



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

GABRIEL COSTA MARTINS

**OSCILAÇÃO MECÂNICA PONTUAL NO MÚSCULO
QUADRÍCEPS FEMORAL APÓS RIZOTOMIA DORSAL
SELETIVA EM INDIVÍDUOS COM PARALISIA CEREBRAL**

Londrina
2020

GABRIEL COSTA MARTINS

**OSCILAÇÃO MECÂNICA PONTUAL NO MÚSCULO
QUADRÍCEPS FEMORAL APÓS RIZOTOMIA DORSAL
SELETIVA EM INDIVÍDUOS COM PARALISIA CEREBRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina [UEL] e Universidade Pitágoras Unopar [UNOPAR]) como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Cruz Mantoani
Coorientadora: Profa. Dra. Suhaila Mahmoud
Smaili Santos

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

G118 Costa Martins, Gabriel .
OSCILAÇÃO MECÂNICA PONTUAL NO MÚSCULO QUADRÍCEPS FEMORAL APÓS RIZOTOMIA DORSAL SELETIVA EM INDIVÍDUOS COM PARALISIA CEREBRAL / Gabriel Costa Martins. - Londrina, 2020.
78 f. : il.

Orientador: Leandro Cruz Mantoani.
Coorientador: Suhaila Mahmoud Smaili Santos.
Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Paralisia Cerebral - Tese. 2. Rizotomia Dorsal Seletiva - Tese. 3. Oscilação Mecânica Pontual - Tese. 4. Vibração Focal - Tese. I. Cruz Mantoani, Leandro . II. Mahmoud Smaili Santos, Suhaila . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação. IV. Título.

CDU 615.8

GABRIEL COSTA MARTINS

**OSCILAÇÃO MECÂNICA PONTUAL NO MÚSCULO QUADRÍCEPS
FEMORAL APÓS RIZOTOMIA DORSAL SELETIVA EM INDIVÍDUOS
COM PARALISIA CEREBRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina [UEL] e Universidade Pitágoras Unopar [UNOPAR]) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Leandro Cruz Mantoani
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Dirce Shizuko Fujisawa
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Larissa Laskovski
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 23 de outubro de 2020

Dedico este trabalho a todos os pacientes com Paralisia Cerebral, que me motivam a continuar aperfeiçoando meus conhecimentos constantemente.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, por meio de simples palavras, a todos que direta ou indiretamente me ajudaram na concretização deste objetivo.

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por me guiar e iluminar meu caminho e por me proporcionar experiências maravilhosas. Sobretudo, por me confortar nos momentos de aflições e incertezas.

À minha família, em especial aos meus pais Ricardo e Sonia, que não mediram esforços para prover a mim e aos meus irmãos o sustento, a educação, os valores e bons exemplos. À minha irmã Júlia e meu irmão Felipe pelo incentivo e por toda a cumplicidade que nos une. À minha esposa Amanda, por me incentivar e me apoiar nos momentos mais difíceis, por sonhar comigo e me apoiar nos momentos de dificuldade. Sem vocês essa conquista não seria possível!

Agradeço ao meu orientador, Professor Leandro, pela dedicação, empenho e paciência durante a realização deste trabalho.

Aos Professores Vanessa, Suhaila e Eddy por acreditarem em mim e por todo suporte e aconselhamento durante o período da pós-graduação.

Aos professores e membros da banca por sua contribuição, aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação UEL/UNOPAR e a todos os professores que passaram em minha vida desde o início de meus estudos até a graduação e pós-graduação.

Aos meus amigos e colegas nesta jornada: Bruce e João Vitor, pela amizade, companheirismo e troca de conhecimento, por ajudarem a tornar esta jornada mais leve.

Agradeço em especial ao amigo e colega de profissão Fellipe Lima, por ajudar na elaboração deste projeto, por toda dedicação e paciência em ensinar, pela disponibilidade, crítica e incentivo. Certamente você foi peça fundamental na elaboração e execução deste projeto. É um privilégio poder contar com você.

Por fim, aos pacientes que participaram deste trabalho, aos pacientes que tive a honra de atender durante os anos de pós-graduação e seus familiares que acreditaram em mim e depositaram um voto de confiança em meu trabalho, contribuindo assim para meu aprendizado e evolução como ser humano.

