<b>Marcha esteira +EENM</b>
<b>1</b>	1	1	2	1
<b>2</b>	1	1	1	2
<b>3</b>	2	2	3	3
<b>4</b>	2	4	1	3
<b>5</b>	4	3	3	3
<b>6</b>	1	3	1	1
<b>7</b>	3	3	1	1
<b>8</b>	3	3	1	1
<b>9</b>	1			
<b>10</b>	3			
<b>11</b>	3			
<b>12</b>	3			
<b>13</b>	1			
<b>14</b>	1			
<b>15</b>	1			
<b>16</b>	3			
<b>Média ± dp</b>	2,06 ± 1,0	2,5 ± 1,0	1,62 ± 0,9	1,8 ± 0,99

\*dp= desvio padrão

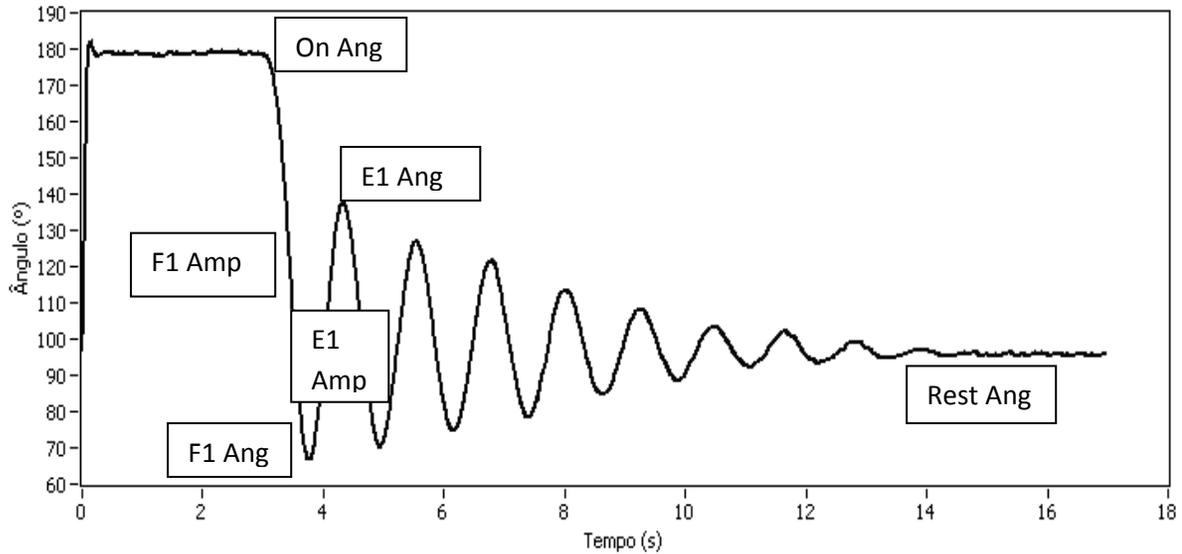
Resultados

A escala de espasmos musculares, por ser uma escala para quantificar a frequência com que os espasmos aparecem durante o dia-dia dos pacientes, só foi verificada no momento inicial da avaliação. Por este motivo na tabela 11 é apenas para exemplificar os grupos da EENM e seus subgrupos (com medicação e sem medicação) e marcha em esteira + EENM, não tendo significância os valores da média e desvio padrão para quantificar se houve melhora ou não da intensidade da espasticidade.

### 5.3 Parâmetros do Teste Pendular

Como já mencionado anteriormente a análise e interpretação dos dados coletados no teste pendular foram utilizados principalmente os parâmetros adotados por Stillman et al (34) sendo que alguns deles estão representados na figura 15:

- Ângulo de início do teste ( $\hat{\text{Ângulo}} \text{ inicial} = \text{On Ang}$ ),
- Ângulo no final do primeiro movimento de flexão ( $\text{F1 Ang}$ ),
- Ângulo no final do primeiro movimento de extensão ( $\text{E1 Ang}$ ),
- Amplitude inicial de flexão ( $\text{F1 Amp} = \text{F1 Ang} - \text{On Ang}$ ),
- Amplitude inicial de extensão ( $\text{E1 Amp} = \text{F1 Ang} - \text{E1 Ang}$ ),
- Amplitude do movimento total ( $\text{Plat Amp} = \text{Rest Ang} - \text{On Ang}$ ),
- Índice de relaxamento ( $\text{RI} = \text{F1 Amp} / \text{Plat Amp}$ ),
- Índice de relaxamento de extensão ( $\text{ERI} = \text{E1 Amp} / \text{Plat Amp}$ ).



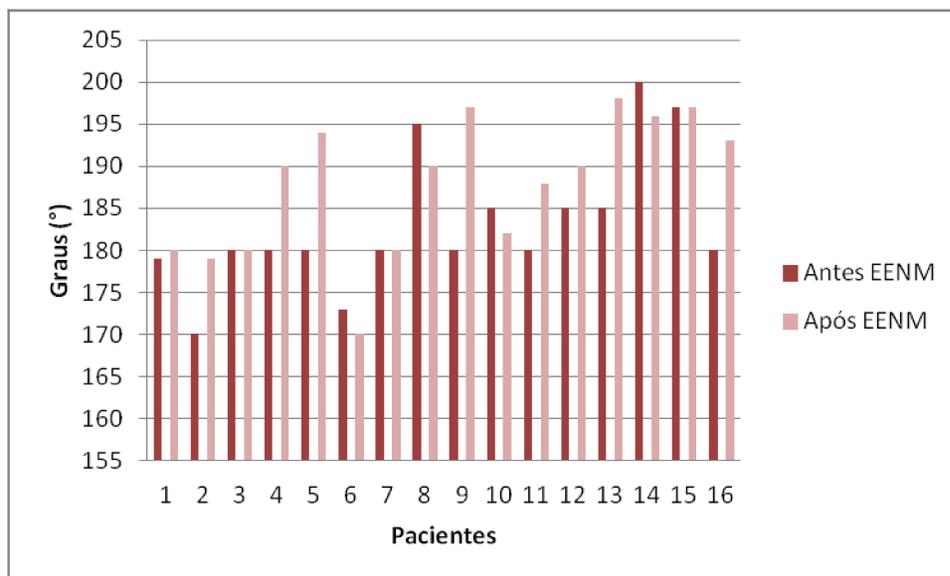
**Figura 15.** Parâmetros do teste pendular

### 5.3.1 Ângulo inicial- On Ang

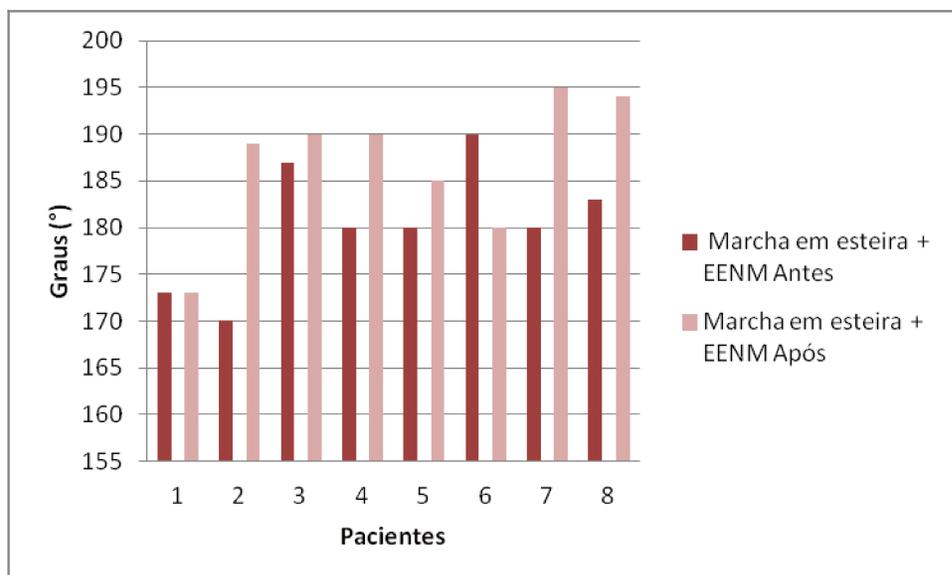
O ângulo inicial é considerado o ângulo do início da resposta do teste. Para a realização do teste pendular, o MID foi posicionado na máxima extensão, aproximando da posição horizontal de 180°. A maioria dos pacientes apresentaram os valores próximos ou igual a 180° no início e após o treinamento. Em alguns pacientes, os valores foram maiores no início, devido à uma hiperextensão de joelho, ou valores menores, o que pode indicar também a presença da espasticidade.

Notamos que após o treinamento, seja para o grupo da EENM e da marcha em esteira + EENM, ocorreu aumento do ângulo inicial para a maioria dos pacientes, podendo ser uma indicação de uma melhora no tônus muscular (Figura 16 e 17).

Já na avaliação estatística obtivemos uma variação significativa ( $p=0.003$ ) entre os tempos (antes e após) no grupo da EENM, mas no grupo da marcha em esteira + EENM não obtivemos diferença significativa.



**Figura 16.** On Ang- ângulo inicial – Grupo EENM

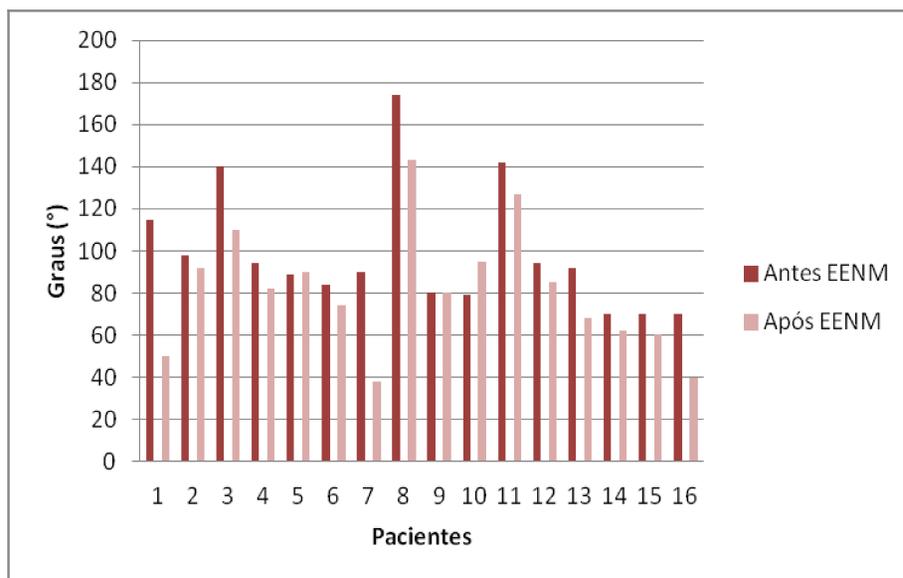


**Figura 17.** On Ang- ângulo inicial – Grupo Marcha em esteira com EENM

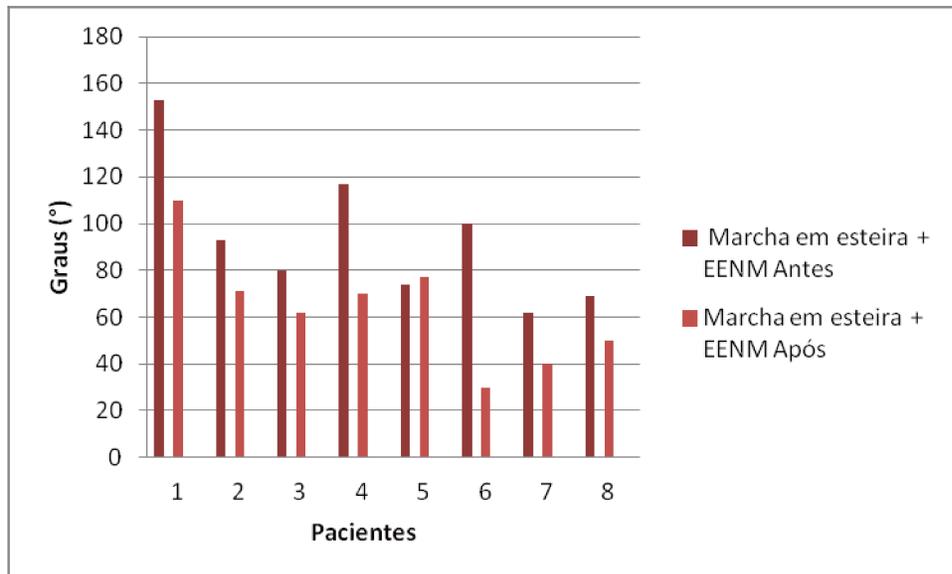
### 5.3.2 Ângulo final do primeiro movimento de flexão – F1 Ang

Nos dados coletados foi possível verificar claramente que este valor estava diminuído quando apresentava espasticidade. No momento em que a perna do paciente, a qual estava em posição de início do teste (próximo de 180°), era solta a tendência era oscilar livremente em movimento de flexão até cessar completamente. Quando a espasticidade estava presente, o F1 Ang era maior que 90° devido ao aumento do tônus muscular pela mudança de posição do membro e do clônus devido à ocorrência da espasticidade realizando movimentos pequenos de oscilação do joelho e conseqüentemente menores ângulos de flexão. Uma coleta considerada normal, ou seja, sem espasticidade, ocorrem movimentos pendulares livres, harmônicos e o F1 Ang normalmente é menor de 90°. E é o que observamos após a realização da EENM ou da marcha em esteira + EENM (Figuras 18 e 19).

Na avaliação estatística este parâmetro obteve diferença estatística com relação aos tempos antes e após ( $p < 0.001$ ) tanto no grupo da EENM como da marcha em esteira + EENM.



