

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
FACULDADE DE MEDICINA  
DOUTORADO EM MEDICINA E CIÊNCIAS DA SAÚDE  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

VERONICA BAPTISTA FRISON

**EFEITO DE EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL  
SOBRE O TORQUE, ELETROMIOGRAFIA, ESPESSURA MUSCULAR E  
FUNCIONALIDADE DE INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR TORÁCICA**

Porto Alegre

2016

VERÔNICA BAPTISTA FRISON

**EFEITO DE EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL  
SOBRE O TORQUE, ELETROMIOGRAFIA, ESPESSURA MUSCULAR E  
FUNCIONALIDADE DE INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR TORÁCICA**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Medicina e Ciências da Saúde, pela Faculdade de Medicina, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Área de concentração: Neurociências.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Franco

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz

Porto Alegre

2016

## Ficha Catalográfica

F917e Frison, Verônica Baptista

Efeito de exercícios com suspensão e pendulação corporal sobre o torque, eletromiografia, espessura muscular e funcionalidade de indivíduos com lesão medular torácica : Ensaio clínico randomizado / Verônica Baptista Frison . – 2016.

109 f.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Medicina e Ciências da Saúde, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa Franco.

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Vaz.

1. lesão medular. 2. ensaio clinico. 3. exercício. 4. avaliação. 5. reativação. I. Franco, Alexandre Rosa. II. Vaz, Marco. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## RESUMO

**Introdução:** A lesão medular (LM), especialmente quando instalada de maneira súbita, é uma das lesões mais devastadoras, do ponto de vista físico e psicológico, confrontando paciente, família e equipe de profissionais com múltiplos desafios. Não obstante, sabe-se que a LM tem potencial de recuperação, havendo relatos de diversos estudos que demonstram a melhoria do estado neurológico. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos dos exercícios com suspensão e pendulação corporal (Método Chordata®) sobre o torque, a ativação muscular, a espessura muscular e a funcionalidade de indivíduos com lesão medular torácica.

**Método:** Ensaio clínico randomizado e controlado onde foram estudados 26 indivíduos do sexo masculino com lesão medular torácica e idades entre 18 e 65 anos, divididos em grupo intervenção (GI; n=14) e grupo controle (GC; n=12) com no máximo três anos de lesão até a sua inclusão no estudo. Foram estudados o torque flexor e extensor do tronco durante contrações voluntárias máximas, a atividade eletromiográfica do reto abdominal, oblíquo externo e longuíssimo do dorso bilateral e a espessura muscular dos músculos reto abdominal, oblíquo externo e interno, transverso do abdomen e multifidos bilateral e a funcionalidade por meio do teste do Alcance Funcional adaptado. Os indivíduos foram avaliados nos períodos pré e pós a um programa composto por 16 sessões de exercícios com Método Chordata® com frequência de duas vezes por semana durante 50 minutos. A média  $\pm$  desvio padrão foram usados para avaliar os dados contínuos, os quais foram comparados aos dados basais utilizando o teste t de Student. Variáveis categóricas foram expressas por porcentagens e diferenças entre os grupos no *baseline* foram avaliadas usando o Qui-quadrado ou teste exato de Fisher. Análise de covariância com ajustes das medidas no *baseline* foram utilizadas para avaliar as diferenças entre os grupos. Os resultados foram apresentados pela média  $\pm$  desvio com as diferenças estimadas ajustadas entre os grupos, seguindo intervalo de confiança de 95%. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quanto  $P < 0,05$ . O programa SPSS 22.0 (SPSS, Inc., Chicago, USA) foi utilizado para a análise dos dados. Este estudo foi registrado no Clinical Trials.gov, #NCT02316067.

**Resultados:** No período pré-intervenção não houve diferenças significativas entre os grupos em relação às idades ( $p = 0,93$ ), tempo de lesão ( $p = 0,41$ ), nível da lesão ( $p = 0,27$ ), mecanismo da lesão ( $p = 0,22$ ), escala ASIA ( $p = 0,11$ ), tipo de lesão ( $p = 0,22$ ), e Alcance Funcional adaptado ( $p = 0,11$ ). No período pós-intervenção, o GI apresentou melhora do torque flexor (58%,  $p = 0,004$ ) e extensor (76%,  $p = 0,005$ ) em relação ao GC. Diferenças similares entre os grupos foram observadas no período pós-intervenção para o reto abdominal esquerdo em seu valor absoluto RMS ( $p = 0,028$ ), e reto abdominal direito em seu valor RMS normalizado pelo repouso ( $p = 0,047$ ), e no teste do Alcance Funcional ( $p = 0,015$ ). A espessura muscular foi maior no GI no período pós-intervenção para todos os grupos estudados quando comparados ao GC ( $p < 0,002$ ), com exceção dos multifidos direito ( $p = 0,057$ ).

**Conclusão:** Dezesesseis sessões de exercícios com Método Chordata® mostraram melhora na ativação do músculo reto do abdomen, na estrutura muscular, na força e na capacidade de deslocar o tronco à frente de indivíduos com lesão medular torácica. Esses resultados apontam para evidências em uma nova e efetiva reabilitação por meio de um Método que melhora a funcionalidade desses indivíduos. **Palavras-chave:** Lesão Medular. Exercício Físico. Eletromiografia. Ultrassonografia. Torque. Músculos. Tronco.

## ABSTRACT

**Background:** Traumatic spinal cord injury (TSCI) is a severe, incapacitating, neurological syndrome that leads to changes in sensitivity, motor function, and the autonomic system of body segments located below the level of injury. Although it is one of the most devastating injuries and poses multiple challenges for the patients, family, and clinicians involved, physical therapy can lead to neurological improvements in patients with TSCI. The purpose of this study was to evaluate the effects of corporal suspension and pendulum exercises (CHORDATA® method) on torque, muscle activation, muscle thickness, and functionality in patients with TSCI.

**Methods:** This study was a randomized, controlled clinical trial including 26 male TSCI patients (in whom injury occurred up to 3 years earlier at the thoracic level; age, 18–65 years). The subjects were categorized into two groups: an intervention group (IG; n = 14) and a control group (CG; n = 12). Before and after a rehabilitation program, which comprised 16 sessions of suspension and pendulum exercises (twice/week, 50 minutes/session), we evaluated the following parameters in each subject: maximal voluntary isometric trunk flexion and extension torques; electromyographic activity of the external oblique, rectus abdominis, and longissimus muscles; muscle thickness of the external oblique, internal oblique, transversus abdominis, rectus abdominis, and multifidus muscles; and functionality (adapted reach test). Mean  $\pm$  standard deviation values were used to summarise continuous data, which were then compared at the baseline using *t*-tests. Categorical variables were expressed as counts and percentages. Between-group baseline differences were assessed using chi-square or Fisher's exact tests, as required. Analysis of covariance, with adjustments for baseline measurements, was conducted to evaluate between-group differences after the 16 exercise sessions. The results were presented as mean  $\pm$  standard deviation with the estimated adjusted difference between groups, followed by 95% confidence intervals. The study significance level was set at  $\alpha = 0.05$ . Data were analysed using SPSS version 22.0 (SPSS, Inc., Chicago, USA). This trial is registered with Clinical Trials.gov, #NCT02316067.

**Findings:** The CG and IG patients had similar ages ( $p = 0.93$ ), injury time ( $p = 0.41$ ), injury level ( $p = 0.27$ ), injury mechanism ( $p = 0.22$ ), American Spinal Injury Association (ASIA) scale ( $p = 0.11$ ), injury type ( $p = 0.22$ ), and functional reach ( $p = 0.11$ ). Post-intervention, the IG trunk flexion (58%,  $p = 0.004$ ) and extension (76%,  $p = 0.005$ ) torques were higher in the IG than in the CG. Similar between-group differences were observed post-intervention for RA-L absolute RMS values ( $p = 0.028$ ), RA-R RMS values normalized to the resting state ( $p = 0.047$ ), and functional reach ( $p = 0.015$ ). Muscle thickness for all muscles was higher in the IG patients as compared to the CG patients post-intervention ( $p < 0.002$ ), except for the MULT-R muscle ( $p = 0.057$ ).

**Interpretation:** Sixteen sessions of suspension and pendulum exercises improved rectus abdominis muscle activation, trunk muscle structure and strength, and reaching capacity in TSCI patients. Thus, this novel, effective rehabilitation method may improve functionality in TSCI patients.

**Keywords:** Thoracic Spinal Cord Injury. Physical Therapy. Electromyography. Ultrasound. Torque. Trunk Muscles.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento Chordata .....	39
Figura 2 - Estudo da espessura dos músculos multifídeos .....	40
Figura 3 - Procedimento de tricotomia no abdômen.....	41
Figura 4 - Procedimento de higienização feita por algodão embebido em álcool para estudo eletromiográfico.....	42
Figura 5 - Composição de eletrodos de superfície para estudo eletromiográfico.....	43
Figura 6 - Confecção de mapa de posicionamento dos eletrodos para futuro estudo eletromiográfico (no período pós-intervenção) .....	44
Figura 7 - Estudo do torque flexor e coleta eletromiográfica da ativação dos músculos reto abdominal, oblíquos externo e interno bilateral.....	45
Figura 8 - Estudo do torque extensor e coleta eletromiográfica da ativação do longuíssimo do dorso bilateral.....	46
Figura 9 - Exercício de pendulação anterior do tronco no Equipamento Chordata ...	47
Figura 10 - Exercício de pendulação anterior do tronco com flexão e extensão horizontal do membro superior de forma alternada.....	48
Figura 11 - Exercício de pendulação posterior do tronco no Equipamento Chordata .....	49
Figura 12 - Exercício de pendulação posterior do tronco com extensão horizontal de membros superiores.....	50
Figura 13 - Exercício de levantar e sentar da própria cadeira de rodas no Equipamento Chordata .....	51
Figura 14 - Exercício de levantar e sentar com treino de alinhamento do quadril em ortostase.....	52
Figura 15 - Estudo da espessura muscular dos músculos oblíquo externo, reto abdominal e multifídeos nos períodos pré e pós intervenção. ....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos pacientes no período pré-intervenção. ....	58
Tabela 2 - Características entre grupos pós intervenção, torque, valores RMS e alcance funcional.....	59
Tabela 3 - Espessura muscular nos grupos Controle e Intervenção .....	60

## LISTA DE SIGLAS E SIMBOLOS

---

AF	Alcance funcional
AFa	Alcance funcional adaptado
ASIA	<i>American Spinal Injury Association</i>
AST	Área de secção transversa
AVDs	Atividades de vida diária
BDNF	Fator neurotrófico derivado do cérebro
C6	Nível medular cervical de número 6
CAAE	Certificado de apresentação para apreciação ética
Cm	Centímetros
EMG	Eletromiografia
EMG pro	Eletromiografia de profundidade
EMG sup	Eletromiografia de superfície
GC	Grupo controle
GI	Grupo intervenção
L1	Nível medular lombar 1
L4-L5	Nível medular lombar 4 e 5
LAPEX-UFRGS	Laboratório
LM	Lesão medular
LONG	Músculo longuíssimo do dorso
LTP	Potenciação de longa duração
UM	Modelo de utilidade (INPI)
MULT	Músculo multífido
Nm	Newton metro (torque)
OE	Oblíquo externo
OI	Oblíquo interno
PI	Patente de invenção (INPI)
RA	Músculo reto abdominal
RMS	Raíz média quadrada
S4-S5	Nível medular sacral S4 e S5
SISNEP	Sistema Nacional de Ética em Pesquisa

---



SNC	Sistema nervoso central
T1	Nível medular torácico 1
T12	Nível medular torácico 12
TA	Músculo transverso do abdômen
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
TRM	Traumatismo raquimedular
VEGF	Fator de crescimento endotelial vascular
VO2 máx	Consumo de oxigênio máximo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL.....	12
1.2 CAUSUÍSTICA DA LESÃO MEDULAR EM PORTO ALEGRE .....	13
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>15</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
3.1 LESÃO MEDULAR.....	16
3.2 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO NA LESÃO MEDULAR .....	17
3.3 FISIOTERAPIA NA LESÃO MEDULAR .....	21
3.4 EXERCÍCIO FÍSICO E REATIVAÇÃO NEUROMUSCULAR .....	23
3.5 MÉTODO DOS EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL .....	25
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	<b>31</b>
4.1 GERAL .....	31
4.2 ESPECÍFICOS .....	31
<b>5 MÉTODO</b> .....	<b>32</b>
5.1 DELINEAMENTO .....	32
5.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	32
5.3 COLETA DOS DADOS E LOGÍSTICA .....	33
5.4 MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO EQUILÍBRIO.....	34
5.5 MÉTODOS PARA VERIFICAÇÃO DA FUNÇÃO NEUROMUSCULAR .....	36
<b>5.5.1 Arquitetura Muscular</b> .....	<b>36</b>
<b>5.5.2 Ativação Muscular</b> .....	<b>37</b>
5.6 INTERVENÇÃO .....	38
<b>6 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS</b> .....	<b>53</b>
<b>7 ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>54</b>
<b>8 RESULTADOS</b> .....	<b>55</b>
8.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	55
8.2 TORQUE .....	55
8.3 ELETROMIOGRAFIA .....	55

8.4 ALCANCE FUNCIONAL.....	56
8.5 ESPESSURA MUSCULAR .....	57
<b>9 DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>10 CONCLUSÃO .....</b>	<b>68</b>
<b>REFÊRENCIAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO A - ARTIGO 1: ESTUDO DO PERFIL DO TRAUMA RAQUIMEDULAR EM PORTO ALEGRE .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO B - ARTIGO 2: EFFECT OF CORPORAL SUSPENSION AND PENDULUM EXERCISES ON TORQUE, MUSCLE ACTIVATION, MUSCLE THICKNESS, AND FUNCTIONALITY IN PATIENTS WITH MEDULLAR THORACIC INJURY: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO C - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO 2.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO D - FORMULÁRIO PARA COLETA E REGISTRO DE DADOS.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO .....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO F - PROGRAMA DE EXERCÍCIOS.....</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A lesão medular (LM), especialmente quando instalada de maneira súbita, é uma das lesões mais devastadoras, do ponto de vista físico e psicológico, confrontando paciente, família e equipe de profissionais com múltiplos desafios. Não obstante, sabe-se que a LM tem potencial de recuperação, havendo relatos oriundos de diversos estudos desenvolvidos em diferentes países que demonstram a melhoria do estado neurológico (ANDRADE; GONÇALVES, 2007).

A LM é definida pela *American Spinal Injury Association (ASIA)* como sendo uma diminuição ou perda da função motora e/ou sensitiva abaixo do nível onde ocorre o comprometimento anatômico medular. Devido ao trauma dos elementos neuronais dentro do canal vertebral, ocorrem as lesões que podem ser completas ou incompletas. A lesão é tida como completa quando há ausência total de função sensorial e/ ou motora do segmento abaixo do nível da lesão. Nas lesões incompletas há preservação parcial da função sensorial e/ou motora nos segmentos abaixo do nível da lesão (O'SULLIVAN; SCHIMITZ, 1993; AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION, 2003; MEDOLA et al., 2009). Dessa forma, a LM caracteriza-se por uma das mais graves síndromes neurológicas incapacitantes, implicando em alterações da sensibilidade, da motricidade e distúrbios do sistema autonômico nos segmentos do corpo que se localizam abaixo da lesão (SARAIVA et al., 1995; LEAL-FILHO et al., 2008).

Apesar da sua incidência mundial estimada não ser tão grande (15 a 40 casos por milhão), o seu custo social e econômico é desproporcionalmente alto (SEKHON; FEHLINGS, 2001) afetando negativamente a qualidade de vida e a auto-estima daqueles por ela acometidos (BLANES; CARMAGNANI; FERREIRA., 2009).

Em relação à reabilitação total ou parcial de algumas funções bem como às adaptações sensitivo-motoras observadas nos períodos posteriores à lesão, sugere-se que os processos neurais subjacentes a esta melhora se devam a ajustes e modificações neurofisiológicas similares aquelas envolvidas no aprendizado e/ou restabelecimento do dano neuronal, ou seja, a plasticidade neuronal dependente da experiência (JONES; BERTHOZ; SEGAL, 1984; LÜNEBURG; FLOHR, 1988).

A reabilitação por meio da cinesioterapia quando realizada em solo, associada ou não ao uso de correntes elétricas nos músculos, em ambiente aquático e até mesmo na equoterapia (terapia com cavalos) tem-se mostrado eficiente para alguns indivíduos na recuperação ou melhora de algumas funções no período pós-lesão. Dessa forma, o bom resultado parece estar mais relacionado ao quadro neurológico, às condições psíquicas e ambientais do que a terapêutica utilizada no processo de reabilitação.

### 1.1 EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL

Surge então a necessidade de avaliar se, quando aplicadas determinadas características consideradas facilitadoras da recuperação neuromuscular em um programa de reabilitação existirá, como resultado, um ganho mais rápido e uma melhora na execução das atividades de vida diária. Foi pensando em promover essas características que vem sendo realizado, durante um período de quinze anos, um método com ênfase na reativação neuromuscular necessária à reabilitação neurológica. Estas características estão relacionadas a processos estudados nas neurociências como, por exemplo, a repetição necessária para o aprendizado e consolidação das memórias, como o movimento ativo em tarefas enriquecidas ao invés das mobilizações passivas dos segmentos corporais, para geração ou melhora dos engramas motores e experimentação ativa dos diversos pontos de equilíbrio corporal necessários para a estimulação do sistema vestibular e manutenção das posturas funcionais. Todas estas características atualmente não são priorizadas nos programas de reabilitação convencionais e funcionaram como um catalisador para a criação de uma metodologia de trabalho clínico que estivesse em comunhão com os princípios científicos que justificam a reativação, buscando mudar, portanto o paradigma da readaptação para uma busca à reativação.

Para que estes princípios fossem mantidos nesta metodologia deu-se início a construção de um equipamento gerador de suspensão e pendulação dos segmentos corporais ou do corpo como um todo. A partir de estudos de engenharia e experimentação clínica, o dito equipamento foi sofrendo adaptações e resultados positivos foram verificados à medida que indivíduos submetidos a este tratamento

apresentavam um retorno mais rápido e de forma mais eficiente às atividades de vida diária quando comparados, clinicamente, a indivíduos com lesões semelhantes submetidos a programas convencionais de reabilitação (BRITO, 2011).

Foram tratados indivíduos com sequelas neurológicas por lesão medular, acidente vascular cerebral, tumores cerebrais, esclerose múltipla entre outras. Em todos os casos houve melhora funcional em tempo hábil observada e registrada apenas de forma clínica (BRITO, 2011).

Esta metodologia também foi testada em um ensaio clínico randomizado, realizado no ano de 2010, intitulado de “Eficácia de exercícios pendulares no equilíbrio e na mobilidade de idosos sedentários atendidos em um ambulatório geriátrico”, onde foi observada a melhora significativa na mobilidade funcional e no equilíbrio de idosos que realizaram um programa de 16 sessões com exercícios pendulares realizados neste equipamento gerador de suspensão e pendulação corporal (BRITO, 2011). Surge então a necessidade de projetos de pesquisa para o estudo adequado dos resultados clínicos observados com tal metodologia.

## 1.2 CAUSUÍSTICA DA LESÃO MEDULAR EM PORTO ALEGRE

Após a criação, desenvolvimento e experimentação clínica deste equipamento, houve a necessidade de traçar o perfil dos indivíduos que sofreram LM em nossa sociedade e observar, de forma científica, como se dá esta reativação neuromuscular por meio desta metodologia de trabalho observada, até então, apenas clinicamente. Comparar os resultados apresentados por estes indivíduos com aqueles apresentados por indivíduos que mantiveram sua rotina convencional após a lesão, ou seja, que frequentam programas de reabilitação convencionais oferecidos na mesma comunidade tornou-se o objetivo deste estudo.

Para escolha da amostra deste projeto, foi realizado um estudo retrospectivo a partir da coleta de dados em registros médicos onde se observou a população que sofreu trauma raquimedular (TRM) de 2005 a 2010 em Porto Alegre/RS. Foram analisados 1320 prontuários, dos quais 63,3% eram do sexo masculino, com média de idade de  $47,02 \pm 19,6$  anos. Os mecanismos de TRM que prevaleceram foram queda de altura (27,2%), acidente de trânsito (25,8%) e queda da própria altura

(13,2%) e os níveis da coluna mais acometidos foram lombar (35,6%), torácico (21,9%) e cervical (20,5%). Apenas 142 (10,7%) dos indivíduos que sofreram TRM apresentaram lesão medular (LM), com maior prevalência da lesão incompleta (63,3%). Assim, o TRM em Porto Alegre acomete principalmente homens na meia-idade que tiveram na queda de altura a etiologia mais freqüente e no nível lombar o mais acometido. Por outro lado, A LM ocorreu mais em indivíduos jovens, sendo o nível cervical o mais lesado. Este estudo epidemiológico realizado fez parte do doutorado da autora deste projeto e já foi publicado (ANEXO A).