“Quem não vive para servir, não serve para viver”

Mahatma Gandhi

MARTINS, Gabriel Costa. **Oscilação mecânica pontual no músculo quadríceps femoral após rizotomia dorsal seletiva em indivíduos com paralisia cerebral.** 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

RESUMO

Introdução: A Rizotomia Dorsal Seletiva (RDS) é um procedimento cirúrgico definitivo que visa seccionar as fibras nervosas aferentes na região do cone medular, interrompendo o reflexo monossináptico de estiramento e, conseqüentemente, reduzindo o tônus muscular de indivíduos com Paralisia Cerebral (PC). Como alternativa para a ativação das fibras musculares inervadas pelas fibras aferentes seccionadas, a Oscilação Mecânica Pontual (OMP) emerge como ferramenta de fácil aplicação na prática clínica. Esta oscilação desencadeia o Reflexo de Vibração Tônico na tentativa do músculo de amortecer as ondas oscilatórias, ativando o fuso muscular, podendo melhorar a qualidade da contração muscular. **Objetivo:** Investigar os efeitos da OMP no desempenho cinemático do músculo quadríceps femoral durante um exercício cinético de cadeia fechada em indivíduos com PC após RDS. **Métodos:** Dez indivíduos com PC participaram do estudo de caráter quase experimental (9 anos, 7/3 H/M) e foram submetidos às avaliações de: Mini-exame do estado mental, avaliação das funções corporais segundo a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS), escala de *Ashworth* para avaliação do tônus muscular e goniometria do joelho de membros inferiores. Para a avaliação dos efeitos da OMP no desempenho cinemático do músculo quadríceps femoral (desfecho primário), os indivíduos foram posicionados numa cadeira de *Legpress* (A8 Metal Concept, Brasil), à 90°, 105° e 120°. Foram solicitadas 18 repetições dos movimentos de extensão e flexão de joelho utilizando ou não a OMP na musculatura do quadríceps femoral. Através do *software* Kinovea® (Patreon, EUA), foram coletados dados cinemáticos como: velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento durante a realização do exercício cinético-funcional em cadeia fechada. A sequência de realização dos exercícios (com ou sem OMP) foi aleatorizada por sorteio. Para avaliar a reprodutibilidade do teste e possível efeito aprendido, os indivíduos repetiram os mesmos exercícios, de maneira aleatorizada, com e sem OMP, 48h após a realização dos exercícios do primeiro dia. **Resultados:** Para a variável suavidade do movimento, não houve diferença em nenhuma das angulações do exercício cinético com ou sem OMP. Houve diferença na velocidade de pico usando a OMP vs sem OMP: 19,5°/s vs 41,7°/s, 22,2°/s vs 40,8°/s e 15,8°/s vs 26,9°/s; 90°, 105° e 120° respectivamente. O mesmo aconteceu para a velocidade média na fase concêntrica do movimento: 21,2°/s vs 41,5°/s, 21,9°/s vs 36,4°/s e 15,8°/s vs 27,0°/s; 90°, 105° e 120° respectivamente. Não houve diferença entre os dois dias de avaliação (Dia 1 vs Dia 2) para nenhuma das variáveis estudadas nas diferentes angulações, com ou sem o uso da OMP. **Conclusão:** A OMP aplicada no músculo quadríceps femoral de indivíduos com PC após RDS reduziu a velocidade de pico e a velocidade média num exercício cinético de cadeia fechada, o que está associado com a piora do controle motor. Não houve influência da OMP na suavidade do movimento de indivíduos com PC após RDS. Aparentemente, independente da angulação utilizada, não houve efeito aprendido entre os dois dias de avaliação com ou sem o uso da OMP em um exercício cinético

em cadeia fechada.

Palavras-chave: Paralisia cerebral. Rizotomia dorsal seletiva. Oscilação mecânica pontual. Vibração focal. Análise cinemática.