**Figura 18.** F1 Ang- ângulo final do primeiro movimento de flexão – Grupo EENM

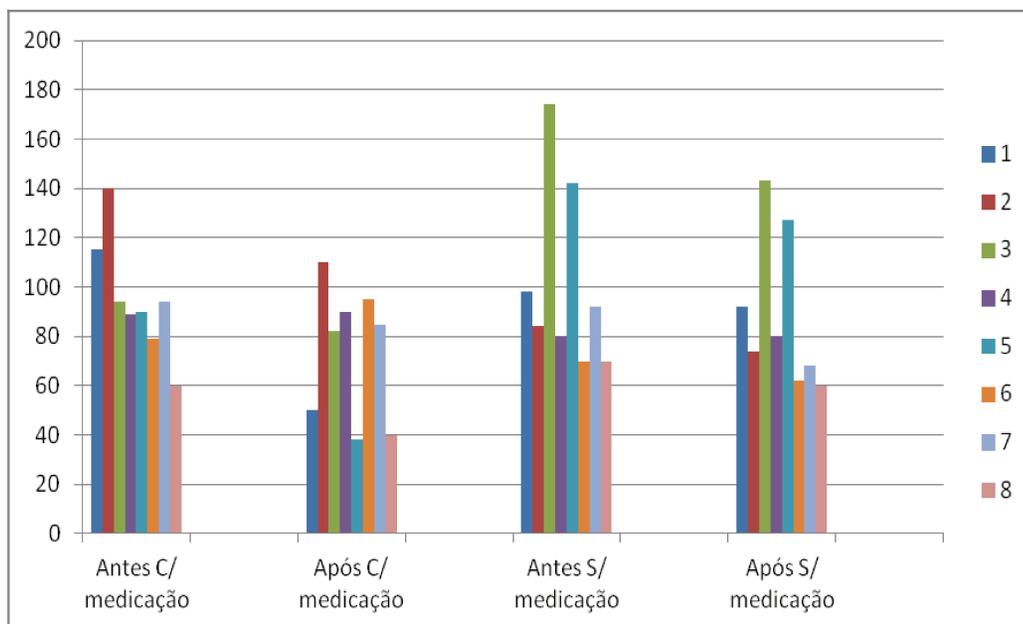


**Figura 19.** F1 Ang- ângulo final do primeiro movimento de flexão – Grupo Marcha em esteira + EENM

#### 5.3.2.1 F1 Ang- subgrupo com medicação e sem medicação

Quando subdividimos o grupo da EENM, notamos que o F1 Ang, após a realização da EENM, também apresentou uma melhora dos valores para mais próximo de 90° ou menor. Apenas o paciente 6 do grupo com medicação, que obteve um aumento do F1 Ang, mas mesmo assim está próximo de 90°. Na figura 20, notamos uma melhora significativa dos pacientes 1 e 5 do subgrupo Com medicação. Já no subgrupo Sem medicação foram os pacientes 3 e 7.

Na avaliação estatística obtivemos como resultado uma diferença significativa entre os tempos, com relação apenas no subgrupo sem medicação ( $p=0.035$ ).

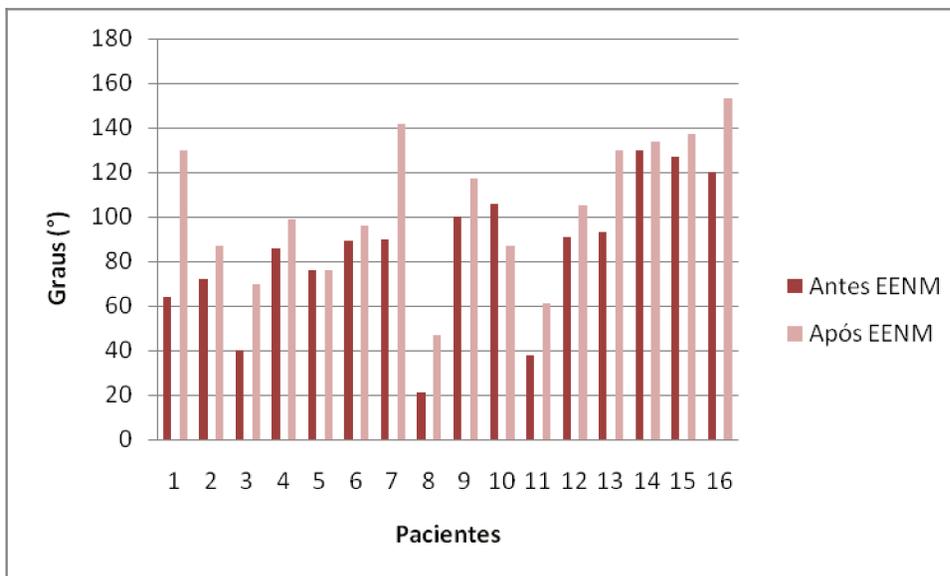


**Figura 20.** Comparação do parametro F1 Ang dos subgrupos com e sem medicação- Grupo EENM

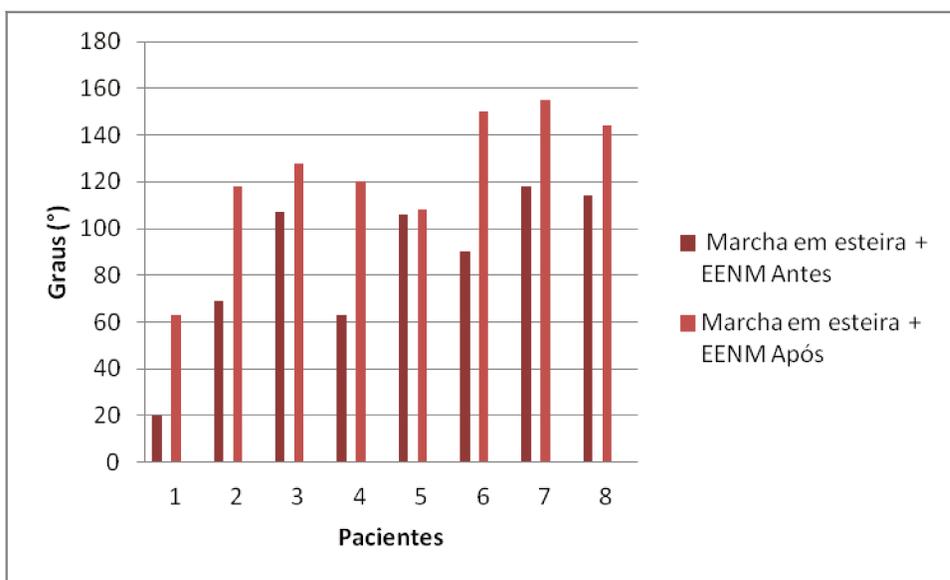
### 5.3.3 F1 Amp - Amplitude inicial de flexão

Na análise da amplitude inicial de flexão notamos que após o treino de EENM ou da marcha em esteira + EENM, ocorreu um aumento desses valores em graus. Podemos concluir que a espasticidade diminuiu sua intensidade com o aumento da amplitude das curvas pendulares, também observamos após a aplicação da EENM um movimento mais harmônico e simétrico nas oscilações das curvas (Figuras 21 e 22).

Na avaliação estatística este parâmetro obteve, tanto no grupo da EENM como da marcha em esteira + EENM, uma diferença significativa com relação ao tempo antes e após ( $p < 0.001$ ).



**Figura 21.** F1 Amp- amplitude inicial de flexão- Grupo EENM

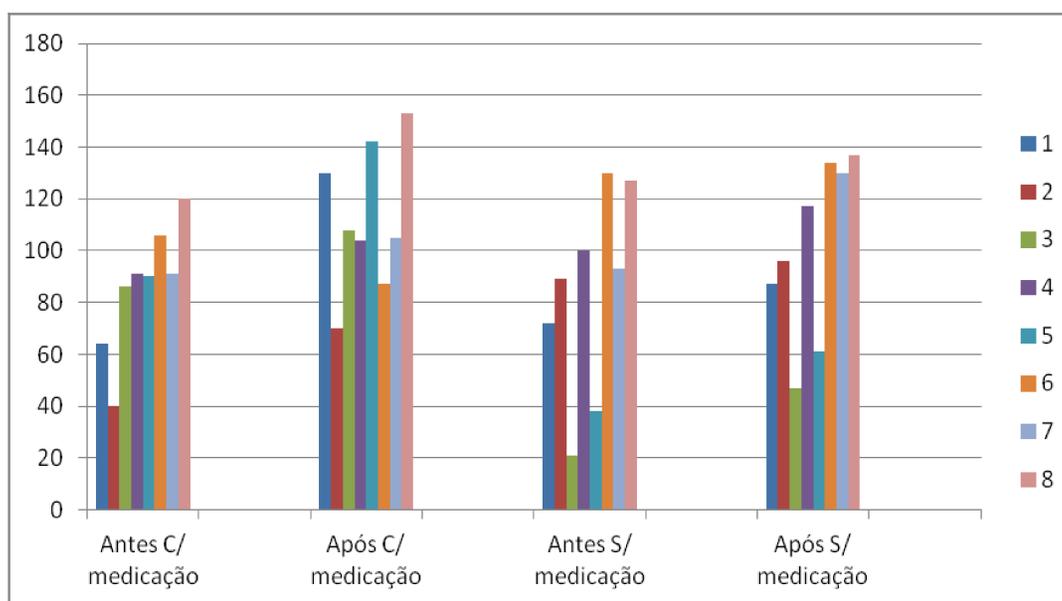


**Figura 22.** F1 Amp- amplitude inicial de flexão- Grupo Marcha em esteira + EENM

### 5.3.3.1 F1 Amp - com medicação e sem medicação

Quando subdividimos os pacientes da EENM nos dois subgrupos, observamos que os valores da amplitude inicial de flexão também aumentaram. Este aumento na maioria dos pacientes foi proporcional para os dois subgrupos, por isso a utilização da medicação com EENM, não teve valor significativo que comprovasse ser um fator diferencial. Apenas observamos que os pacientes 3 e 7 do subgrupo sem medicação apresentaram melhora significativa e no subgrupo com medicação apenas o paciente 1 e 5 apresentaram uma melhora (Figura 23).

Na avaliação estatística obtivemos diferença significativa com relação aos tempos, apenas no subgrupo sem medicação ( $p=0.004$ ).

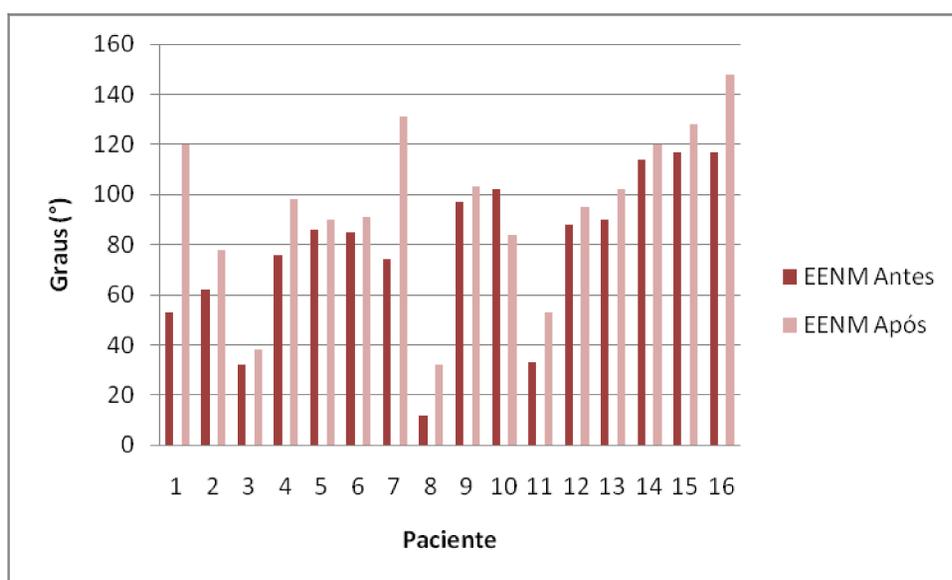


**Figura 23.** Comparação do parâmetro F1 Amp dos subgrupos com e sem medicação- Grupo EENM

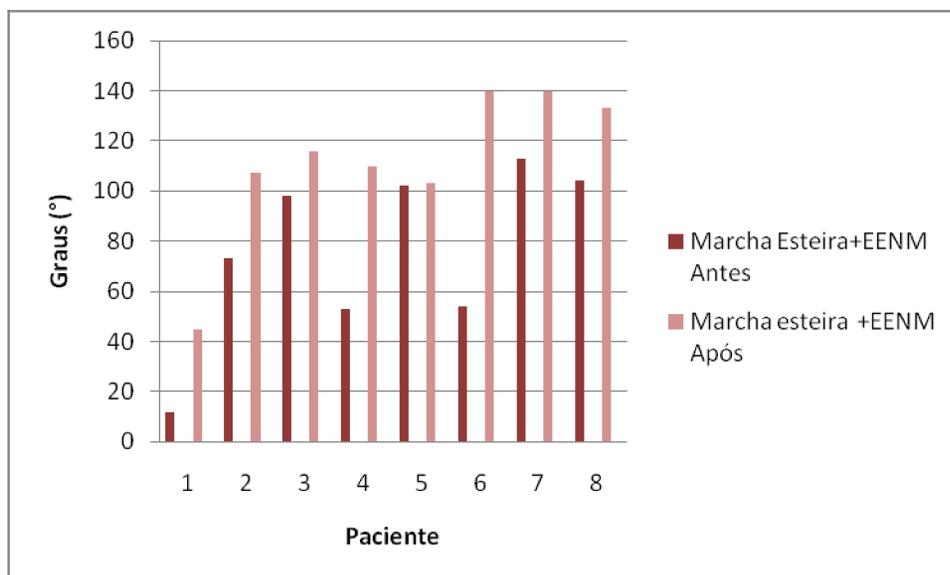
### 5.3.4. E1 Amp – Amplitude inicial de extensão

Na análise dos valores da amplitude inicial em extensão, observamos um aumento do tamanho das curvas pendulares após a utilização da EENM ou da marcha em esteira + EENM. Podemos observar ainda que quando comparados os dois grupos entre si, ocorre uma melhora da intensidade da espasticidade com relação aos valores deste parâmetro no grupo da marcha em esteira + EENM (Figuras 24 e 25).