Uma vez que o TRM não necessariamente implica na LM e que os indivíduos que sofreram TRM podem, em dias ou semanas estarem novamente em suas rotinas de vida diária, optou-se, neste estudo por estudar apenas os indivíduos que sofreram LM, ou seja, aqueles que tiveram suas vidas modificadas após esta lesão e que poderiam se beneficiar de uma reabilitação onde a metodologia visa uma reativação neuromuscular ao contrário da adaptação.

Visto que a LM ocorreu mais em indivíduos jovens, sendo o nível cervical o mais lesado, optou-se pelo segundo nível mais acometido nestes indivíduos que é o nível torácico, isso pela maior facilidade que os indivíduos com força dos membros superiores teria de comparecer ao local de tratamento e de avaliação.

Sendo assim, este estudo objetivou analisar esta metodologia desenvolvida e observada clinicamente no período de quinze anos. Exercícios com suspensão e pendulação corporal foram aplicados em indivíduos que sofreram LM torácica e os efeitos deste tratamento na musculatura do tronco desses indivíduos foram estudados em comparação com os resultados apresentados pelos lesados medulares que mantiveram sua rotina usual de tratamento. Uma vez que a melhora na ativação da musculatura do tronco dos indivíduos com LM está diretamente relacionada ao ganho funcional, a hipótese inicial era de que esta metodologia poderia auxiliar na qualidade e dimensão da reativação neuromuscular possibilitando ganho de força e funcionalidade de maneira mais rápida.

## 2 JUSTIFICATIVA

A LM é um dano freqüente que torna as pessoas por ela acometidas, em sua maioria, dependentes de ajuda externa afastando-as, por um período e muitas vezes durante toda a vida, do trabalho e da vida social anteriormente usufruída. Embora a Neurociência aponte para a possibilidade de melhora nos períodos pós-lesão, formas usuais de tratamentos fisioterapêuticos não possibilitam uma reabilitação que atenda e/ou contemple os princípios tidos como fundamentais para que tal recuperação ocorra. Portanto, são necessários estudos que possibilitem o desenvolvimento de trabalho terapêutico que atenda aos princípios necessários à neuroplasticidade como substrato para modificações clínicas e funcionais.

Dessa forma, uma metodologia de trabalho que está sendo utilizada há quinze anos e que demonstra resultados clínicos relacionados à reativação no período pós-lesão medular necessitava de estudo que avaliasse de forma científica como se dava esta organização a nível muscular. No momento que o equipamento necessário para a aplicação deste tratamento já havia sido desenvolvido e que a população de lesados medulares em Porto Alegre nos últimos cinco anos já havia sido mapeada, tornou-se necessário avaliar os efeitos dessa metodologia sobre a musculatura destes indivíduos já que a resposta neuromuscular está diretamente relacionada à melhora funcional. Além disso, tornou-se necessário estudar de que forma a musculatura dos lesados medulares se comportava quando empregados exercícios que estavam em consonância com os fundamentos da neurociência necessários à plasticidade neuromuscular.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 LESÃO MEDULAR

O trauma raquimedular (TRM) é descrito como a lesão dos componentes da coluna vertebral como os ossos, ligamentos, discos intervertebrais, raízes e a própria medula (GREGORY et al., 2002). A lesão medular (LM), por outro lado, caracteriza-se como sendo uma das síndromes incapacitantes neurológicas mais graves em decorrência da secção ou dilaceração parcial ou completa da medula espinhal. A LM implica em alterações da sensibilidade e/ou motricidade e do sistema autonômico, nos segmentos abaixo da lesão (SARAIVA et al., 1995; FARIA, 2006; MURTA; GUIMARÃES, 2007; LEAL-FILHO et al., 2008).

Etiologicamente, a LM pode ser classificada em Não Traumática e Traumática. A LM Não Traumática tem em suas causas fatores tumorais, infecciosos, vasculares, malformações, causas degenerativas entre outras (FARIA, 2006) e a lesão medular Traumática tem surgimento abrupto em consequência de luxação vertebral, fraturas ou ferimentos na medula espinhal e é causada principalmente por acidentes automobilísticos, ferimentos por arma de fogo, quedas em altura ou acidentes em mergulho (SARAIVA et al., 1995; FARIA, 2006; MURTA; GUIMARÃES, 2007; LEAL-FILHO et al., 2008). Sabe-se que o trauma é responsável por 98% das lesões medulares (SARAIVA et al., 1995).

A LM, segundo a *American Spinal Injury Association (ASIA)*, é a diminuição ou perda da função motora e/ou sensória abaixo do nível da lesão, podendo ser uma lesão completa ou incompleta, devido ao comprometimento dos elementos neuronais dentro do canal vertebral. A LM pode trazer como seqüela a paraplegia ou paraparesia quando abaixo do nível medular T11, e tetraplegia ou tetraparesia, quando acima deste nível e, o nível neurológico é aquele, mais caudal, em que a motricidade e a sensibilidade encontram-se com funções preservadas e simétricas (AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION, 2003; MEDOLA et al., 2009).

A LM traumática também é dita completa quando há ausência de função motora ou sensitiva no segmento sacral inferior S4-S5 e incompleta se houver preservação da função motora e/ou sensitiva abaixo do nível neurológico incluindo

segmento sacral S4-S5 (GREGORY et al., 2002). A sensibilidade sacral inclui sensação na região da união cutaneomucosa perineal e também a sensação anal profunda. A prova da função motora é a contração voluntária do esfíncter anal externo ao exame digital (AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION, 2003).

Estudos epidemiológicos realizados em todo o mundo vêm constatando que a maioria das lesões medulares traumáticas ocorre em indivíduos do sexo masculino, com predomínio em jovens (SARAIVA et al., 1995; FARIA, 2006; MURTA; GUIMARÃES, 2007; LEAL-FILHO et al., 2008). As lesões agudas da coluna vertebral e da medula espinhal estão entre as causas mais frequentes de incapacidade severa e morte após trauma. A causa mais comum de fraturas de coluna vertebral são os acidentes automobilísticos e ferimento por arma de fogo, responsáveis por aproximadamente 40 a 45% das lesões, seguida por quedas de altura (20%), atividades esportivas (15%), violência (15%) e atividades diversas (5%) (LEAL-FILHO et al., 2008).

Em recente estudo observacional retrospectivo realizado pela pesquisadora e colegas, foi determinado o perfil dos indivíduos que haviam sofrido trauma raquimedular na região metropolitana de Porto Alegre entre 2005 e 2010. Após levantamento realizado junto ao Hospital de Pronto Socorro e Hospital Cristo Redentor foi possível determinar a população e amostra deste estudo. A partir deste trabalho pode-se concluir que homens na meia-idade sofrem TRM por queda de altura ou acidente de trânsito, lesando mais as regiões de L1 a T12, enquanto a lesão medular ocorre em homens mais jovens e por agressão/ ferimento por arma de fogo e à altura de C6 (ANEXO A).

### 3.2 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO NA LESÃO MEDULAR

Com o objetivo de gerar uma uniformização com validade internacional a *American Spinal Injury Association* (ASIA) propôs uma classificação que se utiliza de uma escala com cinco níveis de gravidade decrescente (AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION, 2003). Sendo, então, ASIA A a lesão completa, onde não há função motora ou sensitiva preservada nos segmentos sacros S4-S5; ASIA B a lesão incompleta, onde há função sensitiva, porém não motora preservada abaixo do

nível neurológico estendendo-se até os segmentos sacros S4-S5; ASIA C a lesão incompleta com função motora preservada abaixo do nível neurológico e a maioria dos músculos-chaves abaixo do nível neurológico tem grau inferior a 3; ASIA D a lesão incompleta com função motora preservada abaixo do nível neurológico e a maioria dos músculos-chaves abaixo do nível neurológico tem grau 3 ou mais; e ASIA E quando a lesão é incompleta e há um retorno das funções sensitivas e motoras à normalidade. (SARAIVA et al., 1995; AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION, 2003).

Com o intuito de avaliar o equilíbrio de tronco desses indivíduos como uma maneira de prever a funcionalidade, o teste do Alcance Funcional tem sido adaptado para cadeirantes. O teste do Alcance Funcional Anterior é a distância máxima que um indivíduo pode alcançar anteriormente, além do comprimento de seu braço, com flexão de ombro a 90 graus, enquanto se mantém em pé sobre uma base fixa de apoio. Essa distância é um indicativo para avaliar o equilíbrio dinâmico do indivíduo com as vantagens de ser uma medida de baixo custo e fácil aplicabilidade (FRANCIULLI et al., 2007). Segundo Medola et al. (2009) a aplicação do teste de alcance funcional adaptado para a posição sentada nestes indivíduos pode detectar limitações nas atividades funcionais que exigem um alcance funcional dos membros superiores.

Vários são os estudos que detectam a importância da preservação da musculatura do tronco nas tarefas que exigem equilíbrio, sendo, dessa forma, o controle de tronco um pré-requisito funcional para os movimentos de membros superiores realizados na posição sentada, principalmente através da atividade antecipatória realizada pelos músculos eretores da espinha ou abdominais (MICHAELSEN et al., 2001; LEITE et al., 2008; MEDOLA et al., 2009;).

A adaptação funcional ocorre quando o músculo é submetido demanda funcional específica (FRAÇÃO, 2000; BAPTISTA; VAZ, 2009) e pode-se considerar que a redução na atividade, determinada pela diminuição da ativação neural, produzirá adaptações estruturais e funcionais ao nível do tecido muscular.

Estas adaptações ocorrem devido à alta plasticidade que o tecido muscular apresenta, podendo apresentar ganhos ou perdas de tecido contrátil conforme a variação de carga imposta (NARICI, 1999). A remoção de carga imposta decorrente

da redução do uso pode reduzir o número de sarcômeros dispostos em série e/ou em paralelo (NARICI; CERRETELLI, 1998), parâmetros representativos da arquitetura muscular.

Entende-se por arquitetura muscular o arranjo geométrico com o qual as fibras são dispostas em relação à linha de ação da força produzida no músculo (LIEBER; FRIDÉN, 2000). Quando as fibras estão dispostas paralelamente ao eixo de produção de força do músculo, este se caracteriza como um músculo em paralelo, enquanto que os músculos que apresentam as fibras dispostas obliquamente formando um ângulo em relação à linha de ação são chamados de músculos penados (LIEBER; FRIDÉN, 2000; NARICI, 1999). Estas duas categorias podem diferir em relação aos parâmetros de espessura muscular, ângulo de penação e comprimento de fibra, as quais estão relacionadas com a quantidade de sarcômeros dispostos em série e em paralelo (NARICI, 1999).

Estes parâmetros influenciam diretamente as propriedades mecânicas musculares, evidenciando a estreita vinculação da arquitetura muscular com a capacidade de geração de força (NARICI, 1999). Com tudo, não existe na literatura dados da verificação das mudanças na arquitetura muscular após LM, sobretudo por meio de técnicas não invasivas, como o uso da ultrassonografia.

Esta forma de estudar o músculo por ultrassonografia, denominada arquitetura muscular foi validada por medições anatômicas diretas em cadáveres humanos (KAWAKAMI; ABE; FUKUNAGA, 1993; NARICI et al., 1996) e permite tanto avaliar a plasticidade muscular pela adaptação funcional ao aumento do uso como nos treinamentos físicos quanto pela diminuição no seu recrutamento ou seja, na redução do uso observado nos casos de imobilização, envelhecimentos e microgravidade (KAWAKAMI et al., 2000; SEYNES; DE BOER; NARICI, 2007). As propriedades mecânicas dos músculos determinam a sua capacidade de produção de força em diferentes comprimentos e velocidades, podendo assim influenciar nas atividades.

Com os avanços na área da biomecânica através da avaliação por ultrassonografia dos músculos esqueléticos *in vivo*, permitindo avaliar a plasticidade muscular decorrente da adaptação funcional torna-se fundamental avaliar o comportamento da musculatura esquelética após lesão medular e após terapêutica

com enfoque clínico de reativação neuromuscular, ou seja, que visa o ganho da força muscular.

A Área de Seção Transversa (AST) possui uma alta correlação com a capacidade de produção de força muscular, variando substancialmente entre os músculos do corpo humano com diferentes características arquitetônicas (LIEBER, 2002). Uma das características da arquitetura muscular que influenciam a AST é o ângulo de penação (LIEBER; FRIDÉN, 2000). Evidências mostram que em músculos hipertrofiados o ângulo de penação encontra-se significativamente aumentado (KAWAKAMI; ABE; FUKUNAGA, 1993). Da mesma forma, os homens apresentam maiores ângulos de penação quando comparados às mulheres (KUBO et al., 2003b), e a redução no ângulo de penação decorrente do desuso, microgravidade e envelhecimento parece estar associada à diminuição da área de seção transversa fisiológica (KUBO et al., 2003a; NARICI et al., 2003).

Embora a AST seja um parâmetro arquitetônico complexo de ser mensurado *in vivo*, a espessura muscular também pode ser utilizada como um marcador estrutural deste tecido. Sabe-se que indivíduos imobilizados apresentam reduções na massa muscular do segmento engessado devido à atrofia dos músculos (LIEBER, 2002).

A arquitetura muscular também tem demonstrado que o treinamento de força é capaz de aumentar o comprimento e o ângulo de penação das fibras musculares em idosos o que parece estar relacionado a um aumento do número de sarcômeros em série e em paralelo. Esse aumento do efeito em série do músculo influencia fortemente na sua relação torque-ângulo aumentando a amplitude do movimento e a velocidade de contração nesta população (REEVES; NARICI; MAGANARIS, 2004). Também tem sido demonstrado por meio da arquitetura muscular que tendões de idosos têm suas propriedades mecânicas influenciadas positivamente por meio do treinamento de força. O treinamento de força aumenta a rigidez do tendão devido a adaptações nas propriedades materiais, como as estruturas fibrosas e a matriz extracelular tendínea aumentando a transmissão da força aos ossos por meio dos tendões e melhorando a velocidade de desenvolvimento de torque no músculo (REEVES; MAGANARIS; NARICI, 2003), o que significa aumento da força muscular.

A eletromiografia (EMG) também tem sido um método eficiente em avaliar a ativação neuromuscular por meio da representação gráfica da atividade elétrica do músculo. A entrada de uma fibra muscular em ação é antecedida de uma corrente eletroquímica que percorre a sua membrana gerando uma diferença de potencial entre as zonas ativas e inativas produzindo, devido às propriedades condutoras dos meios biológicos, uma corrente que se difunde à distância e que pode ser detectada e registrada através de eletrodos. Há duas formas diferentes de recolher os sinais da EMG: EMG de superfície (EMG sup) e EMG de profundidade (EMG pro). A diferente forma de recolher o sinal traduz-se em registros eletromiográficos com significado distinto e, em consequência, com utilização em áreas diversas (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; CORREIA; SANTOS, VELOSO, 1994).

### 3.3 FISIOTERAPIA NA LESÃO MEDULAR

A fisioterapia quando aplicada em indivíduos com LM objetiva uma adaptação funcional baseada no uso da musculatura intacta, independente do período pós-lesão, do tipo de lesão e da idade do indivíduo. Em geral, a cinesioterapia convencional é realizada na maca ou em solo de forma passiva, somada ou não ao uso de estimulação por meio de corrente elétrica na musculatura dos membros inferiores em indivíduos paraplégicos (MYRTICE et al.; 2004). Terapêuticas convencionais também direcionam os indivíduos com LM, principalmente aqueles com lesão torácica, para práticas desportivas adaptadas como a natação, o basquete, o atletismo, a bocha, o arco e flecha e a dança. Projetos envolvendo a prática da hidroterapia e da equoterapia pouco têm sido descritos para esta população.

Em geral, os artigos publicados nas últimas décadas se limitam a estudos epidemiológicos e de intervenção adaptativa em pequenos grupos de indivíduos com LM, isso também ocorre pela dificuldade de agrupamento da amostra e dos altos custos envolvidos nos programas de reabilitação além da baixa perspectiva de retorno às atividades de vida diária desses indivíduos (FERREIRA; BOTOMÉ, 1984; TALU; SWAMY; BERVEN, 2005; ANDRADE; GONÇALVES, 2007).

Muitos pacientes que apresentam lesão medular têm problemas com dor crônica. Terapias específicas para dor devem ser consideradas como tratamentos adicionais nesta população, pois, segundo Mariano (1992), pacientes que fizeram atividade física, fisioterapia, alongamentos ou uso de correntes elétrica analgésica apresentaram maior alívio da dor severa, quando comparados aqueles que apenas utilizavam medicamentos. Segundo Jacobs e Nash (2004) os benefícios sobre o treinamento de atletas com LM são: melhora do consumo de oxigênio ( $VO_{2MÁX.}$ ), ganho de capacidade aeróbica, redução do risco de doenças cardiovasculares e de infecções respiratórias, diminuição na incidência de complicações médicas, infecções urinárias, escaras e infecções renais, redução de hospitalizações, aumento da expectativa de vida, aumento nos níveis de integração comunitária, auxílio no enfrentamento da deficiência, favorecimento da independência, melhora da auto-imagem, auto-estima e satisfação com a vida e diminuição na probabilidade de distúrbios psicológicos.

Na última década, estudos mais inovadores que buscam a reativação neuromuscular abordam o uso do treino locomotor com apoio parcial do peso associado à assistência manual e marcha na esteira (FARIA, 2005), sempre aplicados a um número pequeno de indivíduos em função do orçamento envolvido nestes projetos. Embora os resultados encontrados sejam positivos, na maioria destes estudos observa-se uma melhora na função motora e na composição corporal, mas sem ganhos significativos na independência da marcha. Isto pode ocorrer devido ao pequeno tempo de aplicação destes tratamentos que, em geral, variam de 30 a 50 sessões, pois segundo Protas et al. (2001) este tipo de tratamento oferece uma recuperação funcional objetiva e prática muito lenta para o treino de marcha. Sendo assim, a sua aplicação mais duradoura, e com um número de pacientes maior, poderia proporcionar resultados diferentes sob o efeito na marcha do indivíduo.

No estudo realizado por Winchester et al. (2005), observou-se que a aplicação do tratamento locomotor se facilita pela utilização do aparelho Lokomat, pois o paciente não necessita do apoio manual durante todo o exercício, já que o próprio mecanismo fornece todo suporte para o treino de marcha. Apesar de ser um aparelho que facilita o treinamento, os critérios de exclusão são muitos, como por

exemplo, peso do indivíduo, hipotensão ortostática e osteoporose, dificultando a aplicação nos indivíduos com LM.

Outra terapêutica com resultados promissores que tem sido descrita na literatura é o uso da cinesioterapia associada ao biofeedback. A partir da interpretação visual e/ou auditiva, o indivíduo gera um aumento na capacidade de contração muscular ativa e isso ocorre pela tomada imediata de forma consciente das respostas de seu organismo que comumente não seriam perceptíveis sem o uso de instrumentos próprios que possibilitam a conversão dos dados sobre o estado biológico em informação acessível para o sujeito. Esta terapêutica tem mostrado efeitos positivos sobre a reativação neuromuscular e, provavelmente, isso se deva ao aumento da capacidade de contração ativa e voluntária da musculatura (CONCEIÇÃO, 2000).

### 3.4 EXERCÍCIO FÍSICO E REATIVAÇÃO NEUROMUSCULAR

Atualmente, apesar da maioria dos programas de reabilitação para indivíduos com LM ter como característica primordial a adaptação às limitações ao invés da busca pela reativação da musculatura comprometida, vários estudos tem demonstrado que não é apenas a lesão que danifica o sistema nervoso, mas sim a lesão acrescida dos períodos de imobilidade e perda da funcionalidade (LIEPERT; TEGENTHOFF; MALIN, 1995). Trata-se então de um somatório onde, ao processo de lesão é somada a degeneração por desuso o que compromete ainda mais a possibilidade de reativação das áreas envolvidas do sistema nervoso e mantém a baixa ativação ou até mesmo a inativação das áreas vizinhas que poderiam estar normalmente funcionando (LIEPERT, TEGENTHOFF; MALIN, 1995; PLOUGHMAN et al., 2007).

Estudos em animais têm demonstrado que a diminuição ou perda da capacidade de mover-se, bem como a restrição à prática do exercício físico por imobilização de algum segmento ou dano no sistema nervoso central (SNC) geram a perda ou diminuição da neurogênese, possivelmente pela redução na produção das neurotrofinas como o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), de fatores de



crescimento endoteliais vasculares (VEGF) e por diminuição no aporte circulatório nas regiões do SNC envolvidas (YASUHARA et al., 2007).

Segundo Yasuhara et al. (2007), a plasticidade neuronal induzida pelo exercício tem sido observada em locais neurogênicos e potencialmente pode estimular a atividade neuronal semelhante a neurogênese em outras áreas cerebrais consideradas não neurogênicas, existindo uma relação direta entre níveis de exercício, níveis de fatores neurotróficos e neurogênese. A neurogênese induzida pelo exercício coincide com os níveis aumentados de VEGF (FABEL et al., 2003; SUN et al., 2003) e BDNF (BERCHTOLD et al., 2001; FARMER et al., 2004), sugerindo a participação desses fatores de crescimento na prática do exercício e da neurogênese.