MARTINS, Gabriel Costa. **Pointed mechanical oscillation on the femoral quadriceps muscle after selective dorsal rhizotomy of individuals with cerebral palsy**. 2020. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

ABSTRACT

Introduction: Selective Dorsal Rhizotomy (SDR) is a definitive surgical procedure that aims to cut afferent fibers in the region of the medullary cone, interrupting the monosynaptic stretch reflex and consequently reducing the muscle tone of individuals with Cerebral Palsy (CP). As an alternative for the activation of the muscle fibers innervated by the afferent fibers, Pointed Mechanical Oscillation (PMO) emerges as a tool of easy application in clinical practice. This oscillation triggers the Tonic Vibration Reflex in an attempt by the muscle to dampen the oscillatory waves, activating the muscle spindle, which can improve the quality of muscle contraction. **Objectives:** To investigate the kinematic effects of PMO on the femoral quadriceps muscle of individuals with CP after SDR in a closed kinetic chain exercise. **Methods:** Ten individuals with CP participated in the study quasi-experimental (9 years, 7/3 M/F) and underwent the following assessments: Mini-examination of mental status, assessment of body functions according to the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), Ashworth scale to assess muscle tone and goniometry of the lower limb knee. To assess the kinematic effects of PMO on the femoral quadriceps' muscles (primary outcome), the subjects were positioned in a *Legpress* machine (A8 Metal Concept, Brazil), fixed at 90°, 105° and 120°. Eighteen repetitions of knee extension and flexion movements were requested with and without the use of PMO on the femoral quadriceps muscle. Kinovea® software (Patreon, USA) was utilized to analyze the kinematic data such as: peak speed, mean speed and smoothness of movement during the performance of the closed kinetic functional exercise. The sequence of the exercises (with or without PMO) was randomized. To assess the test reproducibility and possible learning effect, the subjects repeated the same exercises, in a randomized way, with and without PMO, 48 hours apart. **Results:** For the variable smoothness of movement, there was no significant difference found in any of the angles analyzed, with or without PMO application. There was a significant difference in peak speed during the performance of the closed kinetic chain exercise: 19,5°/s vs 41,7°/s, 22,2°/s vs 40,8°/s, 15,8°/s vs 26,9°/s; 90°, 105° and 120° respectively. There was also a significant change in the mean speed of the concentric phase 21,2°/s vs 41,5°/s, 21,9°/s vs 36,4°/s, 15,8°/s vs 27,0°/s; 90°, 105° and 120° respectively. There was no significant difference between the two evaluation days (Day 1 vs Day 2) for any of the tested variables, in any angulation, with or without PMO. **Conclusion:** The acute application of PMO to the femoral quadriceps muscle of subjects with CP after SDR significantly reduced the peak velocity and the mean speed in a closed kinetic chain exercise, which is associated with worsening motor control. There was no influence of POM application on the smoothness of movement in these subjects. Moreover, regardless of the angle analyzed, there was no learning effect found between the two days of assessment with or without the use of PMO in a closed kinetic chain exercise.