Na avaliação estatística, notamos uma diferença significativa entre tempos tanto no grupo da EENM como no da marcha em esteira +EENM ( $p < 0.001$ ).



**Figura 24.** E1 Amp- amplitude inicial de extensão- Grupo EENM

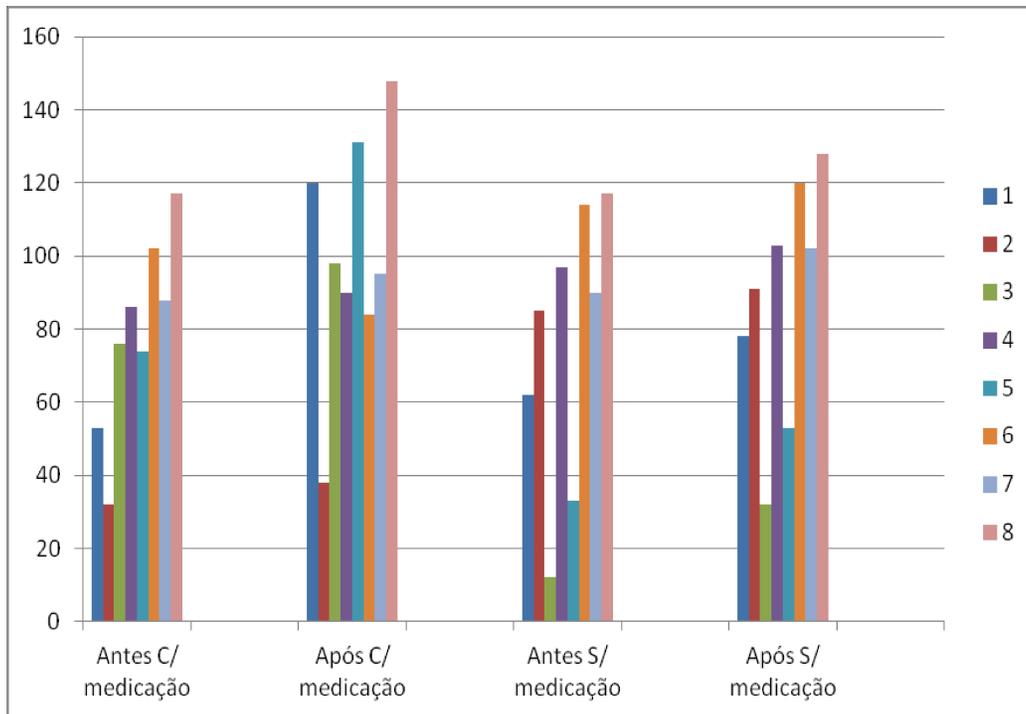


**Figura 25.** E1 Amp- amplitude inicial de extensão- Grupo Marcha em esteira + EEMM

#### 5.3.4.1 E1 Amp- com medicação e sem medicação

Quando subdividimos os pacientes da EENM em dois subgrupos, observamos que os valores da amplitude inicial de extensão também aumentaram. Observamos que no subgrupo sem medicação obtiveram melhora significativa os pacientes 3 e 5. Já no subgrupo com medicação apenas o paciente 1 e 5 ( Figura 26).

Quando realizado a avaliação estatística, notamos uma diferença estatística apenas no subgrupo sem medicação ( $p=0.013$ ).

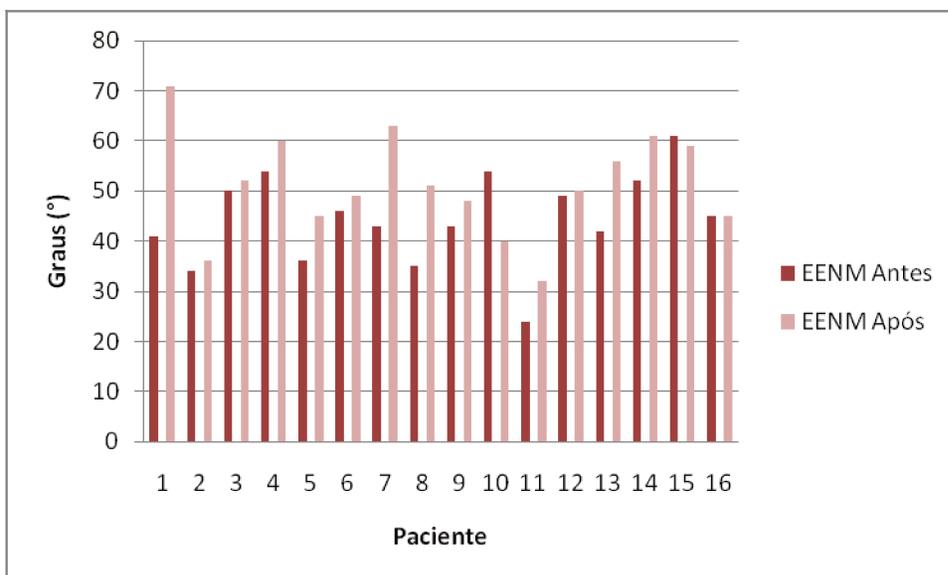


**Figura 26.** Comparação do parametro E1 Amp dos subgrupos com e sem medicação- Grupo EENM

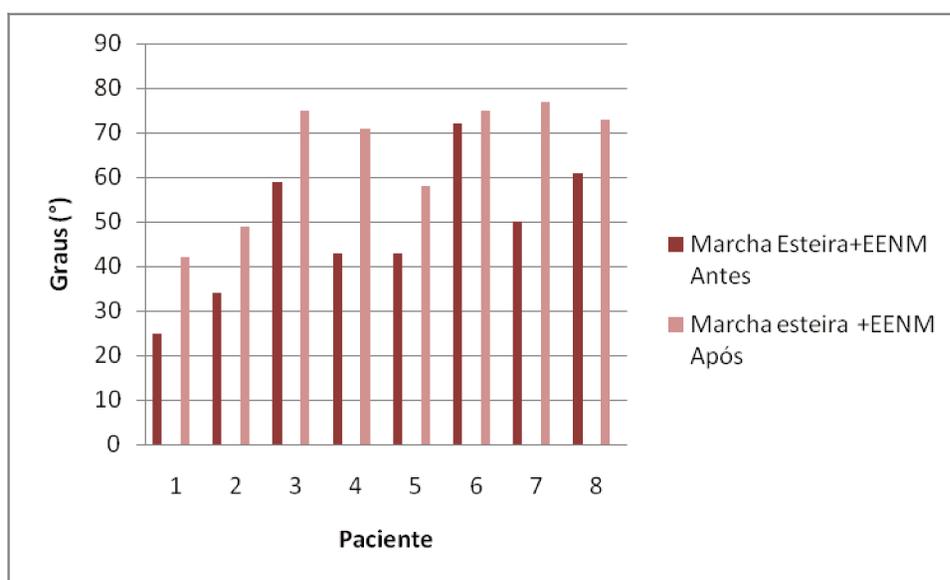
### 5.3.5. Plat Amp- Amplitude de movimento total

A amplitude de movimento total dos dados observados na tabela 19 nos relata que após a EENM a metade dos pacientes obteve um aumento dos valores, alguns permaneceram com valores próximos comparado na coleta antes da EENM. Já no grupo da marcha em esteira + EENM todos os pacientes obtiveram um aumento dos valores da amplitude de movimento total. Na comparação entre os dois grupos, ocorreu uma melhora significativa no grupo da marcha em esteira + EENM (Figuras 27 e 28).

Quando realizada a avaliação estatística, notamos que ocorreu uma diferença estatística entre aos dois grupos com relação a diferença entre tempos ( $P < 0.001$ ).



**Figura 27.** Amp - amplitude total de movimento- Grupo EENM

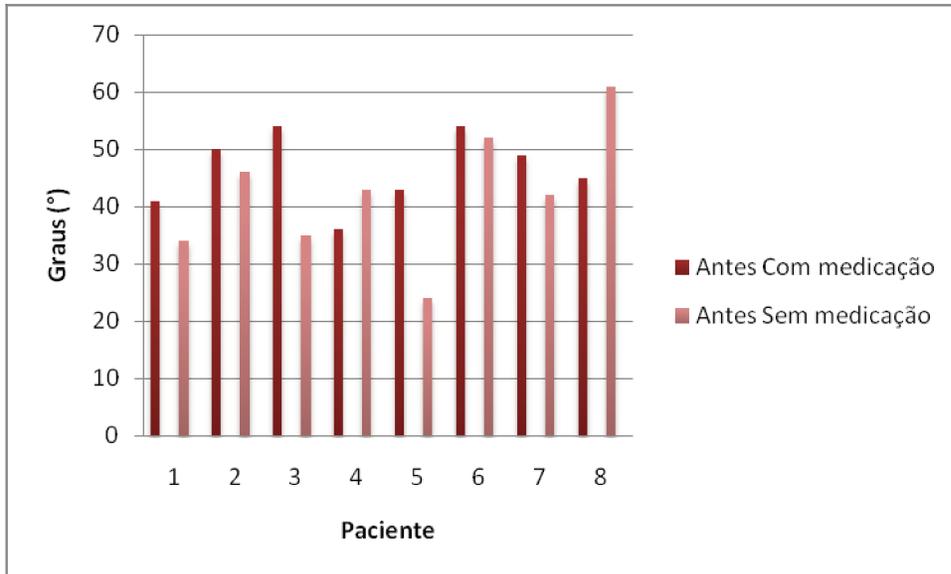


**Figura 28.** Plat Amp- amplitude total de movimento – Grupo Marcha em esteira + EENM

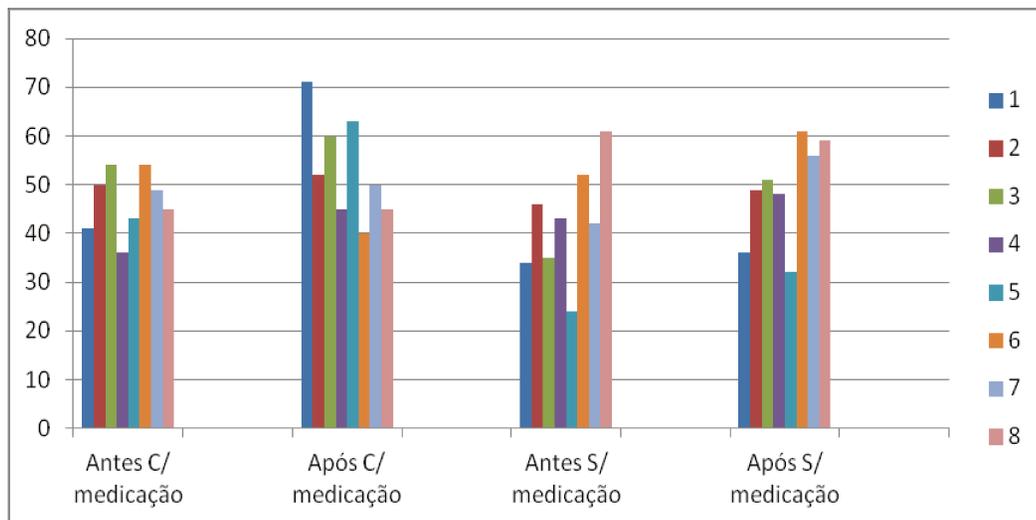
#### 5.3.5.1 Plat Amp- com medicação e sem medicação

Nestes dois subgrupos, observamos que os valores da amplitude total de movimento aumentaram. Comparando o grupo **com medicação antes** com o grupo **sem medicação antes**, observamos que as amplitudes são maiores, em quase todos pacientes do grupo que utiliza medicação, o que indica a atuação da medicação, diminuindo a intensidade da espasticidade (Figura 29). Este aumento da amplitude foi proporcional para a maioria dos pacientes dos dois subgrupos. Notamos ainda que no subgrupo **sem medicação**, os que obtiveram uma melhora significativa foram os pacientes 3 e 7. Já o subgrupo **com medicação** os pacientes 1, 5 (Figura 30). É importante ressaltar que o paciente 8 no subgrupo com medicação não apresentou nenhuma melhora e no subgrupo sem medicação este valor da amplitude total (Plat Amp) após EENM foi menor comparado ao coletado antes. Deve ter ocorrido algum erro durante o teste.

Na avaliação estatística apenas o grupo sem medicação apresenta uma diferença significativa entre tempos ( $p=0.042$ ).