Relacionando a prática dos exercícios ativos com a plasticidade neuronal e a capacidade de reativar a memória motora também é possível citar o trabalho de Farmer et al. (2004) que demonstraram que o exercício voluntário reduz o limiar de disparo dos potenciais de longa duração (long-term potentiation, LTP) no giro denteado com subsequente aumento do LTP, sugerindo um aumento nas sinapses das regiões do sistema nervoso envolvidas com a função de memória motora por meio do aumento do exercício.

Com isso, tornam-se necessárias novas terapêuticas que coloquem em prática princípios já sabidos como sendo fundamentais à formação de novas memórias, no caso as motoras, e que já estão descritos na literatura como sendo facilitadores da neuroplasticidade no período pós-lesão.

Exercícios com pendulação corporal têm sido propostos em uma série de métodos cinesioterapêuticos com o objetivo de possibilitar ao indivíduo a melhora do equilíbrio a partir do fortalecimento muscular e da estimulação do sistema vestibular (ORR et al., 2006; MANSFIELD et al., 2007).

A partir do uso clínico destes exercícios com suspensão e pendulação corporal observou-se uma melhora clínica mais eficiente em relação à melhora observada nos indivíduos que se mantiveram em programas convencionais de reabilitação após a LM. Todas estas necessidades funcionaram como um catalisador para a criação de uma metodologia de trabalho clínico que estivesse em comunhão

com os princípios científicos que justificam a reativação, mudando, portanto, o paradigma da readaptação para uma busca à reativação.

### 3.5 MÉTODO DOS EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL

Por permitir a repetibilidade do movimento ativo, voluntário e por propiciar a experimentação ativa, além de outros fatores como facilitar o auto-ajuste para manutenção da postura equilibrada, o método de reabilitação empregado neste projeto é pensado estimular não apenas o córtex motor, mas também o sistema vestibular, núcleos da base e cerebelo. Os resultados obtidos com este método têm sido relacionados clinicamente à reativação neuromuscular de regiões comprometidas pela lesão medular, pois são observadas contrações musculares, ganho de força, de movimento e de funcionalidade nos segmentos inervados por níveis medulares abaixo da lesão completa.

Vários indivíduos com lesão completa tornaram-se lesados incompletos, tetraplégicos tornaram-se paraparéticos, indivíduos inicialmente classificados como sendo ASIA A tornaram-se ASIA C em períodos inferiores a um ano de tratamento, diferindo muito dos resultados observados nos programas convencionais de fisioterapia. Provavelmente, pela característica dos exercícios empregados, acredita-se que este método seja capaz de estimular várias regiões do sistema nervoso aumentando o aporte sanguíneo nutricional e ativando fatores neurotróficos nas regiões que sofreram com a lesão e consequente desuso. Além disso, indivíduos tratados com este método relataram melhora da sensibilidade superficial e profunda, além de apresentarem movimentos de artelhos e melhora no controle da bexiga. Assim, tudo indica que são estimuladas as vias sensitivas superficiais e profundas, além do sistema vestibular, gerando ativação em um maior número de áreas do sistema nervoso envolvido (além do córtex motor).

No histórico deste método, para aplicar os exercícios com repetição ativa e auto-ajustada surgiu à necessidade de criar um equipamento onde exercícios com suspensão e pendulação corporal fossem possíveis de serem realizados. Dificuldades para a manutenção da repetição no movimento ativo com seleção de

engramas motores individuais poderiam ser sanadas com tal equipamento que também possibilitaria a experimentação de diversos pontos de equilíbrio necessários para a estimulação do sistema vestibular.

A partir de estudos de engenharia e experimentação clínica, o equipamento utilizado para gerar suspensão e pendulação corporal sofreu adaptações e resultados clínicos positivos foram verificados. Foram tratados indivíduos com sequelas neurológicas por lesão medular, acidente vascular cerebral, tumores cerebrais, esclerose múltipla entre outras. Em todos os casos houve relatos de melhora funcional em tempo hábil quando considerados os resultados apresentados por indivíduos com LM tratados de forma convencional. Os indivíduos que foram tratados apenas por este método demonstraram ganhos funcionais mais rápidos quando comparados a indivíduos com as mesmas sequelas que frequentavam programas de reabilitação oferecidos na comunidade com ênfase na adaptação.

O equipamento consiste de uma estrutura de ferro no formato de um U invertido, a qual é afixada nas paredes do cômodo onde é instalada, de molas que ofertam segurança e resistência e de materiais confeccionados em tecidos inspirados no esporte de escalada. Toda a estrutura foi calculada por engenheiro, levando em consideração o peso a ser aplicado a ela, não só do indivíduo a ser treinado, como também de todo o equipamento utilizado para o exercício em si, bem como para a segurança do mesmo. Em relato de caso apresentado em evento nacional foi descrito o uso deste equipamento para o tratamento de paciente portador de lesão medular, bem como o progresso obtido por esse indivíduo (FRISON; OLIVEIRA; GRIGOL, 2009). Entretanto, não há ainda relatos relativos ao seu uso em uma população de lesados medulares. Apesar da ausência de publicações relativas ao seu uso em lesados medulares, pode-se supor que o mesmo seja seguro, uma vez que o Método Pilates, que também trabalha força e resistência muscular com molas que oferecem diferentes graus de resistência, tem sido usado com sucesso e sem intercorrências negativas, tanto em indivíduos saudáveis (KUO; TULLY; GALEA., 2009) quanto em indivíduos hospitalizados em fase aguda de doenças e/ou quedas (MALLERY et al., 2003).

O equipamento que possibilita a prática dos exercícios com suspensão e pendulação corporal está sendo utilizado há quinze anos pela sua criadora e autora deste projeto e há cinco anos por mais nove fisioterapeutas em sua prática clínica,

tendo sido atendido um total de mais de 100 pacientes, dentre eles vários lesados medulares. Dada a segurança do equipamento e a forma como são desenvolvidas as atividades de treinamento, não foram observadas contra-indicações à sua utilização, a não ser aquelas relativas à prática de exercícios. Logo, o mesmo é indicado para qualquer pessoa que necessite prevenir ou tratar afecções de qualquer origem (neuromuscular, musculoesquelética, do sistema vestibular, entre outras).

Há oito anos foi dado início ao processo de patente do equipamento que alia a pendulação corporal ao treinamento de força baseado em molas. Enquanto nos equipamentos até então utilizados para a pendulação todo o corpo do indivíduo em treinamento, ou parte dele, tem algum tipo de apoio do aparelho para realizar o movimento (ORR et al., 2006; MANSFIELD et al., 2007) neste equipamento esse apoio é dado por molas com diferentes graus de resistência, o que demanda o recrutamento ativo da musculatura não só para a efetivação da pendulação, como também para a manutenção da postura durante o deslocamento, bem como para o retorno à posição inicial, possivelmente levando a um maior grau de treinamento da força e da resistência muscular, assim como a ativação de um número maior de grupos musculares.

A suspensão e a pendulação dos segmentos corporais ou do corpo como um todo quando realizadas neste equipamento, respeitando os princípios do método, podem ser consideradas facilitadoras do controle motor, da sua aquisição ou do seu aperfeiçoamento, à medida que: fortalecem essencialmente o eixo corporal (cabeça e tronco), permitem o equilíbrio das forças para manutenção da relação massa corporal/força da gravidade, permitem a repetibilidade do gesto para memorização motora e facilitam o automatismo dos movimentos voluntários; propriedades estas consideradas moduladoras do tônus e geradoras da força muscular.

O método dos exercícios com suspensão e pendulação corporal aqui proposto, ao promover a sustentação dos segmentos corporais possibilita que o terapeuta tenha as mãos livres para incrementar o exercício proposto. Imposições de resistências manuais e estiramentos musculares podem então ser aplicados pelas mãos do fisioterapeuta que não mais as utiliza para sustentar o segmento em exercício. Estes estiramentos e imposições manuais de resistências são facilitadores do movimento, pois os estiramentos produzem melhor contração e a resistência

imposta ao músculo solicita um maior recrutamento de fibras musculares para a ação (ADLER; BECKERS; BUCK, 1999).

A possibilidade de modificar as cargas por meio de molas permite que um segmento possa ser mais sustentado no início da sua reabilitação e menos sustentado à medida que ganha força. As molas, além de proporcionar diferentes sustentações, podem oferecer diferentes resistências para executar movimentos ativos-resistidos, o que é gerador de recrutamento neuromuscular. Além disso, a possibilidade de executar movimentos ativos com diferentes velocidades e aceleração de massa no segmento sustentado dá a este método outras formas de gerar força muscular, no caso pela aceleração da carga, e trabalha os diferentes tipos de contrações musculares (excêntricas e concêntricas) ofertando ao sistema neuromuscular uma maior gama de estímulos.

Ao realizar de forma repetida o movimento ativo (e pode ser repetido, pois está sendo sustentado) possivelmente exista um direcionamento e reorganização dos engramas motores no sistema neuromuscular, pois novos ajustes são buscados de forma independente pelo indivíduo. O próprio indivíduo em reabilitação busca sua melhor força e seu melhor equilíbrio revendo suas estratégias de movimentação e gerando aprendizado dentro da lesão, isso é no que se acredita pois na prática é observada a correção ativa e a melhora no desempenho da tarefa.

Em relação à neurofisiologia envolvida, acredita-se que pelo fato de o método trabalhar com contrações lentas, mantidas e rápidas exista um maior ganho e controle da força em relação aos exercícios convencionais à medida que trabalha os diferentes tipos de fibras (fibra I contração lenta e fibra do tipo II contração rápida) podendo ainda recrutar todos os tipos de fibra pela imposição que uma força próxima da máxima no final de cada movimento (exigência da mola). Fleck e Kraemer (2006) relatam que o fato de recrutar fibras do tipo I e II é importante por diversas razões e para isso o exercício deve ser caracterizado por carga alta, bem como pela alta demanda de potência, para que se recrutem e sejam alcançados efeitos de treinamento nas fibras tipo II (limiar alto para o disparo). Sabe-se que a lesão somada à inatividade e ao distúrbio da atividade reflexa como, por exemplo, a espasticidade, gera a diminuição ou perda da funcionalidade e re-estabelecer a atividade motora aumentando a força muscular residual são fatores determinantes para um alto nível de independência funcional (DROLET et al., 1999).

Em relação à gravidade alterada pela suspensão do peso pode-se dizer que ela envolve modificações no sistema sensitivo e motor e que mudam em diferentes razões. Sabe-se que a maioria dos indivíduos aprende a mover-se de forma efetiva em ambientes com gravidade alterada após viverem poucos dias nesta condição; pouco é sabido sobre os mecanismos neurais que subjazem esta adaptação no sistema sensitivo-motor (THRELKELD et al., 2002; BARNES, CRUTCHFIELD, 2004).

Quando um animal que viveu e se desenvolveu em um ambiente de gravidade normal na terra é exposto a um ambiente gravitacional diferente, ajustes em todos os níveis da postura, da orientação e do controle do movimento devem ter ocorrido uma vez que estes operam eficientemente e efetivamente no novo ambiente. Modificações têm sido relatadas no desempenho motor, na orientação espacial, no controle postural, no equilíbrio e no controle do olhar. A importância deste trabalho está nos achados das modificações na morfologia dos órgãos otolíticos e na fisiologia do sistema espinal otolítico durante e após a exposição à microgravidade (THRELKELD et al., 2002).

Dados eletrofisiológicos obtidos durante e após vôos têm mostrado modificações nas atividades tanto espontâneas quanto evocadas nas aferências otolíticas e nas unidades relacionadas aos órgãos otolíticos nos núcleos vestibulares, enquanto evidências para alterações nos reflexos vestibulo espinais mediados por órgãos otolíticos durante e após vôos para o espaço também têm sido demonstrados (THRELKELD et al., 2002).

Na gravidade alterada, ajustes devem ser feitos com o objetivo de modificar as relações entre *inputs* sensitivos e *outputs* motores gerados durante o movimento ativo nas novas condições gravitacionais. Aquelas alterações são devidas em parte aos efeitos da gravidade anormal sobre o sistema vestibular, já que uma parte desse sistema está envolvida especificamente ao senso gravitacional bem como outros tipos de aceleração linear. *Inputs* vestibulares alterados levam a ruptura das relações estabelecidas entre *inputs* sensoriais e *outputs* motores, causando modificações no controle da postura, orientação e movimento. O processo de adaptação é pensado ser iniciado a partir de um “erro” ou incompatibilidade entre o *input* sensorial esperado e o atual gerado pelo movimento ativo nas condições alteradas. O “erro” ou incompatibilidade é minimizado à medida que a adaptação

ocorre e o controle sensitivo-motor é redimensionado para as novas condições (BARNES; CRUTCHFIELD, 2004).

Assim, adaptações nestes sistemas envolvem uma espécie de re-aprendizado das relações sensitivo-motoras com base nos resultados das respostas motoras ao novo e alterado ambiente. Deve-se enfatizar que o movimento ativo e voluntário torna-se necessário para que a adaptação ocorra. Por exemplo, a maioria das pessoas pode aprender a andar de bicicleta a partir de um equilíbrio ativo e de movimentos apropriados dos membros inferiores, mas não há adaptação por simplesmente ficar observando ou andando passivamente como um passageiro, adaptação efetiva às novas condições requer participação ativa (FOX; DAUNTON; CORCORAN, 1998).

O controle motor eficiente depende da coordenação do córtex e dos componentes periféricos do sistema sensitivo-motor. Esta interação pode incluir uma atuação recíproca entre *inputs* de receptores externos (receptores auditivos, visuais e vestibulares) sensações internas (propriocepção e *feedback* das articulações, órgãos tendinosos e alongamentos musculares) bem como modelos do mundo externo ou nossa orientação subjetiva (BARNES; CRUTCHFIELD, 2004; FOX; DAUNTON; CORCORAN, 1998).

Considerando estes conhecimentos descritos no referencial teórico, surgiu a necessidade de estudar cientificamente as respostas clínicas apresentadas por indivíduos que praticam o Método Chordata e que apresentam resultados diferenciados em comparação àqueles indivíduos que praticam tratamentos convencionais de reabilitação. Com esse objetivo foi construído esse projeto.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 GERAL

Avaliar os efeitos de um programa de exercícios de suspensão e pendulação corporal com o Método Chordata sobre a força, sobre a ativação muscular, sobre a capacidade funcional e a arquitetura muscular de indivíduos com lesão medular torácica.

### 4.2 ESPECÍFICOS

- a) analisar os efeitos de um programa de exercícios de suspensão e pendulação corporal com o Método Chordata sobre o torque flexor e extensor do tronco de indivíduos com lesão medular torácica;
- b) analisar os efeitos de um programa de exercícios de suspensão e pendulação corporal com o Método Chordata sobre a ativação muscular dos músculos reto abdominal, oblíquo externo e longuíssimo do dorso bilateral de indivíduos com lesão medular torácica por meio de eletromiografia de superfície;
- c) analisar os efeitos de um programa de exercícios de suspensão e pendulação corporal com o Método Chordata sobre a espessura muscular dos músculos reto abdominal, oblíquo externo, oblíquo interno, transverso do abdômen e multífidos bilateral de indivíduos com lesão medular torácica por meio de estudo de ultrassonografia;
- d) analisar os efeitos de um programa de exercícios de suspensão e pendulação corporal com o Método Chordata de indivíduos com lesão medular torácica por meio de um indicador funcional de equilíbrio sentado (Teste do Alcance Funcional Adaptado).



## 5 MÉTODO

### 5.1 DELINEAMENTO

Ensaio clínico randomizado e controlado.

### 5.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Ensaio clínico que envolveu 26 indivíduos com idades entre 18 e 65 anos, do sexo masculino que residiam na região metropolitana de Porto Alegre e cidades adjacentes, divididos por meio de sorteio simples por retirada de papéis em caixa em Grupo Controle (GC n=12) e Grupo Intervenção (GI n=14). Os indivíduos haviam sofrido LM torácica nos últimos três anos e meio antes de sua inclusão neste estudo e deveriam ser capazes de se deslocar até o local de tratamento e testagem. Eles aceitaram participar desta pesquisa por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO E) e permaneceram com seu padrão usual de atividades durante este período. Aqueles que alteraram sua rotina usual foram excluídos. O cálculo amostral foi realizado considerando o desvio padrão do teste do Alcance Funcional com base nos estudos de Sherrington e Lord (2005). O recrutamento foi realizado por meio de anúncios em mídia impressa e veículos de comunicação locais e regionais. Este estudo foi dividido em três fases: testes pré-intervenção/controle, período de intervenção/controle, testes pós-intervenção/controle. Para fins deste estudo foi considerado apenas indivíduos do sexo masculino que tinham sofrido lesão medular torácica nos últimos três anos e que concordaram em participar do estudo.

Foram incluídos indivíduos com idade entre 18 e 65 anos de idade, do sexo masculino, que tinham lesão medular ocorrida em um período não superior há três anos antes sua inclusão no estudo com lesão nos níveis medulares torácicos de T1 a T12, que eram capazes de se deslocar ao local de treinamento e testagem, que aceitaram participar do estudo por meio de processo de consentimento, que permaneceram durante o período dessa pesquisa com seu padrão usual de atividades.

Foram excluídos os indivíduos com peso corporal acima de 95Kg (por motivo de dificuldade na visualização no exame de Ultrassonografia na presença de massa gorda), que apresentaram limitações físicas e funcionais que impediam a prática de atividade física orientada, com doenças que promoviam incapacidades físicas (como doença cardíaca e pulmonar severa, doença neurodegenerativa, doença oncológica, hipertensão arterial sistêmica etc.), com déficit visual que impedisse a leitura, com vertigem recorrente ou hipotensão ao exercício, que durante a realização desta pesquisa se engajaram em outros tratamentos que não os usuais.

### 5.3 COLETA DOS DADOS E LOGÍSTICA

Os dados foram coletados em formulário específico (ANEXO D) após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Inicialmente os participantes da pesquisa foram informados sobre os objetivos da mesma e sobre a confidencialidade dos dados coletados. A seguir eles foram convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO E).

Este estudo foi dividido em três fases:

- a) Testes pré-intervenção/ controle;
- b) Período de Intervenção/ controle;
- c) Testes pós-intervenção/ controle.

Os participantes foram testados e todos os dados foram coletados em quatro encontros de aproximadamente 50 minutos (Testes pré-intervenção/controle e Testes pós-intervenção/ controle). No primeiro encontro o participante fornecia seus dados de identificação, demográficos e antropométricos (ANEXO D) e foi testado (ver “Métodos de mensuração do equilíbrio” abaixo). Em seguida foi realizada a randomização do grupo do qual o indivíduo participaria (sorteio simples) e ele era imediatamente comunicado do resultado. Oito semanas depois, o participante era convidado a retornar para repetir os mesmos testes que foram realizados no Instituto Método Chordata na Rua Professor Guerreiro Lima, 23 no Bairro Intercap CEP. 91530-190, Porto Alegre - RS. O segundo encontro, no mesmo período, foi para a

realização do estudo por meio de ultrassonografia denominado arquitetura muscular e eletromiografia de superfície que realizado então no Laboratório do Exercício, Esef/ UFRGS na Rua Felizardo 750, Bairro Jardim Botânico, CEP. 90690-200, Porto Alegre - RS.

Os participantes do grupo intervenção foram submetidos a um programa de exercícios com suspensão e pendulação do tronco durante oito semanas (ver “Intervenção” abaixo), realizado no Instituto Método Chordata, na Rua Professor Guerreio Lima, 23 no Bairro Intercap, CEP. 91530-190, Porto Alegre - RS., enquanto aqueles do grupo controle mantiveram sua rotina usual durante o mesmo período, até que fossem novamente testados. Importante ressaltar que este estudo foi cegado à medida que o avaliador não era o mesmo indivíduo que realizava a intervenção.

Ao final do estudo e tendo o programa de exercícios demonstrado ser benéfico para os integrantes do grupo intervenção, foi oferecida ao grupo controle a oportunidade de participar de programa semelhante, sem que fossem coletados dados relativos a esse treinamento e sem qualquer tipo de custo para os participantes.

Importante ressaltar que avaliadores eram cegados, não sabendo então quem havia feito à intervenção. Para cada um dos exames (ultrassonografia, eletromiografia de superfície, torque, alcance funcional adaptado) havia um examinador treinado que foi o mesmo no período pré e pós.

#### 5.4 MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO EQUILÍBRIO

Para a mensuração do equilíbrio dos lesados medulares foi utilizado o teste do alcance funcional adaptado.

O teste do alcance funcional é um teste simples para a determinação do equilíbrio dinâmico em que é mensurada a máxima distância que um indivíduo consegue alcançar projetando o tronco à frente com o braço estendido, sem mover-se neste caso, da cadeira de rodas. A distância é medida a partir de uma escala afixada numa parede ou superfície próxima à qual o indivíduo está sendo testado,

neste caso, ele realizará o teste do alcance funcional adaptado para cadeirantes (MEDOLA et al.; 2009).

## 5.5 MÉTODOS PARA VERIFICAÇÃO DA FUNÇÃO NEUROMUSCULAR

### 5.5.1 Arquitetura Muscular

Para a análise da musculatura envolvida os lesados medulares realizaram a arquitetura muscular no LAPEX- UFRGS, antes e após a intervenção.