Keywords: Cerebral palsy. Selective dorsal rhizotomy. Pointed mechanical oscillation. Focal vibration. Kinematic analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Representação anatômica do Homúnculo de Penfield.....	20
Figura 2	Exposição do cone medular e cauda equina para a realização da cirurgia de Rizotomia Dorsal Seletiva.....	23
Figura 3	Composição do fuso neuromuscular (FNM).....	25
Figura 4	Representação dos circuitos neuronais envolvidos ao FNM.....	26
ARTIGO		
Figura 1	Posicionamento do Legpress para o exercício cinético em cadeia fechada com ou sem OMP	46
Figura 2	Fluxograma do protocolo de avaliação do estudo.....	48
Figura 3	Participantes selecionados para o estudo.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais parâmetros utilizados para o uso da vibração em indivíduos com PC	30
Tabela 2	Principais efeitos agudos e prolongados da vibração	31
ARTIGO		
Tabela 1	Características dos indivíduos estudados	60
Tabela 2	Distribuição da frequência e percentagem das funções do corpo avaliadas segundo a CIF.....	61
Tabela 3	Comparação entre a suavidade do movimento usando ou não a OMP	62
Tabela 4	Comparação da velocidade de pico nas diferentes angulações do Legpress	63
Tabela 5	Comparação da velocidade média usando e não usando OMP	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Amplitude de Movimento
AVD's	Atividades de Vida Diária
AVE	Acidente Vascular Encefálico
CVM	Contração Voluntária Máxima
FNM	Fuso Neuromuscular
GMFCS	Gross Motor Function Classification System (Sistema de Classificação da Função Motora Grossa)
MMII	Membros Inferiores
MMSS	Membros Superiores
OMP	Oscilação Mecânica Pontual
PC	Paralisia Cerebral
RDS	Rizotomia Dorsal Seletiva
RVT	Reflexo de Vibração Tônico
UM	Unidades Motoras
VMS	Vibração Muscular Segmentar
WBV	Whole Body Vibration (Vibração de corpo inteiro)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	REVISÃO DA LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO	18
3.1	PARALISIA CEREBRAL (PC).....	18
3.1.1	Fisiopatologia	19
3.2	ESPASTICIDADE	20
3.3	RIZOTOMIA DORSAL SELETIVA.....	22
3.4	ALTERAÇÕES CAUSADAS NO ARCO REFLEXO MIOTÁTICO APÓS RDS	25
3.5	REABILITAÇÃO E FISIOTERAPIA APÓS RDS	27
3.6	A VIBRAÇÃO COMO FERRAMENTA DE TRATAMENTO	28
3.7	ANÁLISE CINEMÁTICA	32
3.7.1	Suavidade do Movimento	34
4	REFERÊNCIAS	36
5	ARTIGO: A OSCILAÇÃO MECÂNICA PONTUAL PODE INFLUENCIAR NO DESEMPENHO CINEMÁTICO DO MÚSCULO QUADRÍCEPS FEMORAL DE INDIVÍDUOS COM PARALISIA CEREBRAL APÓS RIZOTOMIA DORSAL SELETIVA?	40
	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	APÊNDICES	66
	APÊNDICE A Termo de consentimento livre e esclarecido	66
	APÊNDICE B Fluxograma das fases de coleta de dados	68
	ANEXOS	69
	ANEXO A Ficha de cadastro para o projeto.....	69

ANEXO B	Escala de fadiga adaptada.....	71
ANEXO C	Mini exame do estado mental.....	72
ANEXO D	Core Set (funções do corpo) CIF-CJ.....	73
ANEXO E	Sistema de classificação da função motora grossa GMFCS	74
ANEXO F	Normas da Revista Neurorehabilitation And Neural Repair para formatação do artigo.....	75

1 INTRODUÇÃO

A paralisia cerebral (PC) é caracterizada como um conjunto de desordens e disfunções do corpo que culminam em limitações físico-funcionais^{1,2}. A lesão cerebral não progressiva ocorre durante o período de desenvolvimento fetal ou no encéfalo imaturo³. Além disso, a PC é acompanhada por distúrbios de sensação, percepção, cognição, comunicação, epilepsia e complicações do sistema osteomioarticular¹.

Ao longo dos anos, com a melhora da qualidade de vida e acesso à saúde, indivíduos com PC vem aumentando sua expectativa de vida⁴. O processo de reabilitação destes indivíduos envolve o gerenciamento dos sintomas, maximizando o potencial de desenvolvimento e minimizando complicações como as deformidades musculoesqueléticas, com o objetivo de melhorar a função decorrente dos mecanismos de recuperação neural^{1,4}. Assim, o fisioterapeuta e a equipe multidisciplinar composta por terapeutas ocupacionais, médicos, psicólogos, fonoaudiólogos e professores são fundamentais para a gestão e o manejo do paciente com PC⁴.

Dentre as complicações da PC, a espasticidade, conceituada como o aumento do tônus muscular, é encontrada em cerca de 70% a 80% desses indivíduos⁵. Devido à esta disfunção, crianças com PC apresentam alterações como hiperreflexia, espasmo e encurtamento muscular, gerando como consequência as alterações posturais³. Deste modo, o controle da espasticidade tem papel fundamental no tratamento de indivíduos com PC^{1,3,5,6}.

A Rizotomia Dorsal Seletiva (RDS), técnica cirúrgica utilizada em crianças com PC tipo espástica bilateral, cujo objetivo é reduzir a espasticidade dos membros inferiores (MMII) de maneira definitiva^{7,8}, tem sido uma alternativa de tratamento para o controle da espasticidade. O procedimento é realizado na região lombossacral da coluna vertebral, seccionando os feixes de fibras nervosas aferentes, interrompendo o reflexo de estiramento monossináptico⁶.