**Figura 29.** Plat Amp- Amplitude total de movimento antes dos subgrupos com e sem medicação.



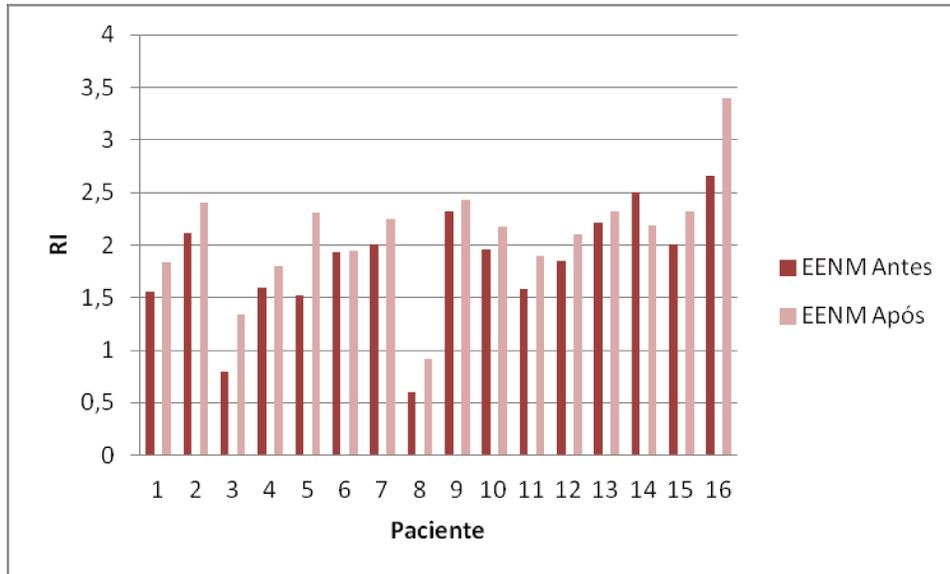
**Figura 30.** Comparação do parametro Plat Amp dos subgrupos com e sem medicação- Grupo EENM.

### 5.3.6. RI- Índice de relaxamento

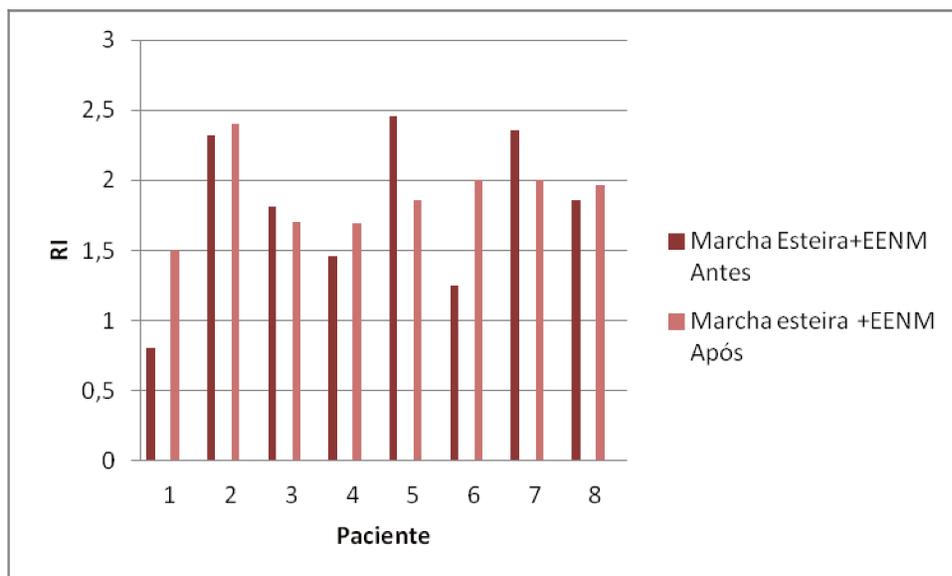
O índice de relaxamento é calculado dividindo a amplitude inicial de flexão pela amplitude total do movimento. Quanto menor o RI, menor é o impulso pendular da perna, e varia muito de indivíduo a indivíduo com relação às características físicas, como por exemplo, ao comprimento das pernas e seu peso (leve ou pesada).

Observamos que os valores aumentaram na maioria dos pacientes dos dois grupos analisados. No grupo da marcha em esteira pela amostra ser pequena, devido à dificuldade no transporte ou situação de saúde de alguns, este parâmetro também obteve uma melhora na metade dos pacientes analisados (Figuras 31 e 32).

Notamos com a avaliação estatística que não houve alteração significativa tanto entre tempos ( $p=0.206$ ) como entre grupos ( $p=0.489$ ).



**Figura 31.** Índice de relaxamento- Grupo EENM

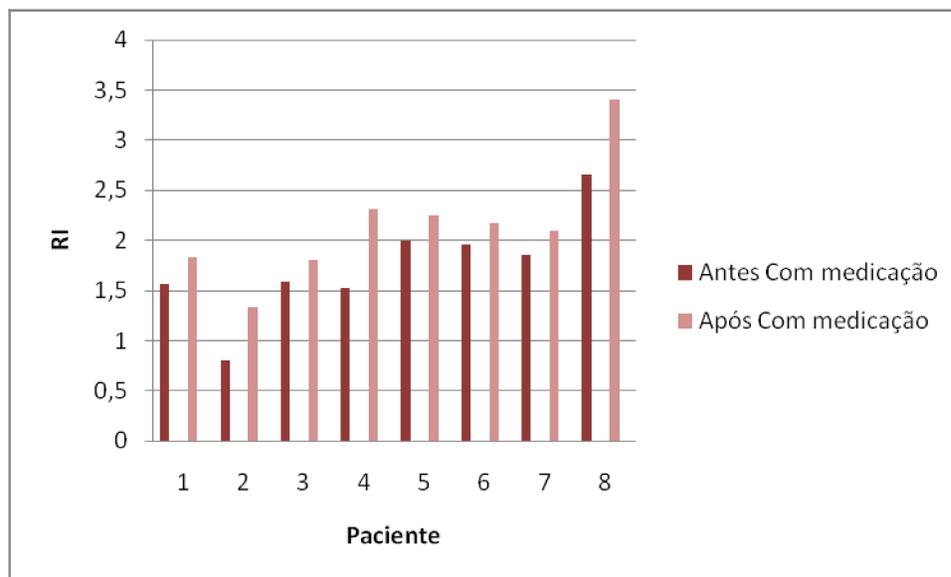


**Figura 32.** Índice de relaxamento- Grupo Marcha em esteira + EENM

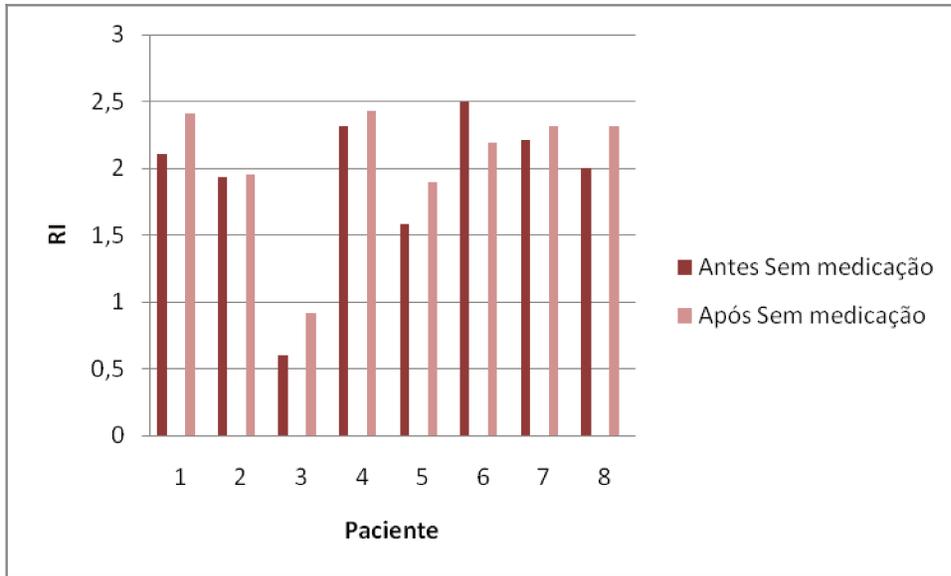
### 5.3.6.1. RI – com medicação e sem medicação

Observamos que os valores do RI aumentaram nos dois subgrupos. Este aumento foi proporcional para ambos, não sendo um fator significativo que diferenciase a utilização da medicação juntamente com a EENM ou marcha em esteira + EENM (Figuras 33 e 34). Podemos observar na figura 35 que no subgrupo com medicação os pacientes 2, 4 e 8 obtiveram um aumento significativo com relação aos demais. Já no subgrupo sem medicação os pacientes 1, 3, 5 e 8. Este aumento foi menor quando comparado ao subgrupo com medicação.

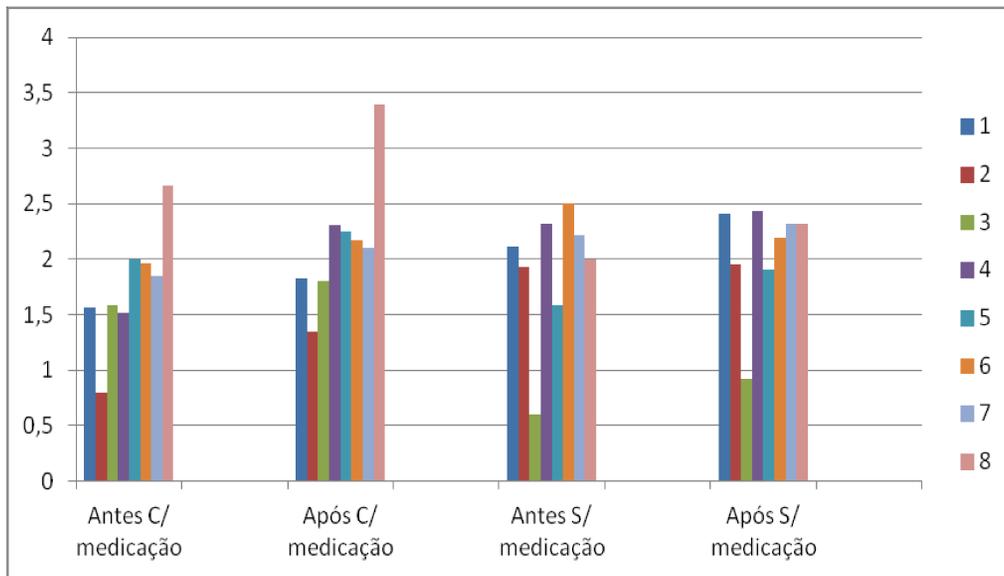
Na avaliação estatística notamos uma diferença significativa entre tempos apenas no subgrupo com medicação ( $p=0.012$ )



**Figura 33.** Índice de relaxamento antes e após EENM – Grupo com medicação



**Figura 34.** Índice de relaxamento Antes e Após EENM –Grupo sem medicação

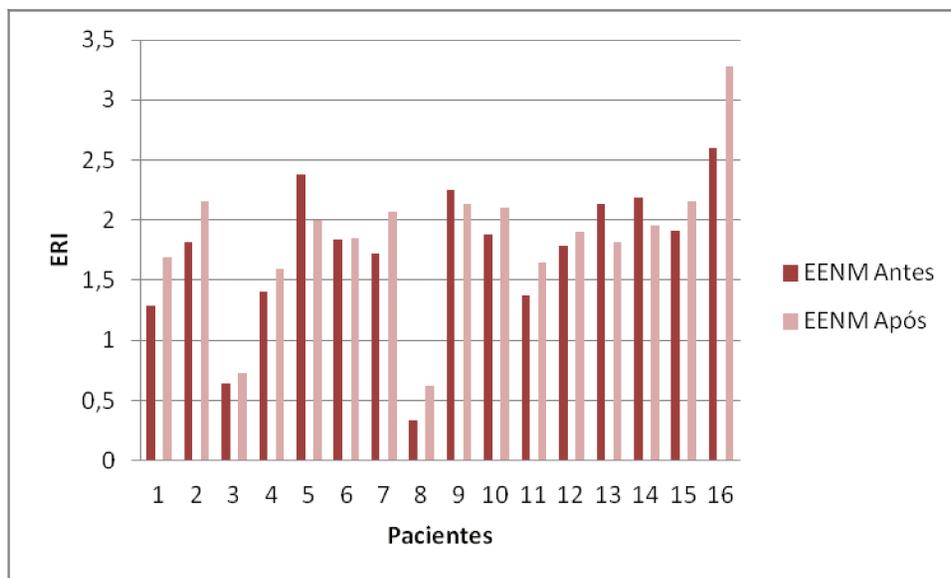


**Figura 35.** Comparação do parâmetro RI dos dois subgrupos- com e sem medicação-Grupo EENM.

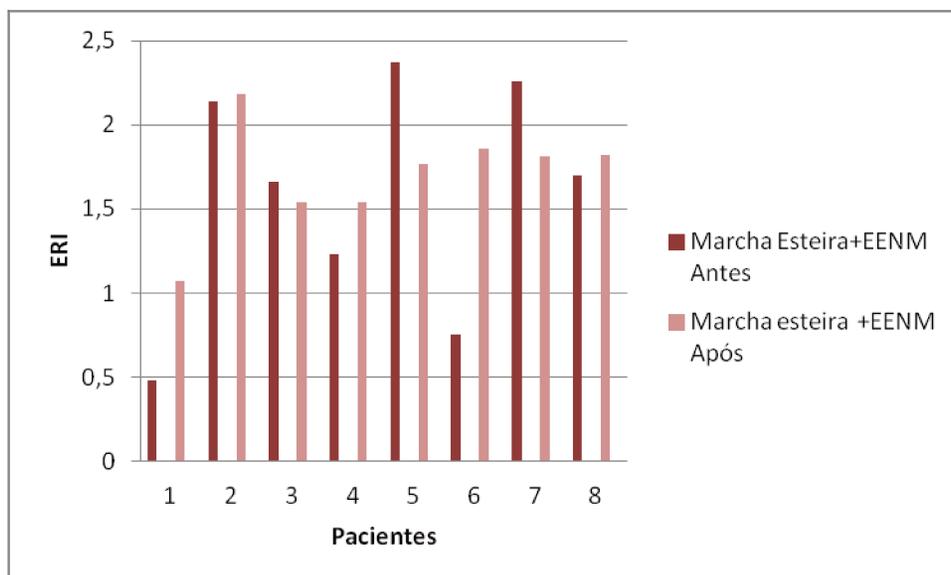
### 5.3.7. ERI- Índice de relaxamento em extensão

O Índice de relaxamento em extensão é calculado dividindo a amplitude de extensão inicial pela amplitude total. Notamos nos dados analisados um pequeno aumento deste índice após o treinamento com EENM e da marcha esteira + EENM da maioria dos pacientes (Figuras 36 e 37).