A arquitetura dos músculos oblíquo externo (OE), oblíquo interno (OI), transverso do abdômen (TA), reto abdominal (RA) e multífido (MULT) foi avaliada por meio de ultrassonografia (SSD 4000, 51 Hz, ALOKA Inc., Tóquio, Japão) utilizando uma sonda de arranjo linear (60 mm, 7,5 MHz - ALOKA Inc., Tóquio, Japão). Para a avaliação dos músculos OE, OI e TA, a sonda foi posicionada transversalmente na parede abdominal, sobre a linha axilar anterior, entre a 12ª costela e a crista íliaca, para a obtenção de uma imagem clara das três camadas anterolateral da musculatura abdominal (ARAB; CHEHREHRAZI, 2011).

O músculo reto abdominal (RA) foi avaliado posicionando transversalmente a sonda de ultrassonografia entre 2-3 cm acima do umbigo e 2-3 cm da linha média (NORASTEJAN et al., 2007).

A espessura do músculo MULT (figura 2) foi avaliada seguindo os parâmetros do estudo de Van, Hides e Richardson (2006). A espessura foi avaliada nos níveis L4-L5. Após palpação, foram marcados superficialmente os processos espinhosos da coluna lombar no nível de L4 e L5. O indivíduo era posicionado em decúbito ventral com a cabeça relaxada para um dos lados (esquerdo ou direito). A seguir, a sonda era posicionada lateralmente aos processos espinhosos demarcados no plano para-sagital da coluna vertebral.

A espessura muscular (NARICI, 1999) foi mensurada de forma unilateral (lado direito). A distância entre a aponeurose profunda e aponeurose superficial foi adotada como a espessura da camada muscular isolada (KUBO et al., 2003b).

A sonda era embebida em um gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico da sonda com a pele, mas sem deprimir a superfície da pele. A sonda era posicionada paralelamente à direção das fibras musculares.

### 5.5.2 Ativação Muscular

Um sistema de eletromiografia (EMG) de 8 canais (AMT-8, Bortec Biomedical Ltd., Canadá) foi utilizado para a aquisição dos sinais EMG. Os sinais EMG dos músculos oblíquo interno, oblíquo externo, reto abdominal e multífidos foram medidos por meio de pares de eletrodos de superfície passivos (Ag/AgCl, Meditrace, Kendall, Canadá) em configuração bipolar.

Um eletrodo de referência era colocado na espinha íliaca antero-superior (KUMAR; NARAYAN, 2006). Antes da colocação dos eletrodos, a impedância elétrica da pele era reduzida pela raspagem dos pêlos e pela limpeza da pele (figura 3), com algodão embebido em álcool, a fim de remover as células mortas e a oleosidade da pele no local do posicionamento dos eletrodos (figura 4) (SENIAM, 2011).

A seguir, os eletrodos eram fixados na pele e uma leve pressão era aplicada sobre eles para aumentar o contato entre o gel do eletrodo e a pele. A colocação dos eletrodos era realizada de forma unilateral, seguindo as orientações descritas no estudo de Jacobs et al. (2011) conforme descrito abaixo (figura 5).

Para o músculo oblíquo externo, a localização dos eletrodos era na linha média lateral do tronco, a 50% da distância entre a crista íliaca a última costela, orientados a 45° no sentido das fibras musculares. Para o músculo oblíquo interno, a localização dos eletrodos foi a 2,5cm mediais e 2,5cm craniais da espinha íliaca antero-superior, orientados a 45° no sentido das fibras musculares. Para o músculo reto abdominal, a localização dos eletrodos era a 2,5cm laterais à cicatriz umbilical, orientados no sentido das fibras. Para o músculo multífido lombar, a localização dos eletrodos era a 2cm laterais no segundo terço da linha entre o côndilo medial do fêmur e o maléolo medial da tíbia.

Os sinais EMG dos músculos foram coletados pelo sistema Windaq (Dataq Instruments, Akron, OH, USA; 16 bits). Os sinais EMG foram digitalizados com uma frequência de 2000 Hz por canal por meio de uma placa analógico-digital (DI-720 16 bits, Dataq Instruments Inc. Akron, Ohio-USA), filtrados com um filtro passa-banda com frequências de corte de 10 Hz e 500 Hz. Os valores RMS de cada músculo foram calculados. Os dados de EMG foram analisados em rotina matemática

específica desenvolvida na plataforma MATLAB (MATLAB version 7.3.0.267, MathWorks, Inc., Natick, MA). Para cada indivíduo foi desenhado um mapa da colocação dos eletrodos para avaliação no período pós (figura 6).

## 5.6 INTERVENÇÃO

A intervenção foi realizada na Unidade de Pesquisa da Instituição Sediadora denominada Instituto Método Chordata reconhecida como tal pelo SISNEP, onde estão os equipamentos para a prática dos exercícios com suspensão e pendulação corporal (figura 1).

O participante que era alocado no grupo intervenção participou de um programa de exercícios durante oito semanas, com duas sessões semanais. Cada sessão tinha uma duração aproximada de 50 minutos, onde eram executados exercícios com suspensão e pendulação corporal.

Os exercícios propostos neste programa (ANEXO F) foram executados (figuras 9 a 14) no equipamento que possibilita a prática dos exercícios com suspensão e pendulação corporal (figura 1) criado, desenvolvido e aperfeiçoado para esta a prática.

Foram seguidos os princípios estabelecidos para a prescrição dos exercícios (especificidade, carga progressiva, individualização) (UNSWORTH, 2004), o volume e a intensidade dos exercícios eram ajustados semanalmente de modo a permitir que cargas oferecessem maior resistência à execução dos exercícios propostos, tendo como critério o bom desempenho físico do movimento executado. O número de repetições e a carga utilizada em cada exercício foram registrados com o objetivo de permitir a comparação da intensidade e do volume ao final da intervenção.

Figura 1 - Equipamento Chordata



Fonte: O autor (2016)



Figura 2 - Estudo da espessura dos músculos multifidos



Fonte: O autor (2016)

Figura 3 - Procedimento de tricotomia no abdômen



Fonte: O autor (2016)

Figura 4 - Procedimento de higienização feita por algodão embebido em álcool para estudo eletromiográfico



Fonte: O autor (2016)

Figura 5 - Composição de eletrodos de superfície para estudo eletromiográfico



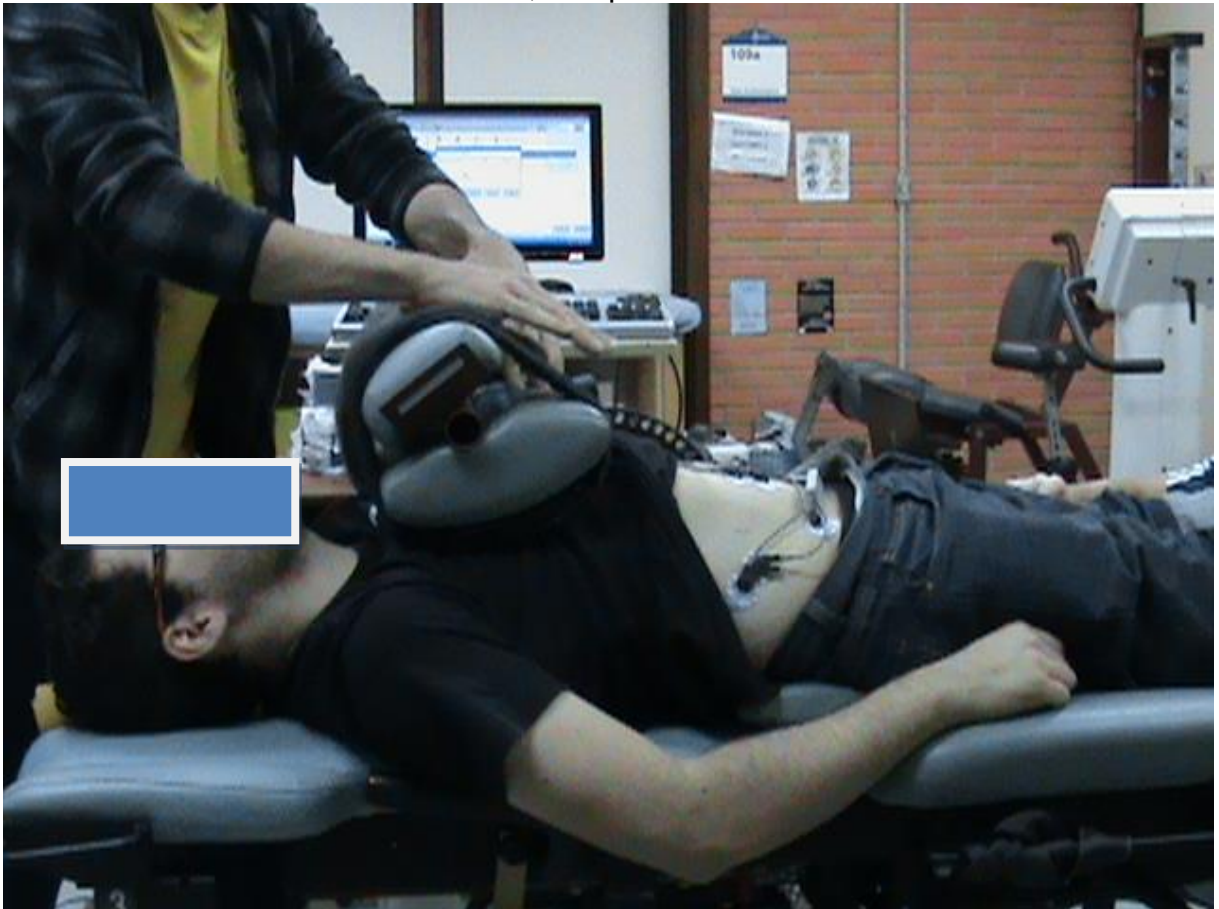
Fonte: O autor (2016)

Figura 6 - Confeção de mapa de posicionamento dos eletrodos para futuro estudo eletromiográfico (no período pós-intervenção)



Fonte: O autor (2016)

Figura 7 - Estudo do torque flexor e coleta eletromiográfica da ativação dos músculos reto abdominal, oblíquos externo e interno bilateral



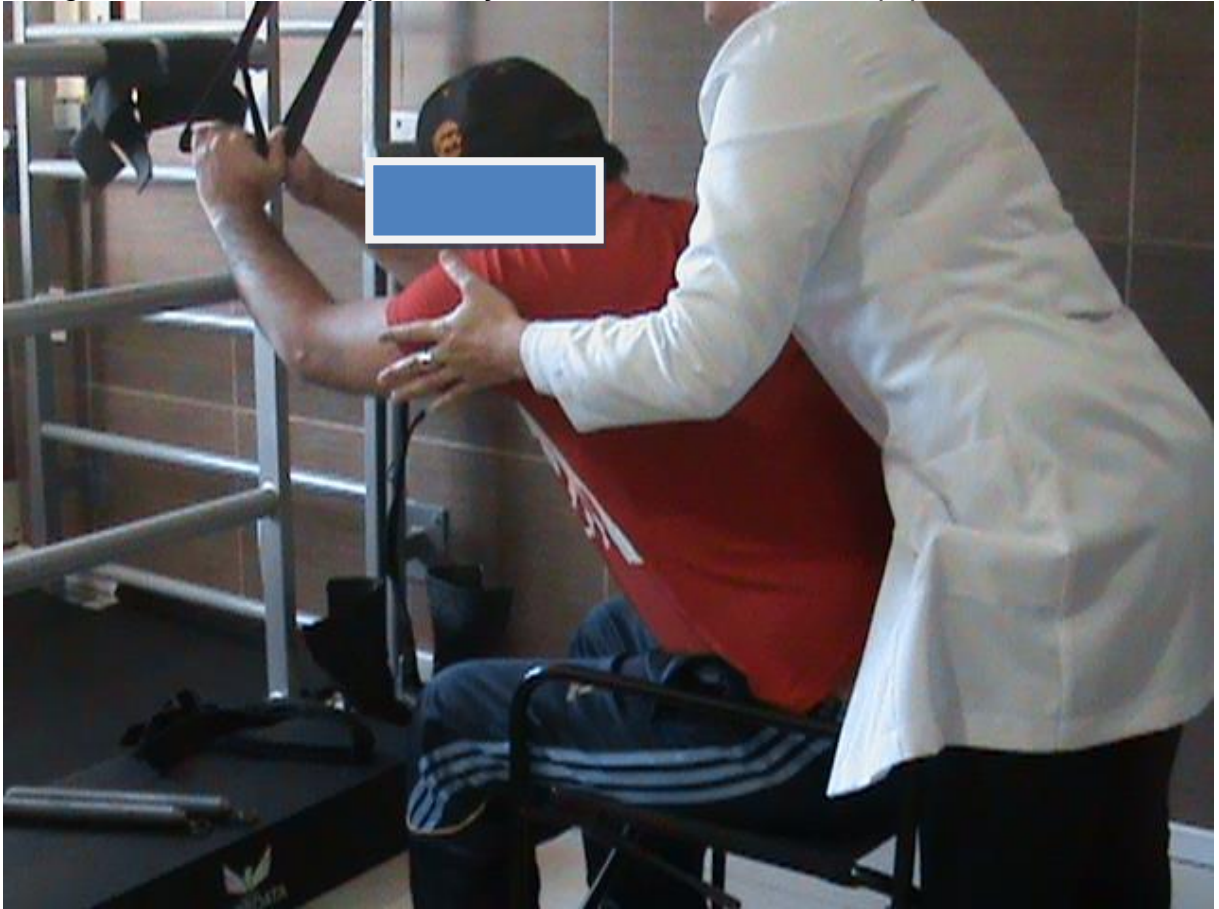
Fonte: O autor (2016)

Figura 8 - Estudo do torque extensor e coleta eletromiográfica da ativação do longuíssimo do dorso bilateral



Fonte: O autor (2016)

Figura 9 - Exercício de pendulação anterior do tronco no Equipamento Chordata



Fonte: O autor (2016)



Figura 10 - Exercício de pendulação anterior do tronco com flexão e extensão horizontal do membro superior de forma alternada



Fonte: O autor (2016)

Figura 11 - Exercício de pendulação posterior do tronco no Equipamento Chordata



Fonte: O autor (2016)

Figura 12 - Exercício de pendulação posterior do tronco com extensão horizontal de membros superiores



Fonte: O autor (2016)

Figura 13 - Exercício de levantar e sentar da própria cadeira de rodas no Equipamento Chordata



Fonte: O autor (2016)

Figura 14 - Exercício de levantar e sentar com treino de alinhamento do quadril em ortostase



Fonte: O autor (2016)

## **6 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CAAE: 04946612.6.0000.5347). Todos os participantes deste estudo assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este estudo foi registrado no Clinical Trials.gov, #NCT02316067

## 7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A média  $\pm$  desvio padrão foram usados para avaliar os dados contínuos, os quais foram comparados aos dados basais utilizando o teste t de Student. Variáveis categóricas foram expressas por porcentagens. As diferenças entre os grupos no *baseline* foram avaliadas usando o Qui-quadrado ou teste exato de Fisher quando necessário.

Análise de covariância, com ajustes das medidas no *baseline* foram utilizadas para avaliar as diferenças entre os grupos após as 16 sessões de exercício. Os resultados foram apresentados pela média  $\pm$  desvio com as diferenças estimadas ajustadas entre os grupos, seguindo intervalo de confiança de 95%. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quanto  $P < 0,05$ . O programa SPSS 22.0 (*Statistical Package for the Social Sciences, Inc., Chicago, USA*) foi utilizado para a análise dos dados.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

No início do estudo havia dezesseis indivíduos por grupo conforme previsto no cálculo amostral. Ao longo do ensaio clínico houve uma perda de seis indivíduos, sendo dois indivíduos do GI e quatro do GC. Os dois indivíduos que saíram do GI abandonaram o estudo pelos seguintes motivos: um por pneumonia e o outro por motivos pessoais. Os quatro indivíduos do GC que saíram do estudo tiveram os seguintes motivos: dois deles se motivaram tanto com o estudo que modificaram sua rotina usual iniciando treinamento de musculação, mesmo tendo sido ambos orientados a manter sua rotina usual, um terceiro saiu por motivo de infecção urinária e o quarto não compareceu no período de reavaliação conforme combinado no início do tratamento.

Após análise realizada, ambos os grupos mostraram-se semelhantes no período *baseline* para todas as variáveis analisadas: idade ( $p=0,93$ ), tempo de lesão ( $p=0,41$ ), nível da lesão ( $p=0,27$ ), fator causal ( $p=0,22$ ), escala ASIA ( $p=0,11$ ), tipo de lesão ( $p=0,22$ ) e Alcance Funcional adaptado ( $p=0,11$ ) (Tabela 1).

### 8.2 TORQUE

Na análise entre grupos, após o período de intervenção o GI apresentou aumento significativo do torque flexor (58%,  $p = 0,004$ ) e do torque extensor (76%,  $p = 0,005$ ) sendo essas medidas superiores àquelas observadas no GC (Tabela 2).

### 8.3 ELETROMIOGRAFIA

Diferenças similares entre os grupos foram observadas no período pós-intervenção para as medidas de ativação muscular do reto abdominal esquerdo em seu valor absoluto e valor RMS ( $p = 0,028$ ), e músculo reto abdominal direito em seu valor absoluto e valor RMS normalizado pelo repouso ( $p = 0,047$ ) (Tabela 2).



Contudo, não foram observadas diferenças na ativação eletromiográfica dos músculos oblíquo externo direito e esquerdo e longuíssimo direito e esquerdo (Tabela 2).

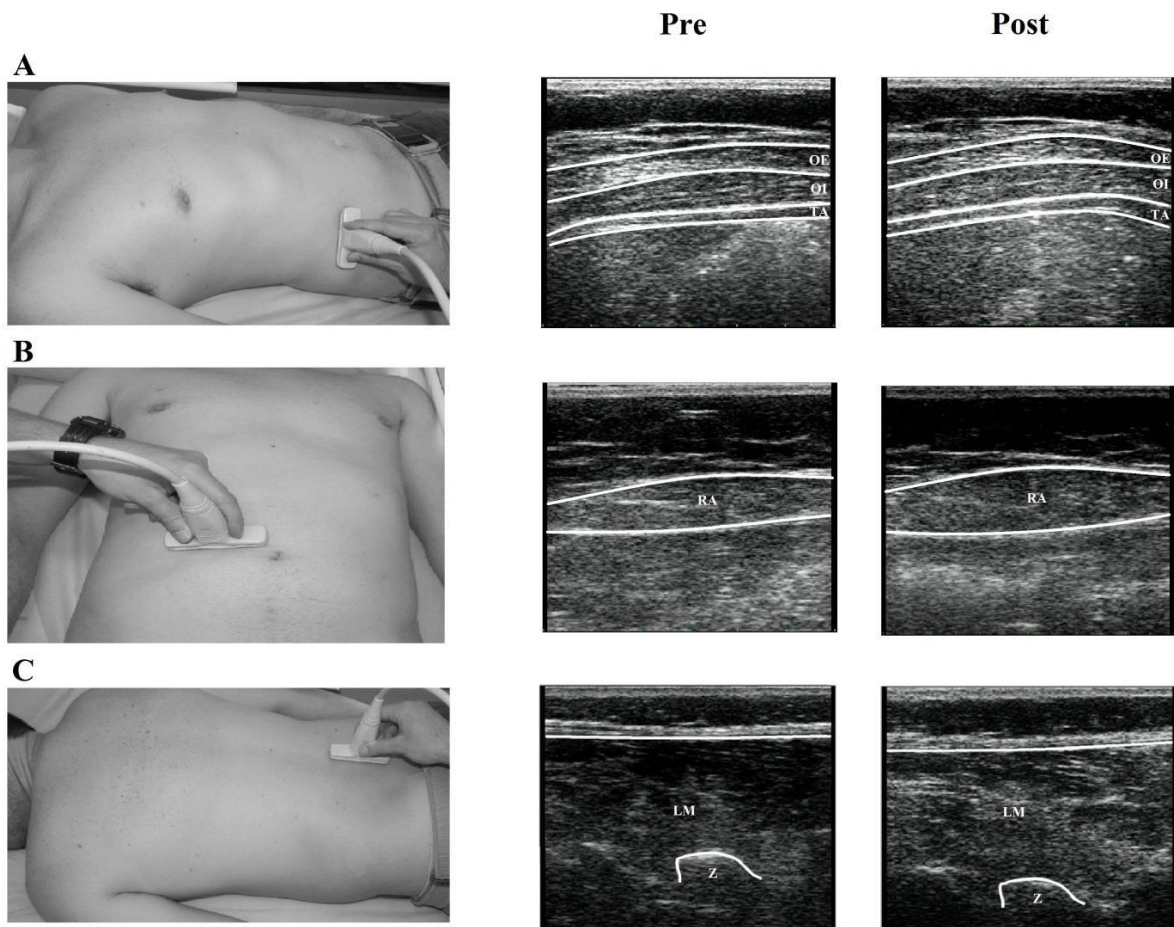
#### 8.4 ALCANCE FUNCIONAL

Após o período de intervenção o GI apresentou diferença significativa na medida do Teste do Alcance Funcional adaptado ( $p = 0.015$ ) (Tabela 2).