O reflexo monossináptico é desencadeado pelo estiramento muscular⁷. Entrelaçado à fibra muscular encontra-se o fuso neuromuscular, responsável por gerar informações sobre a propriocepção muscular, o qual registra as mudanças no comprimento das fibras musculares⁷. O reflexo de estiramento (fásico e

tônico) ocorre devido ao estiramento da fibra intrafusal de aglomerado nuclear e cadeia nuclear que, com a ativação das terminações anulo espirais e das fibras em ramallete, por meio de suas respectivas vias sensitivas Ia e II, alcançam a coluna dorsal da medula espinhal e estabelecem sinapses excitatórias com os motoneurônios alfa fásico e alfa tônico, acarretando em movimentação articular. O fuso neuromuscular é inervado por fibras aferentes, sensitivas, tipo Ia e tipo II, que diferem em tamanho e em velocidade de condução, na qual a fibra Ia apresenta velocidade de ~100 m/s e o tipo II ~50m/s⁷.

A secção das raízes nervosas sensitivas leva à redução da propriocepção muscular⁸. A fim de otimizar os resultados com a cirurgia e evitar danos maiores à funcionalidade, há uma avaliação para selecionar os feixes de fibras nervosas que serão seccionados durante o procedimento cirúrgico⁹. Através da estimulação elétrica sobre as raízes dorsais e, conseqüentemente, captadas pelo exame de eletromiografia, as respostas são interpretadas pelo/a eletrofisiologista, que ajudam o neurocirurgião a selecionar e seccionar apenas as divisões radiculares mais envolvidas na espasticidade⁸. Em geral, 25 a 50% das divisões das raízes sensitivas são seccionadas^{8,9}.

Os resultados da RDS mostram redução da espasticidade, melhora na força muscular, na velocidade e cinemática da marcha, além da melhora na função motora grossa¹⁰. Para que isso ocorra, o tratamento específico é preconizado e realizado já nos primeiros dias após cirurgia e pode se estender até 2 anos⁶. Logo na primeira semana após a RDS são realizados exercícios para mobilização precoce, manutenção da amplitude de movimento (ADM), fortalecimento muscular de membros inferiores, promoção de ortostatismo e treino de marcha com dispositivos auxiliares, por exemplo, andadores⁶. No entanto, a gravidade da disfunção motora e cognitiva do indivíduo pode restringir a aplicação de abordagens como: fortalecimento de membros inferiores e treino de marcha que muitas vezes necessitam de boa compreensão cognitiva e de habilidades motoras voluntárias para execução dos exercícios¹¹. Na tentativa de oferecer propriocepção e otimizar a contração muscular, a oscilação mecânica pontual (OMP) surge como ferramenta de fácil aplicação na prática clínica, não necessitando de pré-requisitos motores ou cognitivos dos pacientes para sua utilização¹¹.

A OMP é uma técnica que utiliza oscilação mecânica como um estímulo indireto para atuar nas estruturas neuromusculares⁵. A ação mecânica

imposta pela OMP causa alterações no comprimento do complexo músculo-tendíneo, que são detectadas pelos receptores sensoriais, e geram uma resposta reflexa na tentativa de amortecer as ondas vibratórias, como o reflexo de vibração tônico (RVT)⁷. O estímulo vibratório induz repetidas alterações no comprimento das fibras musculares, que aumenta a taxa de disparo das fibras aferentes Ia, excitando os motoneurônios alfa e aumentando a contração das unidades motoras homônimas à estimulação. Deste modo, pelo fenômeno de inibição recíproca, o RVT modula o tônus da musculatura espástica quando provocado sobre a musculatura antagonista¹². Esta modulação da excitabilidade dos motoneurônios e da via córtico-espinhal gera padrões normais de atividade motora⁵.