Na avaliação estatística este parâmetro não obteve diferença estatística nos dois grupos tanto com relação ao tempo (antes e após) ( $p=0.880$ ) como entre grupos ( $p=0.436$ ).



**Figura 36.** Índice de relaxamento em extensão - Grupo EENM



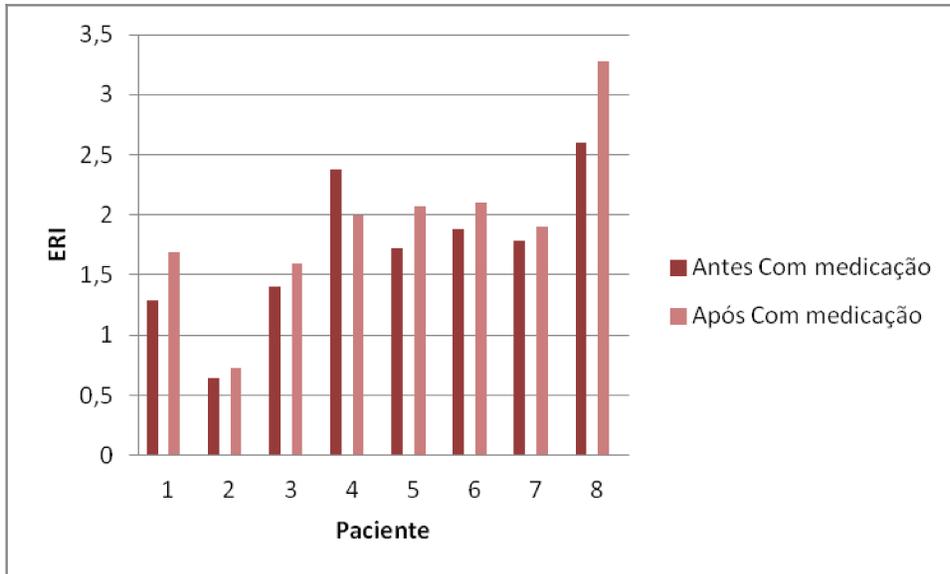
**Figura 37.** Índice de relaxamento em extensão - Grupo Marcha em esteira + EENM

#### 5.3.7.1. ERI- com medicação e sem medicação

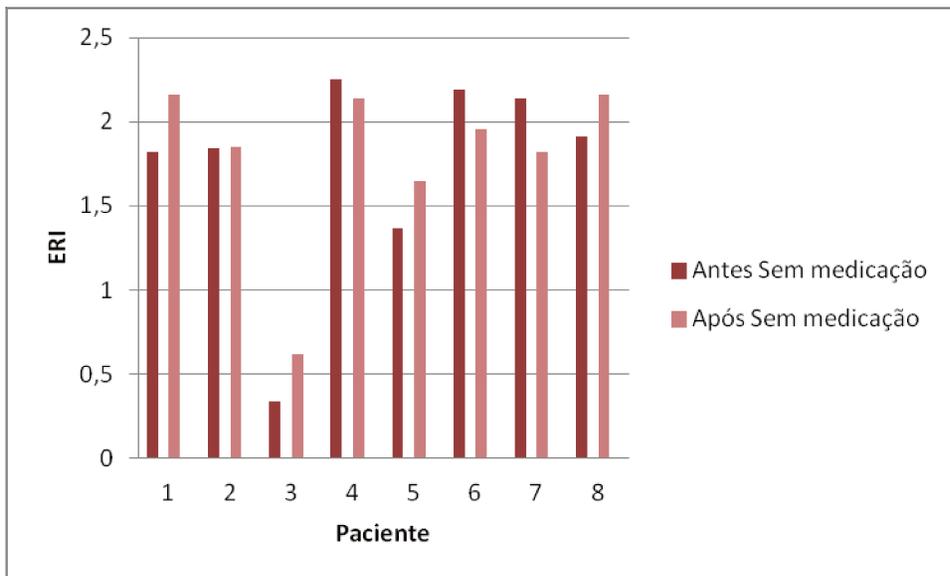
Notamos que os valores do ERI aumentaram nos dois subgrupos com pequena diferença entre eles, não sendo um fator significativo que diferenciase a utilização da medicação juntamente com a EENM ou marcha em esteira + EENM (Figuras 38 e 39).

Na Figura 40 observamos que apenas os pacientes 1 e 8 do subgrupo com medicação apresentaram uma melhora significativa da espasticidade após o treinamento com EENM, com relação ao índice ERI com o conjunto EENM + medicação.

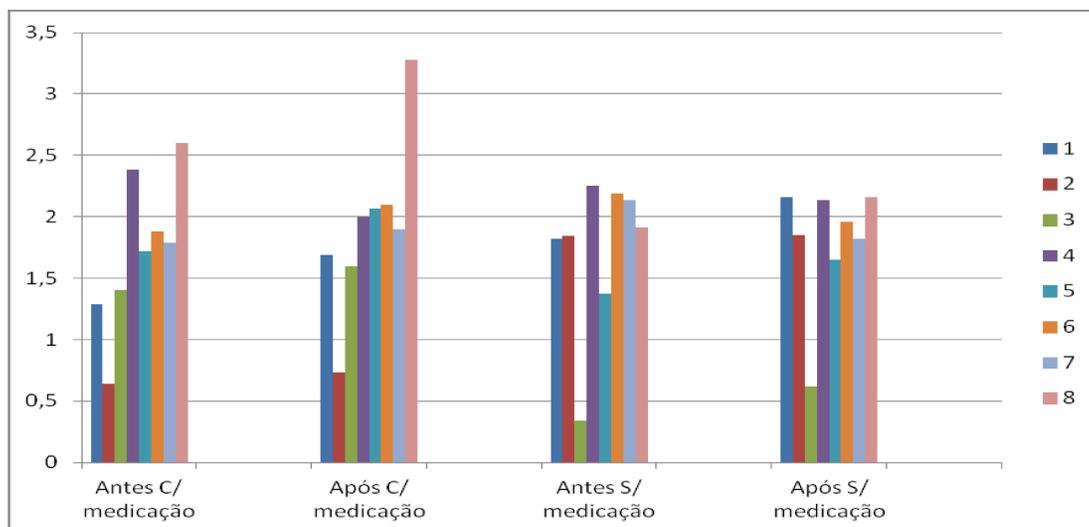
Na avaliação estatística este parâmetro também não ocorreu diferença significativa tanto entre tempos ( $p=0.397$ ) como com relação entre grupos ( $p=0.789$ ).



**Figura 38.** ERI antes e após EENM – Grupo com medicação



**Figura 39.** ERI antes e após EENM – Grupo sem medicação



**Figura 40.** Comparação do parâmetro ERI dos dois subgrupos- com e sem medicação- Grupo EENM.

### 5.3.8 Análise comparativa entre Grupos e Tempos

Os parâmetros On Ang e RI com relação ao tempo (antes e após) o grupo sem medicação não teve nenhuma diferença significativa. Com relação ao grupo com medicação já ocorreu uma diferença significativa entre os tempos. (Tabela 12).

**Tabela 12.** Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação das variáveis entre grupos e avaliações

Variáveis	Comparação entre Grupos	Comparação entre Tempos	Interação Grupos X Tempos
On Ang	P=0.674	<b>P=0.003<sup>a</sup></b>	P=0.656
F1 Ang	P=0.313	<b>P&lt;0.001<sup>b</sup></b>	P=0.219
E1 Ang	P=0.407	<b>P=0.031<sup>d</sup></b>	P=0.062
F1Amp	P=0.393	<b>P&lt;0.001<sup>b</sup></b>	P=0.126
E1Amp	P=0.371	<b>P&lt;0.001<sup>b</sup></b>	P=0.089
Plat Amp	P=0.118	<b>P&lt;0.001<sup>b</sup></b>	P=0.193
RI	P=0.489	p=0.206	P=0.180
ERI	P=0.436	P=0.880	P=0.515

a) Diferenças significativas entre tempos (teste de contraste): Grupo EENM (T1  $\neq$  T2); Grupo EENM+marcha (nenhuma diferença significativa).

(b) Diferenças significativas entre tempos (teste de contraste): Grupo EENM (T1  $\neq$  T2); Grupo EENM+marcha (T1  $\neq$  T2).

(c) Diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): EENM $\neq$ EENM+marcha em T2.

(d) Diferenças significativas entre tempos (teste de contraste): Grupo EENM (nenhuma diferença significativa); Grupo EENM+marcha (T1  $\neq$  T2).

---

Resultados

Observamos uma melhora significativa no subgrupo sem medicação com relação aos tempos nas variáveis F1 Ang, F1 Amp, E1 Amp, Plat Amp. Já no subgrupo com medicação com relação a estas variáveis, não obteve diferença significativa (Tabela 13).

**Tabela 13.** Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação das variáveis entre grupos e avaliações.

Variáveis	Comparação entre Grupos (Com X Sem medicação)	Comparação entre Tempos (Pré X Pós-Intervenção)	Interação Grupos X Tempos
On Ang	P=0.371	<b>P=0.019<sup>a</sup></b>	P=0.653
F1 Ang	P=0.828	<b>P=0.035<sup>b</sup></b>	P=0.668
E1 Ang	P=0.413	P=0.789	P=0.441
F1Amp	P=0.784	<b>P=0.004<sup>b</sup></b>	P=0.365
E1Amp	P=0.840	<b>P=0.013<sup>b</sup></b>	P=0.348
Plat Amp	P=0.424	<b>P=0.042<sup>b</sup></b>	P=0.869
RI	P=0.430	<b>P=0.012<sup>a</sup></b>	P=0.363
ERI	P=0.789	P=0.397	P=0.479

\* Variáveis transformadas em postos (*ranks*) para os testes devido à ausência de distribuição Normal.

(a) Diferenças significativas entre tempos (teste de contraste): Grupo Sem medicação (nenhuma diferença significativa); Grupo Com medicação (T1 ≠ T2).

(b) Diferenças significativas entre tempos (teste de contraste): Grupo Sem medicação (T1 ≠ T2); Grupo Com medicação (nenhuma diferença significativa).

Resultados

## **6 DISCUSSÃO**

O fenômeno da espasticidade tem gerado bastantes controvérsias, tanto na sua definição quanto nos processos e técnicas de medidas (34). Muito se tem publicado a respeito desses problemas porque a precisa definição e a determinação de uma técnica ou procedimento que sejam confiáveis ajudam muito na avaliação e tratamento da espasticidade (35).

O conceito de espasticidade em função de sua complexidade tem levado a muitas interpretações, o que torna difícil a precisão científica na busca da verdadeira causa. As extensões de seus efeitos são encobertos ou mascarados por outras anormalidades decorrentes de fatores internos que também são complexos.

Burridge et.al. (35) propõe uma redefinição da espasticidade que não especifica dependência na velocidade ou em reflexos de estiramento tônico, mas centra-se na importância do controle sensório-motor que, uma vez desordenado, causa atividades involuntárias inadequadas dos músculos esqueléticos.

Assim a espasticidade é definida como:

*“Controle sensório-motora desordenado, resultante de uma lesão do neurônio motor superior, apresentando-se como intermitente ou sustentada ativação involuntária dos músculos”*

Como podemos notar essa nova definição é mais abrangente, dá uma liberdade conceitual maior na escolha de métodos de avaliação da espasticidade que mais se aproxime à especificidade e localização da origem da espasticidade.

Com essa filosofia em mente, o presente estudo avaliou a espasticidade através do teste pendular e das escalas de avaliação em dois grupos de lesados medulares descritas ao longo desse trabalho. A maior ênfase do trabalho foi dada à avaliação através do teste pendular, o qual resultou uma análise mais significativa para o objetivo proposto.

## 6.1 Caracterização dos grupos

As características dos participantes com relação à idade, peso e estatura nos dois grupos demonstraram homogeneidade nos principais itens coletados.

## 6.2 Escalas

Os resultados da aplicação da escala de Ashworth (tabela 8) mostram a diversidade na manifestação do tônus muscular nos grupos. Podemos sintetizar, começando a analisar o grupo EENM - antes: três pacientes apresentaram um aumento considerável do tônus dificultando a movimentação passiva; dois com tônus muscular marcante, com as partes afetadas movendo-se lentamente; dois pacientes com leve aumento do tônus manifestado por tensão; sete apresentando um leve aumento e uma resistência mínima no fim do movimento, e dois pacientes obtiveram valor nulo (sem tônus muscular). No grupo EENM- após apenas em quatro pacientes não houve mudança no seu estado de tônus muscular e nos demais pacientes ocorreu uma diminuição substancial.

No grupo marcha em esteira + EENM- antes, um paciente apresentou aumento considerável do tônus muscular dificultando a movimentação passiva; três apresentaram um leve aumento de tônus e três sem nenhum tônus muscular. Para esse grupo após, com exceção de um paciente todos obtiveram valor nulo (sem tônus).