## 8.5 ESPESSURA MUSCULAR

Após as dezesseis sessões a espessura muscular foi maior para todos os grupos musculares estudados e de maneira bilateral nos indivíduos do grupo GI quando comparadas as espessuras musculares dos indivíduos do GC ( $p < 0.002$ ; Tabela 3). Esse resultado não foi observado apenas nos músculos multífidos direito ( $p = 0.057$ ).

Figura 15 - Estudo da espessura muscular dos músculos oblíquo externo, reto abdominal e multífidos nos períodos pré e pós intervenção.



Fonte: O autor (2016)

Tabela 1 - Características dos pacientes no período pré-intervenção.

Características	Controle n = 12	Intervenção n = 14	p
Idade, anos	29.5±11.0	29.9±8.7	0.93
Tempo de lesão, meses	24.7±9.6	21.1±11.9	0.41
Nível de lesão torácica alta, número (%)	8 (66.7)	6 (42.9)	0.27
Causas da lesão, número (%)			0.22
Acidente de trânsito	6 (50.0)	8 (57.1)	
Ferimento por arma de fogo	6 (50.0)	3 (21.4)	
Outros	0	3 (21.4)	
ASIA escala, número (%)			0.11
A	4 (33.3)	9 (64.3)	
B	0	1 (7.1)	
C	8 (66.7)	4 (28.6)	
Tipo de lesão completa, número. (%)	2 (16.7)	6 (42.9)	0.22
Alcance funcional, cm	63.3±12.6	72.3±15.2	0.11

Dados apresentados como média± desvio padrão ou em porcentagens. ASIA = American Spinal Injury Association.

Fonte: O autor (2016)

**Tabela 2 - Características entre grupos pós intervenção, torque, valores RMS e alcance funcional**

<b>Características</b>	<b>Controle n = 12</b>	<b>Intervenção n = 14</b>	<b>Diferença* (95%IC)</b>	<b>p</b>
Torque Flexor, Nm	35.8±3.3	50.4±3.0	14.6 (5.3 to 23.9)	<b>0.004</b>
Torque Extensor, Nm	39.2±5.5	62.6±5.1	23.4 (8.0 to 39.0)	<b>0.005</b>
RA – D, $\mu$ V	0.04±0.02	0.09±0.02	0.05 (-0.01 to 0.10)	0.097
RA – E, $\mu$ V	0.04±0.02	0.09±0.01	0.05 (0.01 to 0.09)	<b>0.028</b>
OE – D, $\mu$ V	0.05±0.01	0.04±0.01	-0.01 (-0.05 to 0.03)	0.063
OE – E, $\mu$ V	0.04±0.01	0.04±0.01	0.00 (-0.03 to 0.03)	0.991
LONG – D, $\mu$ V	0.05±0.01	0.05±0.01	0.00 (-0.03 to 0.03)	0.976
LONG – E, $\mu$ V	0.04±0.01	0.05±0.01	0.01 (-0.01 to 0.03)	0.769
RA – D, %repouso	7.7±4.5	20.5±4.2	12.8 (0.1 to 25.5)	<b>0.047</b>
RA – E, %repouso	8.6±4.8	20.6±4.5	12.0 (-1.6 to 25.6)	0.080
OE – D, %repouso	6.1±1.4	6.8±1.3	0.7 (-3.2 to 4.6)	0.744
OE – E, %repouso	5.9±1.4	6.9±1.2	1.0 (-2.8 to 4.8)	0.600
LONG – D, %repouso	4.4±1.5	7.2±1.4	2.8 (-1.4 to 7.0)	0.178
LONG – E, %repouso	4.3±1.4	7.2±1.3	2.9 (-1.1 a 6.9)	0.139
Alcance Funcional, cm	64.2±4.4	80.2±4.1	16.0 (3.4 to 28.6)	<b>0.015</b>

Dados apresentados como média±desvio padrão.\*obtido com o modelo ANCOVA ajustado pela medida basal. RA = reto abdominal; OE = oblique externo; LONG = longuíssimo; D = direito; E = esquerdo;  $\mu$ V = microvolts; ANCOVA = Análise de Covariância; IC – intervalo de confiança.

Fonte: O autor (2016)

Tabela 3 - Espessura muscular nos grupos Controle e Intervenção

Variáveis, unidades	Controle n = 12	Intervenção n = 14	Diferença* (95%CI)	p
RA – direito, cm	0.72 ± 0.20	0.84 ± 0.02	0.12 (0.06 – 0.18)	<0.001
RA – esquerdo, cm	0.73 ± 0.02	0.83 ± 0.02	0.10 (0.06 – 0.15)	<0.001
OE – direito, cm	0.53 ± 0.02	0.64 ± 0.02	0.12 (0.07 – 0.17)	<0.001
OE – esquerdo, cm	0.53 ± 0.01	0.64 ± 0.01	0.11 (0.07 – 0.15)	<0.001
OI – direito, cm	0.66 ± 0.02	0.76 ± 0.02	0.09 (0.04 – 0.15)	0.002
OI – esquerdo, cm	0.64 ± 0.02	0.74 ± 0.02	0.10 (0.04 – 0.15)	0.001
TA – direito, cm	0.28 ± 0.01	0.33 ± 0.01	0.06 (0.03 – 0.09)	<0.001
TA – esquerdo, cm	0.24 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.05 (0.02 – 0.07)	0.001
MULT – direito, cm	2.85 ± 0.08	3.06 ± 0.07	0.22 (-0.01 – 0.44)	0.057
MULT – esquerdo, cm	2.71 ± 0.06	3.05 ± 0.05	0.34 (0.17 – 0.50)	<0.001

Dados apresentados como média±desvio padrão.

\*obtido com o modelo ANCOVA ajustado pela medida basal

RA = reto abdominal; OE = oblíquo externo; OI = oblíquo interno; TA = transverso do abdomen; MULT = multífido; D = direito; E = esquerdo.

Fonte: O autor (2016)

## 9 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que o treinamento proposto realizado em 16 sessões de 50 minutos, no período de oito semanas, apresentou efeito positivo no ganho de torque de flexão e extensão do tronco, na ativação eletromiográfica do músculo reto abdominal bem como no teste do Alcance Funcional adaptado (AFa), preditivo da funcionalidade. Este estudo se torna original pelos resultados apresentados uma vez que a reabilitação de indivíduos com lesão medular convencionalmente trata-se de exercícios adaptativos com ênfase na musculatura dos membros superiores no caso da paraplegias e paraparesias. Em geral se enfatiza as transferências e a adaptação a cadeiras de rodas. Este estudo vai em direção oposta, propondo a reativação neuromuscular em níveis medulares comprometidos com a lesão neurológica. Clinicamente observa-se a melhora e o retorno a marcha de lesados medulares completos e incompletos que praticaram o Método Chordata, mas agora, com este estudo, uma abordagem científica demonstra é demonstrada.

Este aumento nos torques de flexão de tronco em aproximadamente 58% e de extensão em 76% associado ao aumento da ativação de EMG dos músculos reto abdominal direito e esquerdo estão de acordo com os achados de outros estudos (EVETOVICH et al., 2001; ESPOSITO et al., 2005) que relacionam o aumento de torque e da EMG ocasionados pelo treinamento de força em indivíduos sem comprometimento medular.

O fato de o músculo reto abdominal ter apresentado aumento significativo nos valores RMS do período pré-intervenção para o pós-intervenção no GI parece estar relacionado ao fato de que este músculo é o principal e mais potente músculo responsável pela flexão do tronco (IZZO et al., 2013), logo, muito recrutado durante o treinamento proposto. Somando-se ao fato da melhora no teste do Alcance Funcional adaptado pode-se pensar que a reativação de músculo nos indivíduos do GI permitiu não só um ganho de força, mas também uma melhora funcional, em suas atividades de vida diária (AVDs) (YANG et al., 2006). Pode-se pensar também em uma relação de causa e efeito, pois, à medida que a força muscular foi aumentada, possivelmente provocou aumento na funcionalidade colaborando para uma reativação deste músculo.

Uma vez que os dados eletromiográficos aparecem estatisticamente modificados, bem como os dados relacionados à espessura muscular podemos pensar que os achados deste estudo parecem estar relacionados à plasticidade neuronal, ou seja, a capacidade de modificação do sistema nervoso em função de suas experiências vividas inclusive nos períodos pós-lesão (PEREZ; FIELD-FOTE, 2003; FANG et al., 2004; YANG et al., 2006). Para que hajam alterações desse tipo, influenciando ainda na funcionalidade, acredita-se que conexões nervosas podem ser aumentadas ou diminuídas, a ponto de modificarem a atividade funcional, e isso também é explicado na neurociências por uma provável influencia de fatores neuroquímicos liberados pelas células alvo, formando novos canais de conexão nos períodos após uma lesão (PEREZ; FIELD-FOTE, 2003).

Por outro lado, o músculo longuíssimo não apresentou aumento da ativação do período pré-intervenção para o período pós-intervenção, mesmo que tenha sido observado um aumento do torque dos extensores do tronco. Quatro hipóteses poderiam explicar esses resultados: (1) a menor ativação EMG do músculo longuíssimo pode estar relacionada ao fato de existirem mais músculos associados ao movimento de extensão, o que corrobora com o estudo de Bonato e colaboradores (2001) que demonstra maior atividade do músculo multífido durante a extensão do tronco na posição ereta; (2) as fibras musculares do multífido, relativamente curtas, indicam que é um potente estabilizador (WARD et al., 2009; IZZO et al., 2013) e produz grandes forças numa estreita faixa de comprimento e seus sarcômeros estariam associados com geração de força na porção ascendente da curva tensão-comprimento na posição supina, o que permitiria a ele se tornar ainda mais forte quando a coluna é inclinada para frente; (3) uma cicatrização dos tecidos, uma vez que se trata de uma população de lesados medulares com abordagem cirúrgica posterior na coluna para fixação por meio de artrodese como aderências, hipotrofia muscular e diminuição de ativação neuromuscular nessa musculatura no período pós-cirúrgico inicial, com recuperação progressiva; (4) indicação clínica de redução do uso desta musculatura respeitando os prazos de cicatrização nos períodos subsequentes à lesão o que pode gerar inibição e redução da ativação da musculatura posterior.

Acredita-se que o músculo OE não tenha apresentado alteração na ativação elétrica pelo fato desse músculo ser recrutado principalmente em movimentos

rotacionais e de inclinação lateral do tronco (IZZU et al., 2013) o que não foi proposto neste treinamento, uma vez que foram mais trabalhados os movimentos de flexão e extensão do tronco, bem como a manutenção da posição equilibrada do tronco nos diversos pontos de equilíbrio na posição sentada e em pé.

No treinamento realizado, os diferentes tipos de molas utilizados como apoio instável e como gerador de resistência para ganho de força muscular geraram diferentes graus de instabilidade, uma vez que as molas eram trocadas durante o exercício de pendulação corporal. Na fase inicial, os indivíduos utilizavam molas com resistência maior objetivando maior controle do equilíbrio por parte do aparelho passando posteriormente para uma mola com menor resistência objetivando aumentar o grau de exigência postural, de força e resistência muscular através de contrações isométricas, concêntricas e excêntricas, o que possivelmente contribuiu para o aumento da força e reativação neuromuscular (DROLET et al., 1999) da musculatura envolvida. No exercício de sentar e levantar, também proposto neste estudo, as molas também progrediram de maior resistência para menor, fazendo com que, de forma progressiva, o indivíduo utilizasse cada vez menos os membros superiores e cada vez mais os membros inferiores e o tronco. Além disso, o tratamento foi composto por exercícios que recrutavam a musculatura flexora e extensora do tronco em diferentes ângulos de inclinação e com diferentes tipos de contrações musculares o que solicitava a todo o momento que o indivíduo atingisse distâncias cada vez maiores tanto anteriormente quanto posteriormente o que provavelmente gerou aprendizado motor e estratégias neuromusculares facilitatórias para um melhor desempenho no equilíbrio e melhora da capacidade funcional (FANG et al., 2004; GAGNON et al., 2008; CROMMERT; EKBLUM; THORSTENSSON, 2011).

Os exercícios propostos pelo Método Chordata possuem determinadas características consideradas facilitatórias da reativação neuromuscular, o que pode permitir um retorno mais rápido a algumas atividades de vida diária. Essas características estão relacionadas aos processos como, por exemplo, (1) a repetição necessária para o aprendizado e consolidação das memórias, (2) o movimento ativo em tarefas enriquecidas, ao invés das mobilizações passivas dos segmentos corporais, para geração ou melhora dos engramas motores e (3) experimentação



ativa dos diversos pontos de equilíbrio corporal necessários para a estimulação do sistema vestibular e manutenção das posturas funcionais.

Em relação à espessura dos músculos estudados, observou-se que o GC não sofreu modificações significativas, embora o GI tenha demonstrado um aumento da espessura dos músculos do tronco em todos os sujeitos avaliados. Esse aumento da espessura está relacionado com uma hipertrofia desses músculos determinada pelo programa de treinamento (McMEEKEN et al., 2004). Essa hipertrofia ocorreu pelo aumento progressivo na sobrecarga mecânica sobre os músculos, decorrente do aumento do número de repetições e séries de cada exercício, assim como também pela redução da resistência das molas que determinou um aumento do recrutamento desses músculos. Esse maior recrutamento foi responsável por um aumento do número de sarcômeros em paralelo para aumentar a necessidade de maior produção de força desses músculos na manutenção do equilíbrio do tronco (CROMMERT; EKBLÖM; THORSTENSSON, 2011).

O treinamento de força aumenta o comprimento das fibras musculares e o ângulo de penação, os quais estão diretamente ligados a capacidade de produção de força e conseqüentemente ao aumento da espessura muscular sendo que, em indivíduos treinados há um aumento da espessura muscular e, uma maior capacidade na produção de força com o treinamento (LIEBER; FRIDÉN 2000; McMEEKEN et al., 2004). Já em indivíduos inativos o diâmetro das fibras musculares diminui, devido à imobilidade, afetando a massa muscular e interferindo na produção de força (DROLET et al., 1999). Assim, quanto mais tempo sem ativar a musculatura em desuso, maior a atrofia do sistema musculoesquelético, levando a um maior impacto na qualidade de vida do indivíduo.

No GC os indivíduos foram orientados a manter suas rotinas usuais de atividades o que provavelmente explica a manutenção da espessura ou ainda um leve decréscimo dessa variável na musculatura de alguns pacientes. Segundo Evetovich et al. (2001) a funcionalidade músculo esquelética é imposta pela carga mecânica, pela atividade proprioceptiva, pela inervação motora e pela realização de ciclos de estiramento e encurtamento. Quando um desses elementos é comprometido, desencadeia-se atrofia rapidamente diminuindo a massa muscular. Sabe-se que a atrofia provoca a perda de força, mas pode ser revertida através do

aumento de cargas mecânicas para a musculatura em desuso (DESCHENES et al., 2002).

Acredita-se que o diferencial dos exercícios realizados nesse estudo foi o sistema de pendulação, por meio de molas e inclinação do tronco na posição sentado e em pé, no qual a alteração da postura deslocava do centro de gravidade do paciente exigindo que a musculatura se mantivesse ativada para conservar uma posição estável e equilibrada. A redução da resistência mecânica das molas com aumento do desequilíbrio provavelmente foi responsável também aumentar o comprimento do tecido muscular e proporcionaram ganho da amplitude de movimento por meio de mudanças nas propriedades mecânicas do músculo. É importante ressaltar que o sujeito era posicionado a uma distância em que a mola ficasse no seu comprimento inicial para garantir que o torque do peso do segmento não fosse maior que o torque da força da mola no exercício, pois poderia haver compensações dos membros, não promovendo a força nos músculos desejados (JACOBS et al., 2011).

Estudos mostram que ações excêntricas provocam maior trofismo na musculatura do que as contrações isométricas e concêntricas, promovendo um aumento da força muscular e da hipertrofia (EVETOVICH et al., 2001) e a inclusão da ação excêntrica ao treinamento maximiza as respostas adaptativas quando associadas à contrações concêntricas (FANG et al., 2004).

A necessidade de reequilibrar o corpo durante os exercícios do treinamento determinou uma irradiação de força em todas as direções, ou seja, foram recrutadas todas as musculaturas envolvidas com a manutenção de uma postura ereta do tronco (PEREZ; FIELD-FOTE, 2003). Essa irradiação de força promove uma melhora da condução nervosa periférica, decorrente das adaptações neurais provenientes do aumento do desempenho muscular em função da crescente sobrecarga causada pelo aumento do desequilíbrio. Em busca do equilíbrio e controle do tronco para a realização das sequências propostas, ocorre excitação nos centros motores e ativação de neurônios nos trajetos do SNC, onde interneurônios se comunicam levando a informação ao cérebro (TALU; SWAMY; BERVEN, 2005). Em decorrência disso, há uma melhora na aptidão e no ganho de força, pois ao levar o corpo para anterior, posterior e manter-se em ortostase, se estimula a ação da estabilidade e controle central.

Nos resultados desse estudo foi observada uma maior ativação do TA a qual pode ser explicada pela função estabilizadora do músculo, uma vez que ele se mantém ativo durante todos os movimentos do tronco. O fato de possuir fibras que correm horizontalmente em torno do abdômen aumenta o seu recrutamento em atividades envolvendo a estabilidade do tronco (McMEEKEN et al., 2004; CROMMERT; EKBLUM; THORSTENSSON, 2011).

Entretanto, o músculo multífido teve um menor aumento percentual em relação aos outros músculos OE, OI, TA e RA e, uma hipótese para este fato é por gerar uma grande tensão nas fibras, não sustentando por muito tempo as diversas contrações propostas durante os exercícios. Há evidências mostrando que a musculatura profunda, em especial, o multífido é afetado pela instabilidade segmentar gerando uma disfunção local (STEVENS et al., 2007). Isso leva a uma substituição compensatória dos músculos globais, pois o sistema neural tenta manter uma estabilidade do corpo por mais tempo através desses músculos, explicando então uma menor ativação do músculo multífido.

O Método de reabilitação proposto neste trabalho foi pensado para estimular não apenas os membros superiores, mas também a região inferior do tronco e os membros inferiores comprometidos pela lesão medular. Propomos com isso, uma mudança de paradigma onde a reativação ascende à adaptação e a reativação passa a ser o foco do programa de reabilitação ao invés da adaptação.

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que o treinamento proposto foi eficaz no ganho de ativação eletromiográfica e torque dos músculos flexores e extensores de tronco, aumento na espessura dos músculos estudados e melhora na funcionalidade de indivíduos paraplégicos com LM torácica. Paralelamente aos achados quantitativos, os relatos individuais em relação à melhora de suas AVDs da maior parte dos indivíduos do GI podem aumentar as expectativas dos lesados medulares, tanto em termos de recuperação da funcionalidade, quanto em termos de reativação da musculatura do tronco nos períodos pós-lesão.

Limitações observadas neste estudo foram as pertinentes aos ensaios clínicos controlados e randomizados relacionados a seres humanos. O entendimento do que estava sendo proposto, a permanência no estudo e adesão foram permanentemente

monitorados para que não houvessem perdas durante a fase de intervenção. O número da amostra também poderia ser aumentado, mas o fato de termos como critério de inclusão até três anos de lesão fez com que muitos indivíduos fossem excluídos da pesquisa.

Pretende-se futuramente, por meio de outros ensaios clínicos randomizados estudar a relação dessas reativações musculares junto ao encéfalo por meio de estudos de imagem apropriados.

## 10 CONCLUSÃO

Dezesseis sessões de exercícios com suspensão e pendulação corporal com o Método Chordata mostraram melhora na ativação do músculo reto do abdomen, na estrutura muscular, na força e na capacidade de deslocar o tronco à frente de indivíduos com lesão medular torácica. Esses resultados apontam para evidências em uma nova e efetiva reabilitação por meio de um Método que melhora a funcionalidade desses indivíduos.