Assim a aplicação da escala de Ashworth com relação aos valores coletados antes e após foi verificado uma melhora nos efeitos da espasticidade em 62,5% do grupo da EENM e em 37,5% no grupo da marcha em esteira + EENM.

É constatado que a avaliação do tônus muscular para quantificar a intensidade da espasticidade é difícil se for usado apenas a interpretação subjetiva baseada em movimentos passivos. Por isso não é muito fidedigna utilizar somente este parâmetro para analisar a espasticidade. Feuren et al (18) relata que muitos estudos vem sendo feitos para

analisar se é confiável a utilização desta escala, e foi constatado que a utilização da mesma é insuficiente, semelhante ao nosso estudo com relação aos valores encontrados.

Em geral, supõe-se que a espasticidade seja mais intensa quanto maior for o nível da lesão e de perda de função (ASIA A e B). No entanto, segundo o estudo de Grace (36) foi verificado que os níveis B apresentaram uma problemática maior que em lesão completa.

No presente estudo este dado com relação à intensidade encontrada nesta escala no grupo da EENM dois paciente (n= 13 e n=14) não foi semelhante, pois a intensidade encontrada foi similar a ASIA A. No grupo marcha em esteira + EENM um paciente (n=3) não apresentou tônus muscular tanto antes como após, o que também difere ao estudo citado anteriormente. Mas se analisar a intensidade da espasticidade, um paciente do grupo da EENM (n=16) não ocorreu uma mudança no valor após EENM, o que se assemelha ao estudo de Grace (36).

Apesar de ter origem em danos do sistema neuronal a espasticidade pode ser benéfica ou ruim. É benéfica quando diminui a perda de massa muscular, melhora a circulação sanguínea e facilita os processos de transferências, dentre outros. Além disso, envolve movimentos lentos involuntários e promove contração dos músculos agonista e antagonista. É ruim tanto por dificultar as atividades da vida diária, quanto por ser dolorosa, em alguns casos (37, 38, 39, 40). Na presente pesquisa não houve, na avaliação da escala analógica de dor, nenhum paciente relatando dor quando a espasticidade se manifestava.

A espasticidade apresenta como característica uma reação de retirada em flexão, ocasionando uma atividade muscular involuntária que ocorre quando é realizado um movimento ativo ou passivo. Esse reflexo de estiramento ou miotático depende da velocidade com que é realizada a movimentação (19). Na presente pesquisa, observamos que na escala de espasmos musculares (Escala de Penn) sete pacientes grupo da EENM e

quatro do grupo da marcha em esteira + EENM relataram que a espasticidade aparece quando ocorre uma mudança de posição, semelhante ao observado acima.

### **6.3 Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) e Marcha em Esteira**

A lesão do neurônio motor enfraquece e paralisa a contração muscular como podemos observar, e causa o aparecimento da espasticidade. Com a aplicação da Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) observa-se, inicialmente, uma inibição e relaxamento do músculo espástico e estimulação de vias aferentes. Posteriormente, ocorrem ações na neuroplasticidade, as quais possibilitam modificar as propriedades viscoelásticas musculares. Dessa forma as unidades motoras são desenvolvidas e causam contrações rápidas e ordenadas. Por este motivo a utilização da estimulação é um meio favorável para melhorar as atividades cotidianas dos lesados medulares.

Segundo o estudo de Salm Van der et. al (42) um dos procedimentos clínicos para reduzir a espasticidade é a estimulação elétrica neuromuscular, que tem ação local e pode ser utilizada em certa intensidade desejada para obter efeitos desejados e preservar os pacientes a poderem desempenhar algumas funções indispensáveis no cotidiano. Realizou-se a estimulação elétrica na musculatura antagonista (tibial anterior ipsilateral), na musculatura agonista (trícipes sural ipsilateral) e no dermatomo correspondente na parte lateral do pé e foi constatado que houve uma melhora da espasticidade nesta musculatura específica. Com a estimulação elétrica ocorre um maior fluxo de sangue na área correspondente o que pode ter diminuído a rigidez da musculatura, além de um efeito inibitório pela mudança na excitabilidade corticomotoneural.

Robinson e colaboradores (43) realizaram um estudo para avaliar a espasticidade e constatou que após um período a espasticidade retorna. No entanto os efeitos em longo prazo em pacientes lesados medulares pouco foram relatados sobre os

efeitos da estimulação. Na pesquisa realizada foi perguntado aos pacientes após a realização do treinamento com EENM e Marcha em Esteira + EENM, sobre a durabilidade da melhora da intensidade da espasticidade, e a maioria relatou que os efeitos duravam um dia ou algumas horas, mas já favorecia nas atividades cotidianas.

A utilização da marcha nestes pacientes que apresentam espasticidade se deve ao fato de que a marcha trás vários benefícios. Segundo o estudo de Hugues (44), a marcha é importante na diminuição da espasticidade e sugere também, a utilização do tratamento farmacológico para a diminuição da mesma. E ainda que Dantrolene sódico, e injeções de toxina botulínica têm função de interromper os elementos periféricos do reflexo. Muitos dos tratamentos farmacológicos têm efeitos antiespásticos.

#### **6.4 Parâmetros do Teste Pendular**

Dentre os métodos de avaliação da espasticidade, o teste do pêndulo, já descrito anteriormente, possibilita um processo simples e de grande confiabilidade. Dessa forma, o teste pendular utilizado para avaliar o tônus muscular do quadríceps nos movimentos normais e anormais tornou-se eficaz na avaliação clínica da espasticidade. No estudo de Krawetz (41) a espasticidade nos membros inferiores foi avaliada com o teste pendular e escala modificada de Ashworth. Observa também que a intensidade da espasticidade e nível de lesão modificam as características da marcha.

Nossa pesquisa mostrou que a utilização do dispositivo DTP, que foi elaborado e construído especificamente para avaliar a espasticidade nos lesados medulares, foi importante pela fácil utilização e pela precisão nas análises do sinal de contração muscular e amplitude de movimento pendular

No presente estudo observamos que a estimulação elétrica neuromuscular proporciona um movimento harmônico, periódico e as intensidades das curvas decrescendo normalmente ao longo do tempo. Essas observações sugerem que pode ocorrer certa reestruturação do ato motor provocado pela estimulação elétrica. Essa resposta corresponde a um rearranjo na seqüência de ativação entre os músculos sinergistas, agonistas e antagonistas, resultando em um movimento coordenado, tendo como consequência a redução da espasticidade.

As figuras obtidas através dos dados coletados do teste pendular mostram claramente que após a estimulação elétrica neuromuscular em lesados medulares ocorre uma diminuição da intensidade da espasticidade. Isso decorre de duas observações importantes: a primeira é que após a EENM e marcha em esteira + EENM, os gráficos resultantes do teste pendular se apresentaram mais organizados e harmônicos que consiste num resultado qualitativo; a segunda é quantitativa, visto que após a EENM e Marcha em esteira + EENM a variação da amplitude total (Plat Amp) apresentou uma diferença estatística.

Quando analisados na pesquisa, a utilização de medicamentos juntamente com a EENM para a redução da intensidade da espasticidade, todos os parâmetros analisados do teste pendular nos dois subgrupos (com medicação como sem medicação) não apresentaram valores significativos.

Talvez este seja o momento e espaço adequado para refletir sobre a técnica do teste do pêndulo. O que vemos é um dispositivo experimental que serve para analisar o estado neuronal e muscular na região do joelho e adjacências de lesados medulares. O movimento de oscilação da perna do paciente lesado medular é um tanto caótico, sem coordenação externa e interna, já que não existe um controle efetivo que estabeleça certa ordem ao movimento. Praticamente o estado de rigidez e fixação impede que a perna adquira ao longo da queda, um movimento que tenha certo grau de harmoniosidade como o

que é visto num sistema físico onde simplesmente temos o balanço de uma massa presa numa haste. Por outro lado não podemos interpretá-lo como um sistema internamente livre onde o movimento perde energia apenas pelo atrito com as moléculas do meio ambiente, mas como a integração interna de um sistema muscular e neuromotor.

Para o indivíduo que está no estado de espasticidade existe algo travado, e isso interfere de maneira drástica na harmonia do movimento. É observado que em todos os experimentos do teste pendular, os primeiros registros mostram algo inusitado que, na maioria das vezes, não é possível fazer qualquer medidas de intensidades das curvas. A linha de base que traça o perfil onde o movimento deverá cessar varia inicialmente até se fixar numa posição angular acima do esperado. Parece que essa posição de repouso é o local onde o sistema muscular atinge a sua maior ordem dentro da desordem estrutural mecânica que a lesão medular instituiu via conexão neuronal. A forma da curva descrita pelo movimento mostra muito o fator intermitente da tentativa de reorganizar as excitações musculares. Todo esse fato tem muito a ver com a redefinição do fenômeno da espasticidade que vimos anteriormente.

Então para se ter uma visão mais ampla do fenômeno e estimar o grau de espasticidade são importantes analisar todos os parâmetros definidos no gráfico da variação angular do movimento pendular. Só assim é possível obter informações que, junto a outras técnicas, possibilite levantar um juízo confiável para confirmar o estado de espasticidade.

Na literatura podemos observar trabalhos (7,33,34,35), onde a espasticidade é calculada através de relações matemáticas entre os parâmetros definidos e medidos nos gráficos do teste pendular. Essas relações são importantes e ajudam a determinar o estado de espasticidade, no entanto algumas conclusões baseadas inteiramente nelas falham quando tentam generalizar. Há casos extremos que corroboram com essas determinações, mas também há outros casos que se sabe que o indivíduo apresenta espasticidade e os números calculados não mostram esse fato. Assim, por exemplo, a expressão para o índice

de relaxamento que geralmente é definido como a relação entre a amplitude de flexão inicial com a amplitude de movimento total pode, paradoxalmente, apresentar problemas. Atente para o seguinte experimento: o indivíduo que no experimento apresenta uma grande amplitude de extensão inicial, o que mostra que não deve ter espasticidade, mas por outro lado o parâmetro que mede a amplitude de movimento total é pequeno mostrando uma reação muscular que prende a perna e a faz oscilar ao redor de uma posição de equilíbrio muito distante da condição normal que seria em torno de 90° a 110°, deveria ter espasticidade. Também o valor calculado do índice de relaxamento mostraria que não existe espasticidade. Existem muitas outras situações similares. Para os casos “normais” o índice de relaxamento calculado deve ser maior ou igual 1,6 sendo que valores menores representam casos de espasticidade; é o que prescreve a literatura.

Nossos resultados mostraram que no grupo EENM – antes apenas seis pacientes poderiam ser considerados espásticos de acordo com os valores dos índices de relaxamento calculados segundo a literatura. Também no grupo da marcha + EENM – antes apenas três pacientes estariam com espasticidade. Esse fato representaria um total de 37,5%, tanto num grupo quanto no outro, de pacientes com espasticidade, o que não corresponde à realidade experimental conforme estaremos mostrando.

Outro ponto importante a ressaltar é o fato de elegermos o resultado de várias medidas. Isso parece alterar ou influenciar nos resultados já que a realização de uma seqüência de medidas corresponde a um exercício fisioterápico que, de alguma forma, insere certo treinamento que ajuda o sistema muscular a se reorganizar. Esse mecanismo mascara uma situação que pode levar a um resultado falso da espasticidade.

Em nossos experimentos verificamos que, em quase todos pacientes, os gráficos obtidos inicialmente eram desorganizados e, na maioria, era quase impossível determinar as intensidades dos parâmetros de movimento. Pela falta de harmoniosidade podemos facilmente constatar a desorganização do controle sensório-motor, apresentando-se como

um movimento intermitente modulado pela ativação involuntária dos músculos, tudo isso correspondendo à própria definição de espasticidade.

Uma observação simples e sustentada por vários trabalhos (7,33) sobre o teste pendular na avaliação da espasticidade é quanto ao número de máximos (ou mínimos) que ocorre no gráfico de oscilação pendular. O movimento oscilatório da perna de um indivíduo normal contém em torno de seis a sete máximos (ou mínimos), além desse número podemos ter vários graus de espasticidade. Em nossos experimentos observamos que, em todos os pacientes dos dois grupos, esse número ficou entre dez e catorze máximos, o que corresponde em algum grau de espasticidade.

Todos os parâmetros obtidos do movimento pendular são importantes para auxiliar a determinar a espasticidade. Em nossos resultados, apesar de nem todos os pacientes apresentarem valores dos índices de relaxamento que mostrassem espasticidade, segundo a literatura, os demais parâmetros mostraram um comportamento sustentável para a espasticidade.

Na apresentação dos resultados mostramos e discutimos todos os parâmetros através da análise dos gráficos obtidos antes e depois da estimulação utilizada.

## **7 CONCLUSÃO**

A utilização da EENM e da marcha em esteira + EENM são eficazes para redução da intensidade da espasticidade imediatamente após a sua realização, e segundo relatos dos pacientes até algumas horas após.

Os parâmetros On Ang e RI do teste pendular realizado, com relação ao tempo (antes e após EENM) do subgrupo sem medicação não teve nenhuma diferença significativa. No entanto o subgrupo com medicação apresentou uma diferença significativa entre os tempos. Já o subgrupo sem medicação com relação aos tempos nas variáveis F1 Ang, F1 Amp, E1 Amp, Plat amp apresentaram significância, em contrapartida com o subgrupo com medicação que não obteve diferença significativa

Sugerimos que o dispositivo DTP possa ser utilizado não apenas para detetar a espasticidade como previamente elaborado, mas também para diagnosticar outras patologias que apresentem espasticidade, durante cirurgias, ou logo após a mesma para verificação de amplitude de movimento através dos sinais do eletrogoniômetro como por exemplo.