## REFÊRENCIAS

- ADLER, S. S.; BECKERS, D.; BUCK, M. **PNF: facilitação neuromuscular proprioceptiva, um guia ilustrado**. São Paulo: Manole, 1999.
- AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION (ASIA). **Reference manual of the international standards for neurological classification of spinal cord injury**. Chicago, IL: American Spinal Injury Association, 2003.
- ANDRADE, M. J.; GONÇALVES, S. Lesão medular traumática, recuperação neurológica e funcional. **Acta Médica Portuguesa**, Lisboa, v. 20, p. 401-406, 2007.
- ARAB, A. M.; CHEHREHRAZI, M. Ultrasound measurement of abdominal muscles activity during abdominal hollowing and bracing in women with and without stress urinary incontinence. **Manual Therapy**, Edinburgh, v.16, n. 6, p. 596-601, 2011.
- BAPTISTA, R. R.; VAZ, M. A. Arquitetura muscular e envelhecimento: adaptação funcional e aspectos clínicos. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 16, n.4, p. 368-373, 2009.
- BARNERS, M. R.; CRUTCHFIELD, C. A. Reflex and vestibular aspects of motor control, motor development and motor learning. In: UMPHRED, D. A. **Reabilitação neurológica**. 4. ed. São Paulo. Manole, 2004.
- BASMAJIAN, J. V.; DE LUCA, C. **Muscles alive: their functions revealed by eletromyography**. Baltimore: William & Wilkins, 1985.
- BERCHTOLD, N. C. et al. Estrogen and exercise interact to regulate brain-derived neurotrophic factor mRNA and protein expression in the hippocampus. **European Journal of Neuroscience**, Oxford, GB, v. 14, n. 12, p. 1992-2002, 2001.
- BLANES L.; CARMAGNANI, M. I. S.; FERREIRA, L. M. Quality of life and self-esteem of persons with paraplegia living in São Paulo, Brazil. **Quality of Life Research**, Oxford, v. 18, n. 1, p. 15-21, 2009.
- BRITO, C. O. **Eficácia de exercícios pendulares no equilíbrio e na mobilidade de idosos sedentários atendidos em um ambulatório geriátrico**. 2011. Dissertação (Mestrado em Gerontologia Biomédica) – Instituto de Geriatria e Gerontologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CARLSON, G. D.; GORDEN, C. Current developments in spinal cord injury research. **Spine Journal**, New York, v. 2, n. 2, p. 116-128, 2002.

CONCEIÇÃO, M. I. G. **Biofeedback eletromiográfico na reabilitação de portadores de lesão medular**. 2000. Tese (Doutorado em Psicologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

CORREIA, P. P.; SANTOS P. M. H.; VELOSO, A. **Eletromiografia: fundamentação fisiológica; métodos de recolha e processamento; aplicações cinesiológicas**. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana - Universidade de Lisboa, 1994.

CROMMERT, M. E.; EKBLÖM M. M.; THORSTENSSON, A. et al. Activation of transversus abdominis varies with postural demand in standing. **Gait Posture**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 473-477, 2011.

DESCHENES, M. R. et al. Neural factors account for strength decrements observed after short-term unloading. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, US, v. 282, n. 2, p. R578-583, 2002.

DROLET, M. et al. Muscle strength changes as measured by dynamometry following functional rehabilitation in individuals with spinal cord injury. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, US, v. 80, n. 7, p. 791-800, 1999.

ESPOSITO, F. et al. Surface EMG and mechanomyogram disclose isokinetic training effects on quadriceps muscle in elderly people. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, DE, v. 94, n. 5-6, p. 549-557, 2005.

EVETOVICH, T. K. et al. The effect of concentric isokinetic strength training of the quadriceps femoris on electromyography and muscle strength in the trained and untrained limb. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, US, v. 15, n. 4, p. 439-445, 2001.

FABEL, K. et al. VEGF is necessary for exercise –induced adult hippocampal neurogenesis. **European Journal of Neuroscience**, Oxford, GB, v. 18, n. 10, p. 2803-2812, 2003.

FANG, Y. et al. Distinct brain activation patterns for human maximal voluntary eccentric and concentric muscle actions. **Brain Research**, Amsterdam, NL, v. 1023, n. 2, p. 200-212; 2004.

FARIA, C. D. V. et al. Utilização do suporte do peso corporal em solo no treino de marcha do lesado medular. **Acta Fisiátrica**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 21-25, 2005.

FARIA, F. Spinal cord lesion: the rehabilitation perspective. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, Lisboa, PT, v. 12, n. 1, p. 45-53, 2006.

FARMER, J. et al. Effects of voluntary exercise on synaptic plasticity and gene expression in dentate gyrus of adult male Sprague-Dawley rats in vivo. **Neuroscience**, Oxford, GB, v. 124, n. 1, p. 71-79, 2004.

FERREIRA, M. R.; BOTOMÉ, S. P. **Deficiência física e inserção social: a formação dos recursos humanos**. Caxias do Sul: Ed. Fundação Universidade de Caxias do Sul, 1984.

FLECK, S. T.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FOX, R. A.; DAUNTON, N. G.; CORCORAN, M. L. Study of adaptation to altered gravity through systems analysis of motor control. **Advances in Space Research**, Oxford, GB, v. 22, n. 2, p. 245-253, 1998.

FRAÇÃO, V. B. **Influência da adaptação funcional nas relações torque-ângulo e torque-velocidade**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FRANCIULLI, S. E. et al. A modalidade de assistência Centro-Dia Geriátrico: efeitos funcionais em seis meses de acompanhamento multiprofissional. **Ciência da Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, mar./abr. 2007.

FRISON, V. B.; OLIVEIRA, C. B.; GRIGOL, M. Exercícios com suspensão e pendulação corporal na reabilitação do lesado medular. **Fisioterapia & Pesquisa**, São Paulo, v. 16 (supl), out./dez. 2009. Trabalho apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Fisioterapia; 2009, Rio de Janeiro.

GAGNON, D. et al. Trunk and upper kinematics during sitting pivot transfers performed by individuals with spinal cord injury. **Clinical Biomechanics**, Bristol, Avon, v. 23, n. 3, p. 279-290; 2008.

IZZO, R. et al. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. **European Journal of Radiology**, Stuttgart, v. 82, n. 1, p. 118-126, 2013.

JACOBS, J. V. et al. A history of low back pain associates with altered electromyographic activation patterns in response to perturbations of standing balance. **Journal of Neurophysiology**, Bethesda, US, v. 106, n. 5, p. 2506-2514, 2011.

JACOBS, P. L.; NASH, M. S. Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. **Sports Medicine**, Auckland, NZ, v. 34, n. 11, p. 727-751, 2004.



JONES, M. G.; BERTHOZ, A.; SEGAL, B. Adaptative modification of the vestibulo-ocular reflex by mental effort in darkness. **Experimental Brain Research**, Berlin, DE, v. 56, p. 149-153, 1984.

KAWAKAMI, Y. et al. Changes in muscle size and architecture following 20 days of bed rest. **Journal of Gravitational Physiology**, El Cerrito, CA, v. 7, n. 3, p. 53-59, Dec. 2000.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; FUKUNAGA, T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 74, n. 6, p. 2740-2744, 1993.

KUBO, K. et al. Muscle architectural characteristics in women aged 20-79 years. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, US, v. 35, n. 1, p. 39-44, 2003a.

KUBO, K. et al. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, DE, v. 24, n. 2, p. 125-130, 2003b.

KUMAR, S.; NARAYAN, Y. Torque and EMG in rotation extension of the torso from pre-rotated and flexed postures. **Clinical Biomechanics**, Bristol, Avon, v. 21, n.9, p. 920-931, 2006.

KUO, Y. L.; TULLY, E. A.; GALEA, M. P. Sagittal spinal posture after Pilates-based exercise in healthy older adults. **Spine**, Philadelphia, v. 34, n. 10, p. 1046-1051, 2009.

LEAL-FILHO, M. B. et al. Spinal Cord Injury: Epidemiological study of 386 cases with emphasis on those patients admitted more than four hours after the trauma. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, São Paulo, v. 66, n. 2-B, p. 365-368, 2008.

LEITE, J. V. et al. Influência do ortostatismo no controle de tronco e na espasticidade de pacientes paraplégicos. **Intellectus: Revista Acadêmica Digital do Grupo Polis Educacional**, Jaguariúna, SP, ano 04, n. 5, p. 363-370, jul./dez. 2008.

LIEBER, R. L. **Skeletal muscle structure, function and plasticity: The physiological Basis of Rehabilitation**. Baltimore: Williams & Wilkins, 2002.

LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. **Muscle Nerve**, Boston, US, v. 23, n.11, p. 1647-1666, 2000.

LIEPERT, J.; TEGENTHOFF, J.; MALIN, J. P. Changes of cortical motor area size during immobilization. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, Limerick, v. 97, n. 6, p. 382-386, 1995.

LÜNEBURG, U.; FLOHR, H. Effects of melanocortins on vestibular compensation. **Progress in Brain Research**, Amsterdam, v. 76, p. 421-429, 1988.

MALLERY, L. H. et al. The feasibility of performing resistance exercise with acutely ill hospitalized older adults. **BMC Geriatrics**, London, GB, p. 1471-2318, Oct. 2003.

MANSFIELD, A. et al. A perturbation-based balance training program for older adults: study protocol for a randomised controlled trial. **BMC Geriatrics**, London, GB, v. 7; p. 12, 2007.

MARIANO, A. J. Chronic pain and spinal Cord injury. **Clinical Journal of Pain**, Philadelphia, v. 8, n. 2, p. 87-92, 1992.

McMEEKEN, J. M. et al. The relationship between EMG and Changes in Thickness of transversus abdominis. **Clinical Biomechanics**, Bristol, Avon, v. 19, n. 4, p. 337-342, 2004.

MEDOLA, F. O. et al. Avaliação do alcance funcional de indivíduos com lesão medular espinhal usuários de cadeira de rodas. **Revista Movimenta**, Goiânia, v. 2, n.1, p. 12-16, 2009.

MICHAELSEN, S. M. et al. Effect of trunk restraint on the recovery of reaching movements in hemiparetic patients. **Stroke**, Dallas, US, v. 32, n. 8, p. 1875-1883, 2001.

MURTA, S. G.; GUIMARÃES, S. S. Enfrentamento à lesão medular traumática. **Estudos de Psicologia**, Natal, RN, v. 12, n. 1, p. 57-63, 2007.

MYRTICE, B. et al. Lesão medular traumática. In: UMPHRED, D. A. (Ed.). **Reabilitação neurológica**. 4. ed. Barueri, SP: Manole, 2004.

NARICI, M. V. et al. Effect of aging on human muscle architecture. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 95, n. 6, p. 2229-2234, 2003.

NARICI, M. V. et al. In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction. **Journal of Physiology**, London, v. 496, (pt. 1), p. 287-297, 1996.

NARICI, M. V. Human skeletal muscle architecture studied in vivo by non-invasive imaging techniques: functional significance and applications. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, US, v. 9, n. 2, p. 97-103, 1999.

NARICI, M. V; CERRETELLI, P. Changes in human muscle architecture in disuse-atrophy evaluated by ultrasound imaging. **Journal of Gravitational Physiology**, El Cerrito, CA, v. 5, n. 1, p. 73- 74, 1998.

NORASTEHL, A. et al. Reliability of B-mode ultrasonography for abdominal muscles in asymptomatic and patients with acute low back pain. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, New York, US, v. 11, n. 1, p. 17-20, 2007.

O'SULLIVAN, S. B.; SCHIMITZ, T. J. **Fisioterapia: avaliação e tratamento**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1993.

ORR, R. et al. Power Training Improves Balance in Healthy Older Adults. **Journal of Gerontology**, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, Washington, US, v. 61A, n. 1, p. 78-85, 2006.

PEREZ, M. A.; FIELD-FOTE, E. C. Impaired posture-dependent modulation of disynaptic reciprocal Ia inhibition in individuals with incomplete spinal cord injury. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, NL, v. 341, n. 3, p. 225-228, 2003.

PLOUGHMAN, M. et al. Exercise intensity influences the temporal profile of growth factors involved in neuronal plasticity following focal ischemia. **Brain Research**, Amsterdam, NL, n. 1150, p. 207-216, 2007.

PROTAS, E. J. et al. Supported treadmill ambulation training after spinal cord injury: a pilot study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, US, v. 82, n. 6, p. 825-831, 2001.

REEVES, N. D.; MAGANARIS, C. N.; NARICI, M. V. Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. **Journal of Physiology**, London, v. 548, pt. 3, p. 971-981, 2003.

REEVES, N. D.; NARICI, M. V.; MAGANARIS, C. N. In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. **Experimental Physiology**, Cambridge, GB, v. 89, n. 6, p. 675-89, 2004.

SARAIVA, R. A. et al. As bases fisiopatológicas para anestesia no paciente com lesão medular. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 6, p. 387-398, 1995.

SEKHON, L. H.; FEHLINGS, M.G. Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury. **Spine**, Philadelphia, US, v. 26, suppl. 24, p. S2-12, 2001.

SENIAM. Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles. [2011]. Disponível em: <<http://www.seniam.org/>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

SEYNNES, O. R.; DE BOER, M.; NARICI, M. V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 102, n. 1, p. 368-373, 2007.

SHERRINGTON, C.; LORD, S. R. Reliability of simple portable tests of physical performance in older people after hip fracture. **Clinical Rehabilitation**, London, GB, v. 19, n. 5, p. 496-504, 2005.

STEVENS, V. K. et al. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. **Manual Therapy**, Edinburgh, v. 12, n. 3, p. 271-279; 2007.

SUN, Y. et al. VEGF-induced neuroprotection, neurogenesis, and angiogenesis after focal cerebral ischemia. **Journal of Clinical Investigation**, New York, US, v. 111, n. 12, p. 1843-1851, 2003.

TALU, U.; SWAMY, G.; BERVEN, S. Spine cord injury: an update. **Seminars in Spine Surgery**, Philadelphia, US, v. 17, p. 73-83, 2005.

THRELKELD, A. J. et al. Temporospatial and kinematic gait alterations during treadmill walking with body weight suspension. **Gait and Posture**, Oxford, GB, v. 17, n. 3, p. 235-245, 2002.

UMPHRED, D. A. **Reabilitação neurológica**. 4. ed. São Paulo. Manole: 2004.

UNSWORTH, C. Estratégias para melhorar o controle motor e a aprendizagem motora. In: O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. (Ed.). **Fisioterapia: avaliação e tratamento**. Barueri, SP: Manole, 2004.

VAN, K.; HIDES, J. A.; RICHARDSON, C. A. The use of real-time ultrasound imaging for biofeedback of lumbar multifidus muscle contraction in healthy subjects. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Washington, DC, v. 36, n. 12, p. 920-925, 2006.

WARD, S. R. et al. Passive mechanical properties of the lumbar multifidus muscle support its role as a stabilizer. **Journal of Biomechanics**, Elmsford, US, v. 42, n.10, p. 1384-1389, 2009.

WINCHESTER, P. et al. Changes in supraspinal activation patterns following robotic locomotor therapy in motor incomplete spinal cord injury. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 19, n. 4, p. 313-324, 2005.

YANG Y. S, et al. Surface electromyography activity of trunk muscles during wheelchair propulsion. **Clinical Biomechanics**, Bristol, Avon, v. 21, n. 10, p. 1032-1041. 2006.

YASUHARA, T. et al. Lack of exercise, via hindlimb suspension, impedes endogenous neurogenesis. **Neuroscience**, Oxford, GB, v. 149, n. 1, p. 182-191, 2007.

## ANEXO A - ARTIGO 1: ESTUDO DO PERFIL DO TRAUMA RAQUIMEDULAR EM PORTO ALEGRE

# Estudo do perfil do trauma raquimedular em Porto Alegre

*The profile of spinal injuries in Porto Alegre*

*Estudio del perfil de trauma raquimedular en Puerto Alegre*

Verônica Baptista Frison<sup>1</sup>, Glaciéle de Oliveira Teixeira<sup>2</sup>, Thais Fonseca de Oliveira<sup>2</sup>, Thais de Lima Resende<sup>3</sup>, Carlos Alexandre Netto<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Doutor pelo Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Departamento de Bioquímica da UFRGS – Porto Alegre (RS), Brasil.

**Resumo** | Este estudo de coorte retrospectivo foi desenvolvido com o objetivo de traçar o perfil da população que sofreu trauma raquimedular (TRM) e foi internada em hospitais de pronto atendimento de Porto Alegre/RS. O perfil da população que sofreu TRM de janeiro de 2005 a janeiro de 2010 foi investigado retrospectivamente a partir da coleta de dados em

for the management of these injuries and their repercussions and to prevent this kind of event in the risk population.

**Keywords** | spinal injuries; spinal cord compression; spinal cord injuries;

Estudo desenvolvido pelo curso de Fisioterapia da Faculdade de Enfermagem, Nutrição e Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) – Porto Alegre (RS), Brasil.

<sup>1</sup>Mestre pelo Programa de pós-graduação em Neurociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Professora Assistente da Faculdade de Enfermagem, Nutrição e Fisioterapia da PUCRS – Porto Alegre (RS), Brasil.

<sup>2</sup>Fisioterapeuta – Porto Alegre (RS), Brasil.

<sup>3</sup>Doutora em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-graduação da Faculdade de Medicina da PUCRS; Professora da Faculdade de Enfermagem, Nutrição e Fisioterapia da PUCRS – Porto Alegre (RS), Brasil.

registros médicos. Foram analisados 1320 prontuários, dos quais 63,3% eram do sexo masculino, com média de idade de 47,02±19,60 anos. Os mecanismos de TRM que prevaleceram foram queda de altura (27,2%), acidente de trânsito (25,8%) e queda da própria altura (13,2%), e os níveis da coluna vertebral mais acometidos foram lombar (35,6%), torácico (21,9%) e cervical (20,5%). Da amostra total, 10,7% dos indivíduos que sofreram TRM apresentaram lesão medular (LM), com maior prevalência da lesão incompleta (63,3%). O TRM em Porto Alegre acomete principalmente homens na meia-idade, que tiveram na queda de altura a etiologia mais frequente e no nível lombar o mais acometido. A LM ocorreu mais em indivíduos jovens, sendo o nível cervical o mais lesado. Esses achados são importantes para orientar a alocação eficiente de recursos para o manejo desses agravos e suas repercussões e para prevenir a sua ocorrência nas populações em risco.

**Descritores** | traumatismos da coluna vertebral; compressão da medula espinal; traumatismos da medula espinal; epidemiologia.

**Abstract** | This transversal study aimed at determining the profile of the population who suffered spinal injury (SI) and was admitted to emergency hospitals in Porto Alegre/RS. The profile of the population who had SI between January 2005 and January 2010 was retrospectively investigated through data collected from medical records. A total of 1320 records were analyzed, of which 63.3% were male, with a mean age of 47.02±19.6 years. The most prevalent SCI mechanisms were falls from a height (27.2%), traffic accidents (25.8%) and falls from own height (13.2%) and the spinal levels that are usually affected were lumbar (35, 6%), thoracic (21.9%) and cervical (20.5%). Only 142 (10.7%) individuals who had a SI had spinal cord injury (SCI), with a higher prevalence of incomplete lesion (63.3%). In Porto Alegre SI affects mainly middle aged men, who fell from a height and had the lumbar level as the most affected. The SCI affects younger individuals at the cervical level. These findings are important to guide the efficient allocation of resources

epidemiology.

**Resumen** | Este estudio transversal fue desarrollado con el objetivo de trazar el perfil de la población que sufrió trauma raquimedular (TRM) y fue internado en hospitales de emergencia de Puerto Alegre/RS. El perfil de la población

que sufrió TRM de enero de 2005 a enero de 2010 fue investigado retrospectivamente a partir de la recopilación de datos en registros médicos. Fueron analizadas 1320 fichas clínicas, de las cuales 63,3% eran de sexo masculino, con promedio de edad de 47,02±19,6 años. Los mecanismos de TRM que prevalecieron fueron caída de gran altura (27,2%), accidente de tránsito (25,8%) y caída desde la propia altura del sujeto (13,2%) y los niveles de la columna vertebral más lesionados fueron lumbar (35,6%), torácico (21,9%) y cervical (20,5%). De la muestra total, 142 (10,7%) de los individuos que sufrieron TRM presentaron lesión medular (LM), con mayor prevalencia de lesión incompleta (63,3%). El TRM en Puerto Alegre ocurre principalmente en hombres en edad media, que tuvieron una caída de gran altura, la cual constituye la etiología más frecuente y el nivel lumbar es el más lesionado. Estos hallazgos son importantes para orientar la asignación eficiente de los recursos para el manejo de estas lesiones y sus consecuencias para prevenir su incidencia en la población en riesgo.

**Palabras clave** | traumatismos de la columna vertebral; compresión de médula espinal; traumatismos de la médula espinal; epidemiología.

## INTRODUÇÃO

O trauma raquimedular (TRM) é descrito como a lesão de qualquer componente da coluna

vertebral, seja ela óssea, ligamentar, medular, discal, vascular ou radicular<sup>1</sup>. Já a lesão medular (LM) é definida pela *American Spinal Injury Association (ASIA)* como a diminuição ou perda da função motora e/ou sensorial e/ou anatômica abaixo do nível da lesão, podendo ser uma lesão completa ou incompleta, devido ao comprometimento dos elementos neuronais dentro do canal vertebral<sup>2</sup>.

A LM caracteriza-se por uma das mais graves síndromes neurológicas incapacitantes, implicando em alterações da sensibilidade, da motricidade e distúrbios do sistema autonômico nos segmentos do corpo que se localizam abaixo da lesão<sup>3,4</sup>. Apesar da sua incidência mundial estimada não ser tão grande (15 a 40 casos por milhão), o seu custo social e econômico é desproporcionalmente alto<sup>5</sup>, afetando negativamente a qualidade de vida e a autoestima daqueles por ela acometidos<sup>6</sup>.