Por último, tanto a marcha em esteira +EENM como a EENM apresentaram uma diminuição da intensidade da espasticidade. Mas é importante ressaltar que a amostra do grupo da esteira foi pequena, sendo necessário futuramente um maior estudo do mesmo.

## **8 REFERÊNCIAS**

1. Pereira ME, Araujo TC. Enfrentamento e reabilitação de portadores de lesão medular e seus cuidadores. *Psico. PUCRS, Porto Alegre*. 2006; 1 v (37): 37-45.
2. Lim PAC, Tow AM. Recovery and regeneration after spinal cord injury: a review and summary of recent literature. *Annals Acad Med Singapore*. 2007; v (36):49-57.
3. Carvalho DCL, Garlipp CR, Bottini PV, Afaz SH, Moda MA, Cliquet A Jr. Effect of treadmill gait on bone markers and bone mineral density of quadriplegic subjects. *Braz J Med Biol Res*. 2006; 39: 1357-63.
4. Carvalho DCL, Carvalho MM, Cliquet A Jr. Osteoporose por desuso: aplicação na reabilitação do lesado medular. *Acta Ortop Bras*. 2001; 3 v (9): 34-43.
5. Leitaó AV, Muss CAI, Granero LHM, Rossetto R, Pavan K, Lianza S. Espasticidade: Avaliação Clínica. *Assoc Bras Med Física e Reabil*. 2006.
6. Baldo MVC. *Physiology of Human Movement*. Department of Physiology and Biophysics- USP, 2009. Text Support. Available at: [www.fisio.icb.usp.br/aulasfisio/cursos/mdidatico/movimento.pdf](http://www.fisio.icb.usp.br/aulasfisio/cursos/mdidatico/movimento.pdf). Accessed: 05 January 2010.
7. Bajd T, Vodovnik L. Pendulum testing of spasticity. *J. Biomed Eng*. 1984; (6):9-16.
8. Valle M.S, Casabona A, Sgarlata R, Garozzo R, Vinci M, Cioni M. The pendulum test as a tool to evaluate passive knee stiffness and viscosity of patient with rheumatoid arthritis. *BMC Musculoskeletal disord*, 2006. (7): 89.
9. Quagliato E, Bang G, Botelho LA, Gianini MAC, Spósito MMM, Lianza S. Espasticidade: Tratamento Medicamentoso. *Assoc Médica Bras e Conselho Fed Med*, 2006.
10. Guyton AC. *Fisiologia Humana*. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1988

11. Machado ABM. Neuroanatomia Funcional. Rio de Janeiro- São Paulo: Liv. Atheneu; 1991.
12. Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiologia Médica. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1997
13. Costa AC, Lesão Medular. Educação Física Adaptada II. Material Didático. UNISALESIANO, 2009. Disponível em: <<http://www.salesianolins.br>>. Acesso: set. 2009.
14. Wilkie DR. Principles of human physiology”14 ed. London, 1968.
15. J. CAMBIER, M, MASSON, H. DEHEN- “Manual de neurologia”- Edit. Guanabara Koogan. S. A.- Rio de Janeiro- 1980.
16. Greve et al. Diagnóstico e tratamento da lesão medular espinhal. 1 ed. São Paulo: Roca Ltda; 2001.
17. Rodrigues BG, Brito CS, Barros CF. Lesões da medula espinhal. 2006. Disponível em [http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/neuro/lesão\\_espinhal/lesão\\_espinhal\\_brena.htm](http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/neuro/lesão_espinhal/lesão_espinhal_brena.htm). Acesso: set. 2009.
18. Fleuren JFM, Voerman GE, Erren-Wolters CV et al Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity J. Neurol Neurosurg Psychiatry 2010; 81:46-52 originalmente publicada online 21 Setembro 2009.
19. Informações sobre espasticidade. Apiteria, 2009. Disponível em: <http://apitoxicure.br.tripod.com/espasticidade.htm> acesso em: 2 nov.2011.

20. Lianza S. Consenso nacional Espasticidade- Diretrizes para o diagnóstico e tratamento. Sociedade Brasileira de Medicina Física e de Reabilitação. São Paulo, 2001.
21. Teive HAG, Zonta M, Kumagai Y. Tratamento da espasticidade: uma atualização. Arq Neuro Psiq, São Paulo 1998. 4 v (56): 852-858.
22. Beltrame A, Picon PD, Gadelha MIP. Protocolos Clínicos e Diretrizes Terapeuticas- Espasticidade Focal Disfuncional- Toxina Tipo A de Clostridium Botulinum. Brasília, 2010. v 1.
23. Skold C, Levi R, Seiger A. Spasticity after traumatic spinal Cord injury: Nature, Severity, and Location”- Arch Phys Med Rehabil, Dez.1999; v (80).
24. Salamela LFT, Nadeau S, Olney SJ, Brouwer B. Pêndulo: um teste simples de medida de espasticidade. Acta Fisíatrica, 2002.
25. Vittorio A, Ruggero P, Visconti S, Alfieri AGM. Spinal Cord injury and electrical stimulation: Types and characteristics of spasticity. Basic Appl Myol, 1997. 7 (2): 119-122.
26. Ferreira DBJ, Lippelt HC, Cliquet AJr. Estimulação elétrica neuromuscular na reversão da ossificação heterotópica. Acta Ortopédica Brasileira. 2006; 2 v (14): 72-74.
27. Vodovnik L, Bowman BR, Hufford P. Effects of electrical stimulation on spinal spasticity. Scand J Rehab Med, 1984; 16: 29-34.
28. Adam MM, Hicks AL. “Spasticity after spinal cord injury”- Spinal Cord- 43, 577-586.; published online 19 April 2005
29. Middleton JW, Siddall PJ, Walker S, Molloy AR, Rutkowski SB. Intrathecal clonidine and baclofen in the management of spasticity and neuropathic pain following spinal cord injury: A case study. Arch Phys Med Rehabil, Agosto 1996; v 77.

30. Azouvi P, Mane M, Thiebaut JB, Denys P, Remy-Neris O, Bussel B. Intrathecal baclofen administration for control of severe spinal spasticity: Functional improvement and long-term follow-up Arch Phys Med Rehabil, 1996; v 77..
30. Park ES, Park C, Kim DY, Kim YR. The effects of spasticity on cortical somatosensory- evoked potentials: Change of cortical somatosensory- evoked potentials after botulinum toxin type A injection. Arch Phys Med Rehabil, November 2002; v 83.
31. Delfino HLA. Trauma Raquimedular. Ribeirão Preto, out/dez 1999; 32: 388-400.
32. Maria RM, Cliquet AJr. Desenvolvimento de um sistema para avaliação de espasticidade em lesados medulares. Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2009; p48.
33. Stillman B, Mcmeeken J, Phty D. A video-Based Version of the Pendulum Test: Technique and Normal Response, Arch Phys Rehabil. 1995; v (76): 166-176.
34. Wood DE, Burrige JH, Wijck FMV, Mcfadden C, Hitchcock RA, Pandyan AD, Haugh A, Salazar-Torres JJ, Swain ID. Biomechanical approaches applied to the lower and upper limb for the measurement of spasticity: Asystematic review of the literature. Disability and Rehabilitation, 2005; 27(1/2):19-32.
35. Burrige JH, Wood DE, Hermens HJ, Voerman GE, Johnson GR, Wijck FV, Platz T, Gregoric M, Hitchcock R, Pandyan AD. Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. Disability and Rehabilitation, 2005; 27(1/2):60-80.
36. Grace ABBK. On spasticity in spinal cord injury: The challenge of measurement and the role of novel intervention (segway) Acadia University, The University of British Columbi. 2009; 176 ps..

37. Jozefczyk PB. The management of focal spasticity. *Clinical Neuropharmacology*. 2002; 25:158-173.
38. Kirshblum S. Treatment alternatives for spinal cord injury related spasticity. *Journal of Spinal Cord Medicine*. 1999; 22:199-217.
39. Hsieh JTC, Wolfe DL, Miller WC, Curt A. and the SCIRE Research Team. Spasticity outcome measures in spinal cord injury: psychometric properties and clinical utility. *Spinal Cord*. 2008; 46:86-95.
40. Kita M. Drugs used to treat spasticity. *Drugs*. 2000; 59:487-495.
41. Krawetz P, Nance P. "Gait analysis of spinal cord injured subjects: Effects of injury level and Spasticity"- *Arch. Phys. Med. Rehabil*. Vol. 77, July, 1996.
42. Salm VDA, Veltink PH, Ijzerman MJ, Groothuis-Oudshoorn, KC, Nene AV, Hermie, HJ. Comparison of Electric Stimulation Methods For Reduction of Triceps Surae Spasticity in Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil*. February 2006; v 87.
43. Robinson CJ, Kette NA, Bolam JM. Spasticity in spinal Cord injured Patients: 2. Initial Measures and long-term effects of surface electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* ,1988: 69(10):862-8.
44. Barbeau H, Ladouceur M, Norman KE, Pépin A, Leroux A. Walking after spinal cord injury: Evaluation, Treatment, and Function Recovery. *Arch. Phys Med. Rehabil*, Fev. 1999, v 80.
45. Sternberg TL. Treatment of Spasticity Associated with Spinal Cord Injury and Other Central Nervous System Damage. *Northeast Florida Medicine*. 2009; 3 v (60).
46. Rekan T. Clinical assessment and management of spasticity: a review. *Acta Neurol Scand Suppl*, 2010; (190):62-6.



# Anexo 1: ASIA

## Padronização da Classificação Neurológica da Lesão Medular (adaptado associação americana de lesões medulares - A.S.I.A. 1992)

Ambulatório de reabilitação **capgemsp/ufpr** - Laboratório de reabilitação e **biomecânica** do aparelho locomotor

Paciente: \_\_\_\_\_ Avaliador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**MOTOR MUSCULO-CHAVE**

C2		
C3		
C4		
C5		
C6		
C7		
C8		
T1		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		
T9		
T10		
T11		
T12		
L1		
L2		
L3		
L4		
L5		
S1		
S2		
S3		
S4-5		

TOTALS  +  =  **INDICE MOTOR**

(MÁXIMO) (50) (100)

NÍVEL MOTOR E SENSITIVO M  D  E

NÍVEL NEUROLÓGICO ( ) S

ASIA - A (COMPLETA)  
ASIA - B (INCOMPLETA)  
ASIA - C (INCOMPLETA)

**Doloroso**

E		
D		
E		
D		

TOTALS  +  =  **INDICE DE ESTIMULAÇÃO COM AGULHA (Máx. 112)**

(MÁXIMO) (56) (112)

INDICE DE ESTIMULAÇÃO COM TOQUE (Máx. 112)

(MÁXIMO) (56) (112)

ESCALA DE DEFICIÊNCIA DA ASIA  
ASIA - D (INCOMPLETA)  
ASIA - E (NORMAL)

Qualquer sensibilidade anal (sim/não)

## Anexo 2: Termo de consentimento livre e esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisa: *Análise clínica da espasticidade antes e após a estimulação elétrica neuromuscular e marcha em esteira com EENM em lesados medulares.*

Eu....., portador (a) do RG....., dou meu consentimento livre e esclarecido para participar como voluntário (a) da pesquisa sob responsabilidade da Fisioterapeuta Janaina Roland Tancredo, juntamente com o Orientador Dr. Alberto Cliquet Junior. Os Lesados Medulares apresentam espasticidade, sendo necessário estudo da avaliação da espasticidade.

Essa pesquisa tem como objetivo verificar a variação do grau da espasticidade em Lesados Medulares antes e após estimulação elétrica e treino de marcha em esteira, através da análise clínica e funcional.

O voluntário será submetido à avaliação clínica e aplicação do Teste Pendular. O procedimento será o seguinte: o individuo ficara sentado em uma maca apoiando as costas em uma cunha almofadada. Todo o processo será monitorado por uma pessoa ou acompanhante. O teste pendular será apenas o ato de esticar o joelho e soltar a perna para verificar a variação da espasticidade, e isso será detectado através de um dispositivo, que irá medir o Grau de espasticidade antes e após a estimulação e em marcha em esteira. A pesquisa não oferece riscos ao voluntário, sendo livre a escolha para interromper a qualquer momento a participação na pesquisa. Os dados pessoais do voluntário serão mantidos em sigilo e os resultados gerais obtidos através da pesquisa serão utilizados apenas para alcançar o objetivo do trabalho exposto acima, incluída sua publicação na literatura científica especializada;

Estou ciente de todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a minha participação na referida pesquisa.

As informações a respeito do estudo poderão ser requisitadas a qualquer momento à Pesquisadora Janaina Roland Tancredo, tel (19) 9626-0206 que estará disponível para responder minhas questões e preocupações. Em caso de dúvidas, recurso ou reclamações ligar no Comitê de Ética em Pesquisa da FCM- UNICAMP, tel (19) 3521-8936.

Para questões relacionadas a este estudo, contate:

Departamento de Ortopedia e Traumatologia da FCM – UNICAMP

Rua Tessália Vieira de Camargo, 126 – Barão Geraldo – Campinas, SP, Brasil – CEP: 13083-970.  
Telefone: (19) 3521-7512 | Fax: (19) 3521-7505

Comitê de Ética em Pesquisa da FCM – UNICAMP

Rua Tessália Vieira de Camargo, 126 – Caixa Postal 6111 – Campinas, SP, Brasil – CEP: 13083-887.  
Telefone: (19) 3521-8936 | Fax: (19) 3521-7187. E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Campinas,..... de ..... de 2010.

.....

Voluntário (a) ou responsável

.....