Conforme relatado na literatura, no Canadá foram gastos 61,6 milhões de dólares em um ano somente com os custos hospitalares do TRM<sup>7</sup>, enquanto nos Estados Unidos estima-se que o custo com o tratamento é de 9,7 bilhões de dólares por ano<sup>8</sup>. Tomando o ano 2007 como base, na Espanha foi estimado que o custo do TRM para a sociedade ficou entre 131 e 302 milhões de dólares americanos, dependendo do mecanismo de lesão<sup>9</sup>. Fica claro, a partir dos dados desses países onde existem registros nacionais que permitem que o impacto do TRM na saúde pública possa ser melhor avaliado, que essa condição, apesar de pouco prevalente, tem grande peso nos gastos públicos com saúde. Apesar de não haver números tão claramente definidos no Brasil, é estimado que cerca de R\$ 9 bilhões são destinados ao atendimento ao trauma anualmente, o que corresponde a quase um terço de todo o investimento em saúde pública no País<sup>10</sup>.

No Brasil, foram realizados estudos traçando o perfil epidemiológico do TRM considerando todos os tipos de mecanismo de trauma em São Luís/MA<sup>11</sup> e em São Paulo/SP<sup>1</sup>. Em ambos os estudos, houve predomínio de

ou quedas, cuja proporção foi significativamente maior do que a dos acidentes automobilísticos e com maior acometimento torácico ou toracolombar. Um estudo nacional<sup>12</sup> confirma o predomínio de homens jovens em idade produtiva, mas a distribuição dos mecanismos de trauma segue uma ordem diferente, na qual os acidentes de trânsito aparecem com o maior número de casos, seguidos de quedas e ferimentos por arma de fogo. Além disso, ficam claras, também, as diferenças regionais, como pode ser visto na comparação entre a Região Sul, que registrou o maior número de casos por mergulho no país e o segundo maior de acidentes de trânsito, enquanto à mesma época a Região Norte apresentou apenas um registro de TRM por acidente de trânsito e um por mergulho<sup>12</sup>. Adicionalmente, há que se considerar que as diferenças acontecem, também, a nível local, conforme pode ser visto em estudo desenvolvido no Rio de Janeiro, no qual foram estudadas as internações por TRM nas emergências dos hospitais públicos municipais e estaduais do município, no período de 1996 a 2011<sup>13</sup>. Os autores compararam vários indicadores e concluíram que havia diferença entre as duas redes locais, onde a estadual apresentou valores maiores em termos de gasto com internações e o número delas, além de uma média de permanência maior, porém uma taxa de mortalidade significativamente menor que a municipal.

Deste modo, considerando que as diferenças no perfil do TRM podem inclusive ser locais, o uso de dados epidemiológicos no planejamento das ações em saúde é de fundamental importância para o direcionamento das estratégias de promoção da saúde, podendo refletir na prevenção das principais causas etiológicas e na qualidade de vida da população<sup>14,15</sup>. O estudo epidemiológico, através de seus resultados, também proporciona a possibilidade de se delinear um tratamento mais efetivo e adequado para a população estudada. Dessa forma, dados epidemiológicos sobre o trauma raquimedular têm sido utilizados por profissionais da área da saúde e de outras áreas para melhorar a qualidade de vida das pessoas com lesão e para

---

homens jovens que sofreram quedas de alturas

auxiliar na prevenção da lesão nas populações mais em risco<sup>16</sup>. Não obstante, é necessário basear a gestão e o planejamento das ações em saúde em informações mais precisas; assim sendo, é necessário reavaliar a epidemiologia do trauma raquimedular em intervalos regulares, bem como os dados devem ser relativos a populações determinadas, dadas as características específicas de cada povo<sup>15,17</sup>, região<sup>12</sup> ou localidade<sup>13</sup>.

Até o presente momento não foi encontrado na literatura estudo que descreva o perfil epidemiológico de indivíduos que sofreram TRM na cidade de Porto Alegre/RS. Portanto, através do presente estudo objetivou-se determinar o perfil dos indivíduos que sofreram trauma raquimedular no município de Porto Alegre e cidades adjacentes entre os anos de 2005 e 2010, tendo em vista a necessidade de intervir de forma preventiva com programas e políticas públicas de saúde que busquem efetivamente reduzir a lesão medular nesta comunidade, bem como planejar o cuidado daqueles que se lesionarem.

## METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como transversal e retrospectivo e foi realizado no Serviço de Arquivo Médico (SAME) do Hospital Cristo Redentor (HCR) e do Hospital de Pronto Socorro (HPS), ambos na cidade de Porto Alegre/RS. A escolha desses hospitais deve-se ao fato de que os pacientes que sofrem trauma raquimedular no município de Porto Alegre e da grande Porto Alegre são sempre encaminhados a um desses dois locais, os quais são referência para este tipo de lesão.

A coleta de dados ocorreu no período de maio a agosto de 2010. Foram incluídos no presente estudo os dados de prontuários de pacientes que sofreram TRM no período de janeiro de 2005 a janeiro de 2010, nos quais constasse o correspondente certificado do Código Internacional de Doença (CID). Todos os prontuários foram conferidos a partir da internação por TRM até a alta hospitalar. Assim, foram excluídos os prontuários dos pacientes que, entre a internação e o momento

da sua alta, foi constatado que não eram casos de TRM, também através do registro do CID.

As seguintes variáveis foram coletadas: sexo, idade, mecanismo do trauma, nível do trauma, nível medular da lesão (quando houvesse) e tipo de lesão medular, sendo essa última dividida em completa e incompleta.

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul com o número 10/04968, pelo Comitê de Ética em pesquisa do Grupo Hospitalar Conceição sob o número de projeto 10-010 e pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Secretaria Municipal da Saúde de Porto Alegre com o número do processo 001.004651.10.3 e registro no CEP número 458. De acordo com a resolução 196/96 IX.2. “e” (CONEP- Ministério da Saúde), os dados serão guardados durante cinco anos e após serão destruídos.

A análise dos dados teve como abordagem inicial a estatística descritiva com a distribuição de frequências simples e relativa, bem como as medidas de posição (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão e amplitude). A normalidade dos dados foi investigada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para comparação das variáveis quantitativas, foi utilizado o Teste *t* Student. Para a comparação de proporções de uma mesma variável foi utilizado o teste  $\chi^2$ , levando em consideração a distribuição teórica de homogeneidade entre as categorias comparadas. Os dados receberam tratamento estatístico através do software *SPSS 17.0 (Statistical Package to Social Sciences for Windows)* onde, para critérios de decisão, foi adotado o nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%.

## RESULTADOS

Foram analisados 1320 prontuários; os dados relativos à distribuição absoluta e relativa para sexo, idade e faixa etária são apresentados na Tabela 1, também divididos por instituição hospitalar. Do total de prontuários analisados, 394 (29,8%) não apresentavam descrição do mecanismo de trauma sofrido e 281 não apresentavam a descrição do nível do trauma



(Tabela 2). Assim sendo, todas as análises relativas ao mecanismo de trauma sofrido e ao nível do trauma foram realizadas com amostra total de 926 e 1039 prontuários, respectivamente.

Do total de prontuários analisados (Tabela 1), 63,3% eram de indivíduos do sexo masculino, com média de idade de  $47,02 \pm 19,60$  anos. Em termos da distribuição da amostra por faixa etária, não foi detectada diferença estatística significativa entre as duas instituições pesquisadas. Crianças e adolescentes foram o grupo com menor prevalência (6,8%), seguido dos idosos ( $\geq 60$  anos; 28,1%) e os adultos foram o grupo de maior prevalência (65,1%).

Os dados referentes à distribuição absoluta e relativa do mecanismo do trauma e nível da lesão, segundo a ocorrência ou não de lesão para o total de pacientes, bem como de ambos os hospitais, são apresentados na Tabela 2. Prevaleram queda de altura (27,2%), acidente de trânsito (25,8%) e queda da própria altura (13,2%) como principais mecanismos do trauma. Os níveis da coluna vertebral mais acometidos por trauma foram: lombar (35,6%), torácica (21,9%), cervical (20,5%) e sacral (0,75%). Apenas 142 (10,7%) dos indivíduos que sofreram TRM apresentaram lesão medular (LM), com maior prevalência da lesão incompleta (63,3%;  $\chi^2_{\text{calc}} = 27,586$ ;  $p < 0,001$ ). O sexo masculino foi o mais afetado (81,9%) e a média de idade foi de  $39,6 \pm 17,9$  anos. O nível cervical foi o mais lesado (42,2%), seguido de torácico (37,3%) e lombar (20,4%), sendo o ferimento por arma de fogo (FAF) o principal mecanismo de lesão (75,5%).

## DISCUSSÃO

O presente estudo mostra que o trauma raquimedular acomete mais indivíduos do sexo masculino (63,3%). Este dado está de acordo com vários estudos realizados nos últimos anos onde, entre as diferentes populações investigadas, sempre ocorre o predomínio do sexo masculino<sup>1,11,18-22</sup>. A média de idade deste estudo foi de 47,02 anos, semelhante aos

achados de Gonçalves et al.<sup>18</sup>, que analisaram prontuários de pacientes internados em um hospital da grande São Paulo de 2003 a 2006 e também de Jiménez-Ávila, et al.<sup>23</sup>, cujo estudo realizado no México constatou que a população com TRM é predominantemente masculina, com média de idade de  $48,9 \pm 16,8$  anos. Contudo, nos estudos de Brito et al.<sup>11</sup> ( $33,96 \pm 13,56$  anos), assim como Vasconcelos e Riberto<sup>24</sup> ( $38 \pm 17$  anos), ambos feitos no Brasil, a média de idade foi bem menor do que a da nossa amostra e a de Gonçalves et al.<sup>18</sup>. Ambos os estudos divergem não só dos resultados do presente estudo, como também de revisões recentes, as quais apontam para o aumento da idade na qual ocorre o TRM, parcialmente explicada pelo envelhecimento da população nos países desenvolvidos<sup>15,17,25</sup> e pela etiologia do trauma, que muda da violência em regiões em desenvolvimento, como África, Oriente Médio e América Latina, para as quedas no solo no Japão e Europa Ocidental, regiões desenvolvidas<sup>25</sup>.

Tabela 1. Distribuição absoluta e relativa para sexo e idade nos dois hospitais pesquisados

Variáveis	Total	Hospital		Valor p
		HPs	HCR	
<b>Sexo*</b>				
Feminino	354 (37,8)	354 (37,8)	130 (33,9)	0,206 <sup>§</sup>
Masculino	582 (62,2)	582 (62,2)	253 (66,1)	
<b>Idade (anos)</b>				
Média $\pm$ DP	$47,8 \pm 20,0$	$47,8 \pm 20,0$	$44,8 \pm 18,6$	0,009 <sup>§</sup>
Mínimo-máximo	1,8-92,0	1,8-92,0	6,0-91,0	
<b>Faixa etária*</b>				
$\leq 19$ anos	90 (6,8)	56 (6,0)	34 (8,9)	
20 a 29 anos	204 (15,5)	134 (14,3)	50 (13,1)	
30 a 39 anos	203 (15,4)	126 (13,4)	57 (14,9)	
40 a 49 anos	230 (17,4)	184 (19,6)	63 (16,4)	
50 a 59 anos	223 (16,8)	138 (14,7)	90 (23,5)	>0.05 <sup>§</sup>
60 a 69 anos	171 (13,0)	120 (12,8)	41 (10,7)	
70 a 79 anos	128 (9,7)	94 (10,0)	31 (8,1)	
80 a 89 anos	63 (4,8)	78 (8,3)	16 (4,2)	
$\geq 90$ anos	8 (0,6)	7 (0,7)	1 (0,3)	

HPs: Hospital do Pronto Socorro; HCR: Hospital Cristo Redentor; \* Valores apresentados da forma n (%); <sup>§</sup> Teste Qui-quadrado de Pearson com correção de

continuidade; \*Teste t Student para grupos independentes assumindo heterogeneidade de variâncias

Tabela 2. Distribuição absoluta e relativa do mecanismo do trauma e nível da lesão medular segundo a ocorrência ou não de lesão para o total de pacientes de ambos os hospitais

Variáveis	Total (n=1320)	Lesão Medular	
		sim (n=142)	Não (n=1178)
<b>Mecanismo do Trauma</b>			
Queda de Altura	359 (27,2)	29 (8,1)	330 (91,9)
Acidente de Trânsito	340 (25,8)	35 (10,3)	305 (89,7)
Queda da Própria Altura	174 (13,2)	6 (3,4)	168 (96,6)
Arma de Fogo	53 (4,0)	40 (75,5)	13 (24,5)
Sem descrição*	394 (29,8)	–	–
<b>Nível do Trauma</b>			
Cervical	271 (20,5)	60 (42,2)	211 (57,8)
Torácica	288 (21,8)	53 (37,3)	235 (62,7)
Lombar	470 (35,6)	29 (20,4)	441 (79,6)
Sacral	10 (0,8)	–	10 (100)
Sem descrição*	281 (21,3)	–	–

\*Sem descrição: nenhuma descrição encontrada nos prontuários em relação ao mecanismo ou nível do trauma. valores apresentados na forma n (%)

Observando a idade e etiologia do TRM, parece claro que a redução da prevalência e da incidência do TRM demandará atenção às questões socioeconômicas, antropológicas e culturais<sup>13,15,16,26,27</sup>. Esta pesquisa obteve como principal mecanismo de trauma raquimedular as quedas de altura (27,2%), seguido de acidente de trânsito (25,8%) e queda da própria altura (13,2%). Koch et al.<sup>19</sup> encontraram, entre os 502 pacientes por eles avaliados, os acidentes por queda (50,4%) como principal mecanismo, seguidos por acidente de trânsito (25,5%). A semelhança entre o presente estudo e o de Koch et al.<sup>19</sup>, ambos desenvolvidos em estados do sul do Brasil, aponta para a necessidade de melhorias na segurança do trabalho e do trânsito. A necessidade de melhora na segurança no trânsito é corroborada pelos achados de Vasconcelos e Riberto<sup>24</sup> de que metade dos indivíduos com TRM entrevistados desconheciam o quão graves são as lesões da coluna vertebral. Os aspectos preventivos do TRM mais citados pelos entrevistados foram a necessidade de mais atenção, a prudência e a cautela, o uso

adequado dos equipamentos de proteção individual e o respeito às leis de trânsito<sup>24</sup>.

Assim, enquanto a etiologia dos mecanismos de trauma foi semelhante em dois estados brasileiros — o do presente estudo e o de Koch et al.<sup>19</sup> — Pirouzmand<sup>20</sup> mostra que, durante 10 anos, 66% dos 12.192 pacientes de um centro de trauma adulto no Canadá tiveram no acidente de trânsito o seu mecanismo de TRM. O autor também aponta que as quedas e a violência, segunda e terceira causas de TRM, respectivamente, apresentaram aumento durante esse mesmo período. Esses achados se assemelham ao estudo de Jackson et al.<sup>16</sup>, também realizado na América do Norte, e afirmam que os acidentes de trânsito responderam por 45,6% dos TRMs ocorridos nos Estados Unidos entre 1973 e 2003, seguidos por quedas (19,6%) e violência (17,8%). Também na Nigéria, país africano, homens (70,1%) sofreram TRM devido a acidentes de trânsito (77,4%)<sup>27</sup>.

Enquanto no presente estudo os ferimentos por arma de fogo corresponderam a apenas 4,0% das causas do trauma raquimedular, estes correspondem ao principal mecanismo que leva ao comprometimento medular (75,5%), concordando com os achados do estudo de Koch et al.<sup>19</sup> que apresenta os FAF como responsáveis por 65,91% das lesões medulares. As características socioculturais do país e/ou da região provavelmente explicam essa concordância entre os achados dos estudos em discussão, que encontram ressonância entre outras culturas: nos Estados Unidos, de 2000 a 2003 a violência foi a terceira causa mais frequente de LM (17,8%), sendo que em período anterior (1990 a 1999) ela ocupou a segunda posição<sup>16</sup>, demonstrando que essa tendência vem também de outras décadas e culturas.

Os resultados do presente estudo apontam para a coluna lombar (35,6%) como o nível mais acometido no TRM, dado em conformidade com o estudo de Pirouzmand<sup>20</sup>, que encontrou esse mesmo nível como o mais acometido (50%) em estudo que documentou a epidemiologia do trauma raquimedular e da lesão medular no maior centro de trauma adulto do Canadá em duas décadas. Uma

possível explicação para o maior acometimento ter sido na região lombar em nosso estudo talvez seja o grande percentual de quedas de altura e da própria altura, visto que estes mecanismos de trauma frequentemente levam a lesões nesta região<sup>28</sup>. As alterações que acompanham o envelhecimento podem ser tidas como facilitadores dos traumas com o avançar da idade, como a piora da propriocepção, a presença de tremores que dificultam a deambulação, a lentidão dos reflexos de defesa e as alterações teciduais características do envelhecimento, tornando assim um risco aumentado de quedas nessa faixa etária<sup>29</sup>. Isso vai ao encontro do achado de que 27,5% (n=363) da presente amostra foi composta por idosos ( $71,67 \pm 8,33$  anos), que também compuseram a maior parte daqueles que sofreram queda da própria altura (124/175; 71%).

A conexão entre mecanismo, idade e nível do trauma, fica clara, também, quando se observam os resultados de dois estudos brasileiros, um desenvolvido em Curitiba/PR<sup>30</sup> e o outro em Ribeirão Preto/SP<sup>24</sup>. Em ambos, a amostra foi composta majoritariamente por homens jovens (média de idade: Curitiba=27 anos; Ribeirão Preto=38 anos). Enquanto o primeiro avaliou apenas TRM causado por ferimento por arma de fogo, o segundo estudou todos os mecanismos de trauma, exceto aqueles causados por armas de fogo. Não obstante as diferenças de etiologia, a região torácica foi a mais acometida ou uma das mais acometidas. Em Ribeirão Preto, os acidentes de trânsito foram responsáveis por metade dos TRM ocorridos, dos quais a metade aconteceu com motos e, em consequência, a coluna cervical foi a mais acometida (45%), seguida da torácica e lombar (27 e 25%).

O presidente da Sociedade Brasileira de Neurocirurgia afirmou que “a experiência de outros países mostra que a conscientização da população, aliada às medidas concretas como propostas de leis, podem interferir favoravelmente nos índices de trauma no Brasil”<sup>10</sup>. Portanto, através dos dados apresentados nesta pesquisa, bem como nos resultados apresentados por Vasconcelos e Riberto<sup>24</sup>, pode-se inferir que campanhas para a

prevenção de acidentes de trabalho e de educação no trânsito, conscientizando a população, poderiam auxiliar temporariamente na redução dos índices de quedas de altura e acidentes de trânsito, que representam as maiores causas de trauma raquimedular nessa região do país. Vale lembrar que algumas campanhas já foram realizadas como: Conte para gente Conte com a gente, que foi lançada pelo ministério do trabalho em 2006, e a Tolerância Zero, também idealizada pelo governo, para diminuir os índices de acidentes de trânsito ocasionados pelo uso de álcool associado à direção. Porém, conforme amplamente divulgado na mídia, ambas as campanhas perderam força com o passar do tempo. Sendo assim, além da intensificação da fiscalização que está sendo feita, há necessidade da criação de um programa permanente de educação para a segurança no trabalho e no trânsito nas escolas, empresas e centro de formação de condutores visando à redução e o controle permanente dos índices de quedas de altura e acidentes de trânsito.

Ao acometer pessoas economicamente ativas, o trauma raquimedular acaba interrompendo a atividade profissional desse indivíduo, modificando o seu cotidiano e da sua família e gerando um alto custo para a sociedade<sup>31</sup>. Nos Estados Unidos, o impacto econômico do trauma raquimedular ultrapassa US\$ 4 bilhões/ano<sup>8</sup>, enquanto no mundo o custo estimado é de US\$ 518 bilhões. Portanto, torna-se necessário avaliar as respostas após a lesão medular, não apenas em termos do dano neurológico e do restabelecimento funcional, mas também em termos dos aspectos psicossociais e custos monetários para o indivíduo e para a sociedade. Isso se torna ainda mais relevante face ao fato de que a severidade do dano correlaciona-se diretamente com os custos, sendo eles, no primeiro ano após a lesão, estimados em US\$ 682.957,00 para tetraplégicos e US\$249.549,00 para paraplégicos<sup>31</sup>.

É importante ressaltar que, além das sequelas da lesão neurológica, o tempo de permanência no hospital de indivíduos que sofrem o trauma acompanhado de lesão medular pode ser significativamente impactado

por outros comprometimentos. Ou seja, eventos adversos com morbidade resultante significativa são comuns durante a fase aguda da hospitalização destes indivíduos. Em um estudo realizado por Cheung et al.<sup>32</sup> com 110 indivíduos que sofreram lesão medular entre 2008–2009 no Canadá, eventos adversos ocorreram em 83,6%, sendo eles, em sua maioria, homens com a média de idade de  $45,8 \pm 19,6$  anos. Esses eventos ocorreram no período intra-operatório (20,0%), assim como nos períodos pré e no pós-operatório (79,1%), sendo o evento adverso mais comum a infecção do trato urinário (36,5%), seguido de pneumonias (34,6%), dor neuropática (22,1%), úlceras de pressão (19,2%) e delírio (18,3%). Dessa forma, os custos realizados nesta fase inicial podem ser aumentados devido a essas morbidades, além de atrasar o retorno destes indivíduos à sociedade<sup>32</sup>.