Ft. Janaina Roland Tancredo

### Anexo 3: Ficha de avaliação

#### *Avaliação Clínica da Espasticidade*

**Grupo paciente ( )**

**Data:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Endereço:** \_\_\_\_\_

**Telefone:** \_\_\_\_\_ **Cidade:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_

HMA: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### Fatores agravantes da espasticidade:

Úlcera de decúbito ( )

Infecções urinárias ( )

Emocionais ( )

Toma medicamentos: Sim ( ) Não ( )

Qual: \_\_\_\_\_

Para espasticidade: Sim ( ) Não ( )

Qual: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### Escala modificada de Ashworth: .

\_\_\_\_\_

Anexos

0= Nenhum tônus muscular

1= Leve aumento o tônus manifestado por uma resistência mínima no fim do arco do movimento quando a parte afetada é movida em extensão ou flexão

1+ = Leve aumento no tônus muscular, manifestado pelo bloqueio, seguido pela mínima resistência em todo o restante do arco do movimento (menos da metade).

2= Aumento mais marcante no tônus muscular, apesar da ausência de comprometimento da amplitude articular, porem as partes afetadas movem-se lentamente.

3= Aumento considerável do tônus muscular dificultando a movimentação passiva

4= Rigidez nas partes afetadas para flexão ou extensão.

---

Escala subjetiva da espasticidade 0 à 10: antes: \_\_\_\_\_

Após: \_\_\_\_\_

Escala analógica da dor 0 (ausência de dor) à 10 (pior dor possível): \_\_\_\_\_

Escala de espasmos musculares:

Escala de espasmos musculares.

Escore Frequência dos espasmos

0 Sem espasmos

1 Espasmos induzidos por estímulos vigorosos

2 Espasmos espontâneos: < 1/hora

3 Espasmos espontâneos: 1-10/hora

4 Espasmos espontâneos: >10/h

Escala: \_\_\_\_\_

## Anexo 4: Submissão do artigo



Página inicial > Usuário > Autor > **Submissões Ativas**

### Submissões Ativas

•	<b>ATIVO</b>
•	ARQUIVO

ID	MM-DD	ENVIAR SEC AUTORES	TÍTULO	STATUS
AOB-392	10-06	AO Roland Tancredo, Manzano Maria,...	ANÁLISE CLÍNICA DA ESPASTICIDADE ANTES E APÓS A...	Aguardando designação

**Iniciar Nova Submissão**

[CLIQUE AQUI](#) para iniciar os cinco passos do processo de Submissão.

**Anexo 5: Apresentação oral em congresso- IFESS 2011**

*ifess*

16th International Functional Electrical Stimulation Society – IFESS  
Annual Conference, 2011

Electrical stimulation and the anthropological "post-human" body

8-11, September 2011

São Paulo, Brazil

<http://conference.ifess.org/>

**CONFIRMATION**

Ms./Mrs. *JANAINA ROLAND TANCREDO* has presented orally "**Evaluation the use of neuromuscular electrical stimulation in spinal cord injured subjects: pendulum spasticity test**", at the 16th International Functional Electrical Stimulation Society – IFESS Annual Conference - Electrical stimulation and the anthropological "post-human" body, held from September 8 to 11, 2011 in São Paulo, Brazil.



Conference Organization

Alberto Cliquet Jr.



## **Apêndice 1: Artigo Ifess- apresentação oral**

### **Evaluation the use of neuromuscular electrical stimulation in spinal cord injured subjects: pendulum spasticity test**

Tancredo J<sup>1</sup>, Roiz RM<sup>2</sup>, Cliquet A<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Orthopedics & Traumatology, Faculty of Medical Sciences, Unicamp, Campinas, SP, Brazil.

<sup>2</sup>Department of Neurology, Faculty of Medical Sciences, Unicamp, Campinas, SP, Brazil.

<sup>3</sup>Department of Electrical Engineering, University of São Paulo (USP), São Carlos, SP, Brazil.

#### **Abstract**

Spasticity is usually present in spinal cord injuries- above level T-12. Paraplegics and tetraplegics that have some degree of spasticity were assessed before and after the application of neuromuscular electrical stimulation. The PST consists of accelerometers and flexible electrogoniometers optical fiber. The data showed a decrease in spasticity after neuromuscular electrical stimulation (NMES), with features such as an increase in the variation between maximum and minimum peaks, the amplitude of the curves and relaxation index. Furthermore, data from the Modified Ashworth Scale after neuromuscular electrical stimulation also presented a reduction in values.

***Keywords:** spinal cord injuries, spasticity, neuromuscular electrical stimulation, pendulum test*

## Introduction

Spinal cord injury, depending on the degree of damage, usually causes a neurological disorder. [1]. The motor impairment that occurs most often that is characterized by upper motor neuron lesions causing an increased stretch reflex, muscle tone changes, and especially an increased resistance to passive movement, among others [2, 3]. Spasticity can be measured by the pendulum test which has been proved to be a good indicator [4]. A much used technique is the pendulum test of Wartenberg that consists of measuring spasticity and rigidity through the passive motion of the knee joint [5]. Recently, good results were seen during NMES (neuromuscular electrical stimulation) therapy. The objective was to determine if neuromuscular electrical stimulation applied to the spinal cord injured patients improves the intensity of spasticity.

## Material and Methods

### Subjects

Sixteen male subjects with SCI (10 Tetraplegic and 6 Paraplegic), with level of lesion C4-T4 and age  $33.5 \pm 10.3$  years, participated in this study. Written informed consent was obtained from all subjects. All volunteers are outpatients of Clinical Hospital - UNICAMP. All subjects had their quadriceps muscle and fibular nerve being stimulated for 20 and 15 minutes respectively. A 4-channel electrical stimulator delivered a signal of 25Hz with monophasic rectangular pulses with  $300\mu\text{s}$  of duration and a maximum intensity of 200V (1k $\Omega$  load). The assessment was done before and after the NMES.

### Experiment protocol

The spinal cord injured subjects were kept in a semi-sittin position during the experiment. The Ashworth scale was assessed in patients beforehand. After that, the pendulum test was performed through the device, which was named PST (Pendulum Spasticity Test), designed and built especially for pendulum test as shown in figure 1 [6]. Before and after the NMES the test was performed 3 times. The equipment was composed with two types of sensors: the accelerometer and electrogoniometer. The

accelerometer consists of transducers of quartz crystals that were sensitive to the piezoelectric effect caused by muscle tremors. The electrogoniometer measures the angular displacement. It is a device consisting of flexible optical fiber. The observed attenuation allows it related to the measured angular displacement. The electrogoniometer devices are applied to the patient data collection. The angular displacements and voltages, which are sent to a microcontroller are converted from analog signals to digital.



Fig.1: Equipment PST.

## Results

The graphics in figure 2 and 3 show the results of collecting data for one patient with spinal cord injury. Measurements were done before and after stimulation

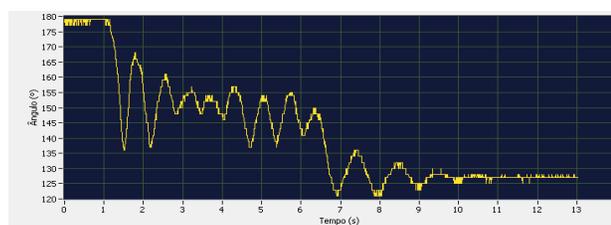


Fig.2: Data collected before NMES

In Figure 2, the patient's leg describes a disorganized oscillating movement that is released under the action of gravity. There is no muscle control and a

constant frequency of oscillation. The beginning of the movement is marked by an angular position that is generally smaller.

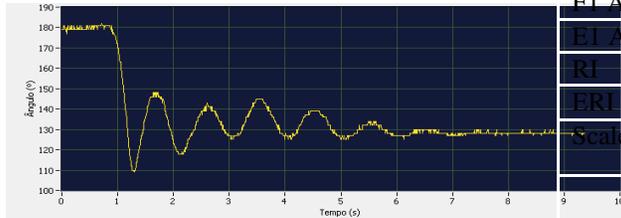


Fig.3: Data collected after NMES.

In figure 3 and 4 after stimulation shows a decrease in the spasticity intensity, where a greater variation between maximum and minimum peaks of the curve and more harmonic curves.

Mesure	Before NMES	After NMES
Plat Amp(°)	45 ± 8.97	50.18 ± 11.55
F1 Amp(°)	83,93 ± 31.43	104,43 ± 31.68
E1 Amp(°)	75.81 ± 31.81	92.81 ± 33.01
RI	1.84 ± 0.55	2.11 ± 0.54
ERI	1.65 ± 0.58	1.88 ± 0.62
Scale Ashworth:	(n)	(n)
3	3	1
1+	3	0
2	2	1
1	6	4
0	2	10

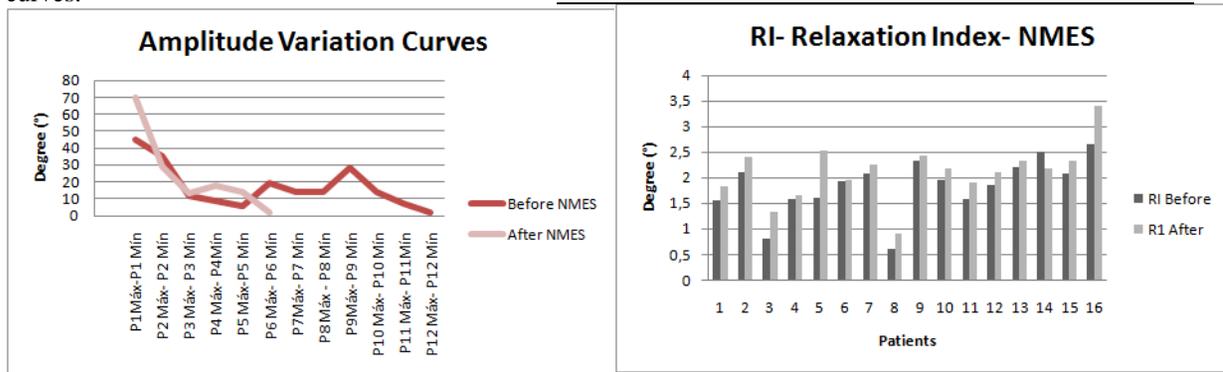


Fig.5: Variation between minimum and maximum peak

Fig 5. Relaxation index

Table 2 shows the data before and after stimulation the patients in the test pendulum. Besides the pendulum test, assessment scales for spasticity were conducted.

Table 2:Results from patients with PST

Means ± SD

Abbreviations: plateau amplitude, Plat Amp; amplitude Initial flexion, F1Amp; extension initial amplitude, E1Amp; relaxation index extension, ERI; relaxation index, RI [7].

## Discussion

The assessment of muscle tone becomes difficult if used only a subjective interpretation based on passive movements. Thus pendulum test was used to assess the tone of the quadriceps muscles. Moreover, the scarcity of methods for assessment of spasticity, the pendulum test, being a simple and reliable measure of normal and abnormal joint movements, has become an effective method of clinical assessment of spasticity. Data of figures 2 and 3 show clearly that after neuromuscular electrical stimulation in spinal cord injuries a decrease in spasticity occur, as the minimum peak data are

smaller due to a relaxation of muscles. And in figure 4, which show the graph of the variation between maximum and minimum peaks after neuromuscular electrical stimulation, the variation increases, i.e., the curves show a greater intensity, which indicates that there is relaxation of the muscles, causing a decrease in spasticity. Robinson [8] conducted a survey to assess the initial effects and long-term electrical stimulation in patients with hemiplegic and little was reported about the long-term effects on spinal cord injured patients with spasticity. Table 2, show some data of sixteen patients evaluated before and after neuromuscular electrical stimulation. In figure 5 shows the relaxation index. Relaxation values collected before and after neuromuscular electrical stimulation show an increase, helping to reduce the severity of spasticity.

## Conclusion

The data show that neuromuscular electrical stimulation may result in improvement in spasticity, thereby improving the quality of life of patients with spinal cord injury.

## References

- [1] Lim, P. A. C, Tow, A. M. Recovery and regeneration after spinal cord injury: a review and summary of recent literature. *Annlas Academy of Medicine*, vol:36:49-57, 2007.
- [2] Leitao, AV; Muss, CAI; Granero, LHM; Rossetto, R., Pavan, K.;Lianza, S. Spasticity: Clinical Evaluation. *Brazilian Association of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2006.
- [3]Baldo, M.V.C. *Physiology of Human Movement*. Department of Physiology and Biophysics- USP, 2009. Text Support. Available at: [www.fisio.icb.usp.br/aulasfisio/cursos/mdidatico/movimento.pdf](http://www.fisio.icb.usp.br/aulasfisio/cursos/mdidatico/movimento.pdf). Acessed:05 January 2010
- [4] Bajd T. Vodovnik L. Pendulum testing of spasticity. *J. Biomed Eng* ;6:9-16, 1984.
- [5] Valle, M.S.; Casabona,A.; Sgarlata,R.;Garozzo,R.; Vinci,M.;Cioni,M. The pendulum test as a tool to evaluate passive knee stiffness and viscosity of patient with rheumatoid arthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2006.
- [6] Maria,R.M.; Cliquet, A.J. Development of a system for evaluation of spasticity in spinal cord. *University of São Paulo (USP)*, São Carlos, SP, Brazil,48 pages,2009.
- [7] Phty, D.; MSc, McMeeken, J.; Phty, D.; Stillman, B.: A video-Based Version of the Pendulum Test: Technique and Normal Response, *Arch Phys Med Rehabil.*, vol 76: 166-176, 1995.
- [8] Robinson, Cj; Kette, NA, Bolam JM Spasticity in spinal Cord injured patients:2. Initial Measures and long-term effects of surface electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil.* 69(10):862-8, 1988.