No decorrer da realização do presente estudo foram encontradas algumas limitações e dificuldades como: (1) sistema de difícil localização dos casos de TRM, o que tornou o estudo mais demorado e trabalhoso, visto que foi preciso efetuar buscas manuais nos prontuários dos serviços de arquivo médico de ambos os hospitais; (2) prontuários com escassez de dados e/ou dados incompletos e (3) armazenamento inadequado dos prontuários em local úmido e pouco ventilado, tornando-os sensíveis à manipulação.

Além das dificuldades citadas anteriormente, existe também carência na normatização dos registros destes indivíduos, que poderiam ser classificados de acordo com escalas aceitas internacionalmente como a proposta pela ASIA, que considera o grau de deficiência em níveis de gravidade decrescente<sup>33</sup>.

A padronização das avaliações realizadas por hospitais da rede pública pode acurar melhor o prognóstico e agilizar os planos de tratamento minimizando, dessa forma, intervenções que possam ser desnecessárias e justificando, em tempo hábil para uma melhor reabilitação, os tratamentos indicados para cada tipo de lesão<sup>30</sup>.

## CONCLUSÃO

Pode-se concluir, de acordo com a população e o período estudado, que o perfil do trauma raquimedular em Porto Alegre pode ser descrito como: indivíduos do sexo masculino, com em média 47 anos de idade, tendo a queda de altura como a etiologia mais encontrada e o nível lombar o mais acometido. Por sua vez, a lesão medular acometeu homens mais jovens, que sofreram lesão da cervical em consequência de ferimentos por arma de fogo. Os achados do presente estudo podem auxiliar gestores, pesquisadores e profissionais envolvidos com o cuidado em saúde das pessoas com TRM a planejarem futuros programas de promoção da saúde e de prevenção de agravos, bem como para o cuidado e para a prestação de serviços de reabilitação.

## REFERÊNCIAS

1. Campos MF, Ribeiro AT, Listik S, Pereira CAB, Andrade Sobrinho J, Rapoport A. Epidemiologia do traumatismo da coluna vertebral. *Ver. Col Bras Cir.* 2008;35(2):88-93.
2. Medola FO, Castello GLM, Freitas LNF, Busto RM. Avaliação do alcance funcional de indivíduos com lesão medular espinhal usuários de cadeira de rodas. *Revista movimenta.* 2009;2(1):12-6.
3. Saraiva RA, Piva Júnior L, Campos da Paz Jr A, Pacheco MAR. As Bases Fisiopatológicas para Anestesia no Paciente com Lesão Medular. *Rev Bras Anesthesiol.* 1995;45(6):387-98.
4. Leal-Filho MB, Borges G, Almeida BR, Aguiar AAX, Vieira MACS, Dantas KS, et al. Spinal Cord Injury: Epidemiological study of 386 cases with emphasis on those patients admitted more than four hours after the trauma. *Arq Neuropsiquiatr.* 2008;66(2-B):365-8.
5. Sekhon LH, Fehlings MG. Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury. *Spine* 2001;26(Suppl 24):S2-12.
6. Blanes L, Carmagnani MIS, Ferreira LM. Quality of life and self-esteem of persons with paraplegia living in São Paulo, Brazil. *Qual Life Res.* 2009;18:15–21.
7. CIHI. The Burden of Neurological Diseases, Disorders and Injuries in Canada. Ottawa: Canadian Institute for Health Information; 2007. Disponível em: [http://secure.cihi.ca/cihiweb/products/BND\\_e.pdf](http://secure.cihi.ca/cihiweb/products/BND_e.pdf).
8. CDC. Spinal Cord Injury (SCI): Fact Sheet. Atlanta, GA: National Center for Injury Prevention and Control; 2006. Disponível em: <http://www.cdc.gov/TraumaticBrainInjury/scifacts.html>.
9. García-Altés A, Pérez K, Novoa A, Suelves JM, Bernabeu M, Vidal J, Arrufat V, Santamariña-Rubio E, Ferrando J,

- Cogollos M, Cantera CM, Luque JC. Spinal cord injury and traumatic brain injury: a cost-of-illness study. *Neuroepidemiology*. 2012;39(2):103-8.
10. Sociedade Brasileira de Neurocirurgia. Projeto Pense bem: use a cabeça para proteger seu corpo. 2007. Disponível em: [http://www.sbn-neurocirurgia.com.br/site/pense\\_bem.asp](http://www.sbn-neurocirurgia.com.br/site/pense_bem.asp).
  11. Brito LMO, Chein MBC, Marinho SC, Duarte TB. Avaliação epidemiológica dos pacientes vítimas de traumatismo raquimedular. *Rev Col Bras Cir*. 2011; 38(5):304-9.
  12. Masini M. Estimativa da incidência e prevalência de lesão medular no Brasil. *J Bras Neurocirurg*. 2001;12(2):97-100.
  13. Santos TSC, Guimarães RM, Boeira SF. Epidemiologia do trauma raquimedular em emergências públicas no município do Rio de Janeiro. *Esc Anna Nery*. 2012; 16(4):747-53.
  14. Castiel LD, Rivera FJU. Planejamento em saúde e epidemiologia no Brasil: casamento ou divórcio? *Cad. Saúde Pública*. 1985;1(4):447-56.
  15. Ning GZ, Wu Q, Li YL, Feng SQ. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in Asia: a systematic review. *J Spinal Cord Med*. 2012;35(4):229-39.
  16. Jackson AB, Dijkers M, Devivo MJ, Poczatek RB. A demographic profile of new traumatic spinal cord injuries: change and stability over 30 years. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(11):1740-8.
  17. Hagen EM, Rekan T, Gilhus NE, Grønning M. Traumatic spinal cord injuries--incidence, mechanisms and course. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2012;17:132(7):831-7.
  18. Gonçalves AMT, Rosa LN, D'Ángelo CT, Savordelli CL, Bonin GL, Squarcino IM, et al. Aspectos epidemiológicos da lesão medular traumática na área de referência do Hospital Estadual Mário Covas. *Arq Méd ABC*. 2007;32(2):64-6.
  19. Koch A, Graells XSI, Zaninelli EM. Epidemiologia de fraturas da coluna de acordo com o mecanismo de trauma: análise de 502 casos. *COLUNA/COLUMNNA*. 2007;6(1):18-23.
  20. Pirouzmand F. Epidemiological trends of spine and spinal Cord injuries in the largest Canadian adult trauma center from 1986 to 2006. *J Neurosurg Spine*. 2010;12:131-40.
  21. Janahú MTA, Neves LMT, Silva MC, Oliveira IS. Trauma raquimedular: perfil epidemiológico dos pacientes atendidos no Pronto Socorro Municipal Mário Pinotti nos anos de 2003 à 2005. *Fisioterapia Ser*. 2009;4(4):246-9.
  22. Siscão MP, Pereira C, Arnal RLC, Foss MHDA, Marino LHC. Trauma raquimedular: caracterização em um Hospital Público. *Arq Ciênc Saúde*. 2007;14(3):145-7.
  23. Jiménez-Ávila JM, Calderón-Granados A, Bitar-Alatorre WE. Direct cost of spinal cord injuries. *Cir Cir*. 2012;80(5):435-41.
  24. Vasconcelos ECLM, Riberto M. Caracterização clínica e das situações de fratura da coluna vertebral no município de Ribeirão Preto, propostas para um programa de prevenção do trauma raquimedular. *Coluna/Columnna*. 2011;10(1):40-3.
  25. Burns AS, O'Connell C. The challenge of spinal cord injury care in the developing world. *J Spinal Cord Med*. 2012;35(1):3-8.
  26. Devivo MJ. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications. *Spinal Cord*. 2012;50(5):365-72.
  27. Obalum DC, Giwa SO, Adekoya-Cole TO, Enweluzo GO. Profile of spinal injuries in Lagos, Nigeria. *Spinal Cord*. 2009;47(2):134-7.
  28. Parreira JG, Vianna AMF, Cardoso GS, KaraKhanlan WZ, Caill D, Periugeiro JAG, Soldá SC, Assef JC. Lesões graves em vítimas de queda da própria altura. *Rev Assoc Med Bras*. 2010;56(6):660-4.
  29. Muniz CF, Arnaut AC, Yoshida M, Trelha CS. Caracterização dos idosos com fratura de fêmur proximal atendidos em hospital escola público. *Ver. Espaço para a saúde*. 2007;8(2):33-8.
  30. Araújo Júnior FA, Heinrich CB, Cunha MLV, Veríssimo DCA, Rehder R, Pinto CAS, Bark SA, Borba LAB. Traumatismo raquimedular por ferimento de projétil de arma de fogo: avaliação epidemiológica. *Coluna/Columnna [online]*. 2011;10(4):290-2.
  31. Talu U, Swamy G, Berven S. Spinal cord injury: an update. *Semin Spine Surg*. 2005;17:73-83.
  32. Cheung A, Street J, Noonan V, Cartar L, Dvorak M. Incidence and Impact of Acute Adverse Events in Patients with Traumatic Spinal Cord Injury. *Spine J*. 2011;11(10, Supplement):S2.
  33. ASIA. Normas para a classificação neurológica e funcional das lesões da medula espinhal. *Rev Bras Ortop*. 1994;29(3):99-106.

## ANEXO C - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO 2

De: [ees.thelancetneurology.0.3c6f90.323b62bf@eesmail.elsevier.com](mailto:ees.thelancetneurology.0.3c6f90.323b62bf@eesmail.elsevier.com) [[ees.thelancetneurology.0.3c6f90.323b62bf@eesmail.elsevier.com](mailto:ees.thelancetneurology.0.3c6f90.323b62bf@eesmail.elsevier.com)] em nome de The Lancet Neurology Peer Review Team [[EESTheLancetNeurology@elsevier.com](mailto:EESTheLancetNeurology@elsevier.com)]

Enviado: terça-feira, 4 de outubro de 2016 21:45

Para: [vefrison@hotmail.com](mailto:vefrison@hotmail.com)

Assunto: Your recent submission to THELANCETNEUROLOGY

Dear Dr. Verônica Frison,

You have been listed as a Co-Author of the following submission:

Journal: The Lancet Neurology

Corresponding Author: Fábio Juner Lanferdini

Co-Authors: Verônica B Frison, MSc; Jeam M Geremia, PhD; Charlene B Oliveira, MSc; Régis Radaelli, MSc; Carlos A Netto, PhD; Alexandre R Franco, PhD; Marco A Vaz, PhD

Title: Effect of corporal suspension and pendulum exercises on torque, muscle activation, muscle thickness, and functionality in patients with medullar thoracic injury: A randomized controlled trial

If you did not co-author this submission, please contact the Corresponding Author of this submission at [atfabiolanferdini@gmail.com](mailto:atfabiolanferdini@gmail.com); do not follow the link below.

An Open Researcher and Contributor ID (ORCID) is a unique digital identifier to which you can link your published articles and other professional activities, providing a single record of all your research.

We would like to invite you to link your ORCID ID to this submission. If the submission is accepted, your ORCID ID will be linked to the final published article and transferred to CrossRef. Your ORCID account will also be updated.

To do this, visit our dedicated page in EES. There you can link to an existing ORCID ID or register for one and link the submission to it:

<http://ees.elsevier.com/thelancetneurology/l.asp?i=108385&I=Z339GO54>

More information on ORCID can be found on the ORCID website, <http://www.ORCID.org>, or on our help page: [http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/2210/p/7923](http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/2210/p/7923)

Like other Publishers, Elsevier supports ORCID - an open, non-profit, community based effort - and has adapted its submission system to enable authors and co-authors to connect their submissions to their unique ORCID IDs.

Thank you,

The Lancet Neurology

**ANEXO D - FORMULÁRIO PARA COLETA E REGISTRO DE DADOS**

CÓDIGO DE ACESSO: \_\_\_\_\_

DATA DE NASC: \_\_\_\_\_ IDADE: \_\_\_\_\_

ALTURA: \_\_\_\_\_ PESO \_\_\_\_\_ CORPORAL: \_\_\_\_\_ SEXO:

\_\_\_\_\_

NATURALIDADE: \_\_\_\_\_

PROCEDÊNCIA: \_\_\_\_\_

TELEFONE: \_\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_

PRATICA ATIVIDADE FÍSICA REGULARMENTE (no mínimo uma vez por semana nos últimos três meses)?

EM TRATAMENTO FISIOTERAPEUTICO? QUAL OU QUAIS E DESDE QUANDO?  
QUAL A FREQUENCIA SEMANAL?

Tipo de lesão: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nível neurológico: \_\_\_\_\_

Nível do trauma: \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_ da \_\_\_\_\_ lesão:

\_\_\_\_\_

Tratamento cirúrgico ou conservador? \_\_\_\_\_

Quais os tratamentos realizados para esta lesão?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





## **ANEXO E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO**

### **EFEITO DE EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL SOBRE A MUSCULATURA EXTENSORA E FLEXORA DO TRONCO DE INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR**

O(a) senhor(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa intitulado: “EFEITO DE EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL SOBRE A MUSCULATURA EXTENSORA E FLEXORA DO TRONCO DE INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR” o qual pretende estudar os efeitos de exercícios feitos em um equipamento que permite que o indivíduo movimente o seu corpo para frente e para trás além do que conseguiria fazer normalmente, e em segurança, porque estará usando um colete ligado a molas que são presas ao equipamento e que impedirão que caia ou se machuque. Esse equipamento já foi testado e a pesquisadora já o utiliza regularmente em seu consultório há mais de dez anos.

Para a investigação dos efeitos destes exercícios, hoje e dentro de oito semanas o(a) senhor(a) fará quatro testes: 1) a Escala da ASIA, 2) o teste do Alcance Funcional e 3) arquitetura muscular 4) eletromiografia de superfície. A Escala da ASIA é um teste de força e sensibilidade onde um profissional estará avaliando a força dos seus músculos dos braços e das pernas por meio de movimentos ativos que lhes serão solicitados e depois estará testando sua sensibilidade nos braços, pernas, abdome e costas por meio de um algodão que é passado na sua pele e o(a) Sr(a) deverá informar se está percebendo ou não na pele o algodão que estará sendo passado; o teste do Alcance Funcional o(a) Sr(a) estará sentado em uma cadeira da clínica, sem calçado, ao lado de uma parede onde estará colada uma fita métrica e o Sr(a) será solicitado a levar seu braço à frente como se quisesse pegar alguma coisa dentro de um armário, esse movimento será realizado por três vezes e o(a) Sr(a) estará sendo observado por um profissional que estará atento ao seu movimento de tronco para que não haja desequilíbrio. Acreditamos que os dois primeiros testes tomarão aproximadamente

50 minutos do seu tempo cada vez que forem feitos. Estes testes serão realizados na Clínica denominada Instituto Método Chordata, na Rua Professor Guerreiro Lima, 23, no Bairro Intercap, CEP 91530-190 em Porto Alegre, RS onde posteriormente o(a) Sr.(a) poderá participar do programa de exercícios para o tronco.

No dia seguinte a esta avaliação inicial o(a) Sr(a) deverá comparecer no local denominado Laboratório do Exercício, Esef/ UFRGS na Rua Felizardo 750 no Bairro Jardim Botânico CEP. 90690-200 Porto Alegre RS para a realização dos dois outros testes (arquitetura muscular e eletromiografia de superfície). Ambos os estudos serão realizados em uma maca onde o(a) Sr(a) será auxiliado a subir e a deitar-se. O estudo da arquitetura muscular será realizado por meio de um equipamento denominado ultrassom que será passado externamente no seu corpo na região do abdome e das costas. Este equipamento não é invasivo e necessita de gel a base de água para poder circular com facilidade na sua pele. Para realização do quarto e último teste denominado eletromiografia, oito eletrodos superficiais serão colocados em sua pele na região do abdome e das costas que, será limpa com álcool antes da colocação dos eletrodos. Esta limpeza será realizada pelo avaliador e, caso haja a necessidade de depilar a área, o avaliador irá lhe informar e estará realizando esta depilação com o uso de Gillette caso o(a) Sr(a) aceite. Os eletrodos então serão fixados na pele com uma leve pressão para aumentar o contato entre o gel do eletrodo e a pele. Primeiramente o(a) Sr(a) será solicitado a contrair com força máxima por três vezes o músculo do abdome como se fosse fazer força para sentar, retirando as costas da maca e posteriormente o(a) Sr(a) será auxiliado a virar de barriga para baixo e será solicitado fazer uma força máxima nas costas como se fosse retirar o peito da maca e essa força será realizada três vezes. Acredita-se que neste dia estes dois testes juntos durem cerca de uma hora.

Estes quatro testes (ASIA – teste de força e sensibilidade; Alcance Funcional; ultrassonografia e eletromiografia) serão realizados no início e no final desta pesquisa nos mesmos locais onde o(a) Sr(a) os realizou pela primeira vez.

Caso o(a) Sr(a) seja sorteado (a) para o grupo de exercícios, será preciso que venha ao Instituto Método Chordata duas vezes por semana, durante oito semanas seguidas. Cada uma das 16 sessões de exercícios terá duração aproximada de 50

minutos. Estas sessões serão realizadas da seguinte forma: será colocado no (a) Sr (a) um colete feito de tecido resistente que manterá o(a) Sr(a) preso(a) ao equipamento para realizar os exercícios com segurança, depois o(a) Sr(a) será transferido para uma cadeira da clínica onde será solicitado que o(a) Sr(a) desloque seu tronco a frente e atrás. Seus braços estarão na altura dos ombros fixos em dois pegadores que também estarão conectados ao equipamento. Logo após a realização destes movimentos do tronco para frente e para trás o(a) Sr(a) será retirado desta cadeira e colocado novamente na sua cadeira de rodas.

Durante todo o período dos exercícios e dos testes, pedimos que o Sr(a) mantenha sua rotina usual de atividades e caso haja alguma alteração em sua rotina o(a) Sr(a) nos comunique de imediato.

Caso seja sorteado (a) para o grupo controle, pedimos que o(a) Sr(a) mantenha sua rotina usual de atividades e caso haja alguma alteração em sua rotina o(a) Sr(a) nos comunique de imediato e após oito semanas iremos lhe pedir que volte para que possamos repetir os quatro testes nos mesmos locais que eles foram realizados pela primeira vez. Quando o estudo terminar, se os exercícios se mostrarem benéficos, o (a) senhor (a) está convidado (a) a fazer o mesmo treinamento com a pesquisadora, sem qualquer custo.

O(A) Sr(a) não estará exposto (a) a riscos, a não ser eventual desconforto nos testes, exercícios e relatos de saúde. Espera-se contribuir para a implantação de novas práticas de cuidado dentro do que já lhe é oferecido.

Esta pesquisa é independente de seu tratamento e em nada influenciará caso o(a) senhor(a) não esteja de acordo em participar. Asseguramos que todas as informações prestadas pelo (a) senhor (a) são sigilosas e serão utilizadas somente para esta pesquisa. A divulgação das informações será anônima e em conjunto com as respostas de um grupo de pessoas.

Se o(a) senhor(a) tiver alguma pergunta a fazer antes de decidir, sinta-se à vontade para fazê-la. Alternativamente, posteriormente poderá esclarecer as suas

dúvidas com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS pelo telefone (51) 33.08 37 38.

Este documento foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFRGS e o protocolo de aprovação é:

Eu, \_\_\_\_\_ (nome por extenso do participante), consinto em participar do estudo “EFEITO DE EXERCÍCIOS COM SUSPENSÃO E PENDULAÇÃO CORPORAL SOBRE A MUSCULATURA EXTENSORA E FLEXORA DO TRONCO DE INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR”

Declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento.

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

Assinatura do(a) participante: . \_\_\_\_\_

Nome da Pesquisadora: Verônica Baptista Frison

Assinatura da Pesquisadora: \_\_\_\_\_

## ANEXO F - PROGRAMA DE EXERCÍCIOS

- 1) Alongamentos - Membros Superiores (bíceps, tríceps, grande dorsal e peitoral).
- 2) Exercício de “ tentar levantar-se”: tentar passar de sentado para em pé deslocando o tronco para frente e para cima, com os pés apoiados no chão, os braços apoiados em pegadores fazem o movimento para baixo e para trás impulsionando o corpo para cima.

Indivíduo sentado na cadeira de rodas, de frente para o espaldar faz o movimento de puxada com extensão de ombro e cotovelo, abaixando e aduzindo escápulas, projetando o tronco para frente e para cima, imaginando estender quadril e joelhos.

- 3) Exercício de pendulação anterior: sentado pendular o corpo para frente.

Indivíduo sentado, com dois pegadores ligados a molas no equipamento CHORDATA se desequilibra para a frente, direcionando o peso corporal para os antepés.

- 4) Exercícios de pendulação posterior: sentado na cadeira da clínica, padronizada, pendular o corpo para trás.

Indivíduo sentado, com talabarte apoiando coluna lombar se desequilibra para trás, evitando flexão de tronco, direcionando o peso corporal para a parte dos retropés.

- 5) Alongamentos (bíceps, tríceps, grande dorsal e peitoral).