A OMP do fuso neuromuscular gera fenômenos como a ilusão de movimento, que são associadas à ativação de áreas motoras corticais e parietais¹³. Além disso, a percepção de força e senso de esforço podem ser moduladas pela OMP, que exerce efeitos na medula espinhal e no controle supra segmentar, circuitos importantes para o controle da ação muscular¹³. Vários estudos investigaram os efeitos da vibração focal na produção de força muscular e há evidências que apoiam a melhora do controle muscular e da coordenação motora¹¹. Feltroni *et al.*¹³, relataram o aumento de força do quadríceps para contrações concêntricas durante a vibração focal. Entretanto, até o presente momento, nenhum estudo investigou quais são os efeitos cinemáticos da OMP nessa musculatura de indivíduos com PC após realização de RDS.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos agudos da Oscilação Mecânica Pontual no músculo quadríceps femoral de indivíduos com PC submetidos à Rizotomia Dorsal Seletiva. Nossa hipótese é que a OMP irá melhorar o desempenho cinemático do músculo quadríceps femoral destes indivíduos em um exercício cinético de cadeia fechada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever o desempenho cinemático do músculo quadríceps femoral durante um exercício cinético em cadeia fechada com e sem o uso da Oscilação Mecânica Pontual em pacientes com PC submetidos à Rizotomia Dorsal Seletiva.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mensurar a velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento durante as fases concêntrica, excêntrica e isométrica da contração do quadríceps femoral com e sem o uso da Oscilação Mecânica Pontual durante um exercício de extensão e flexão do joelho em cadeia fechada em indivíduos com PC após RDS;
- Comparar a velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento entre as diferentes fases da contração do quadríceps durante o exercício em cadeia fechada;
- Comparar os dados cinemáticos coletados nos diferentes posicionamentos do exercício cinemático em cadeia fechada à 90°, 105° e 120° com ou sem o uso da Oscilação Mecânica Pontual;
- Comparar os dados cinemáticos coletados durante o Dia 1 e o Dia 2 de avaliação.

3 REVISÃO DA LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO

3.1 PARALISIA CEREBRAL (PC)

A lesão cerebral e/ou do encéfalo imaturo de caráter não progressivo resulta em paralisia cerebral (PC)². Como complicações da PC, uma série de distúrbios e disfunções do corpo resultam em limitações físico-funcionais acompanhadas por alterações da cognição, comunicação e complicações musculoesqueléticas³.

A classificação do comprometimento motor na paralisia cerebral leva em consideração fatores como momento de lesão, peri e/ou pós-natal, local da lesão e etiologia². Sua classificação topográfica é dada com base no grau de comprometimento e envolvimento do corpo sendo classificados como: quadriplegia espástica (comprometimento dos membros superiores e inferiores), diplegia espástica (comprometimento de membros inferiores e comprometimento do controle motor fino de membros superiores) e hemiplegia espástica (comprometimento de um hemicorpo, sendo o membro superior mais afetado)^{2,3}.

A prevalência mundial da PC é de 2 para cada 1000 nascidos vivos¹. As causas de PC mais comuns variaram ao longo do tempo. Esta variação está ligada também às localizações geográficas, no desenvolvimento de cuidados pediátricos e neonatais, intranatais e pós-natais³. Desta forma, os países desenvolvidos lidam com morbidades predominantemente prematuras e extremamente relacionadas com o baixo peso ao nascer, enquanto os países em desenvolvimento ainda estão lidando com a rubéola pré-natal, as asfixias intranatais e a hiperbilirrubinemia pós-natal^{1,2,3,4}.

A etiologia da PC é diversificada e multifatorial, geralmente causadas por lesões cerebrais antes ou durante o nascimento, como a prematuridade e lesões hipóxica-isquêmicas. Também pode ser ocasionada devido a lesões como acidente vascular encefálico, traumatismos cranianos e meningite ocorridos entre os 0-2 anos de idade¹.

3.1.1 Fisiopatologia

A lesão no encéfalo imaturo pode ocorrer durante o desenvolvimento no útero da mãe, na época do parto, no período pós-neonatal ou mais tarde, na primeira infância entre o primeiro e o segundo ano de vida. Geralmente a lesão é decorrente de hipóxia, infecção, acidente vascular encefálico ou hipotensão, com subsequente cascata inflamatória após a lesão primária³. Não há concordância mundial sobre idade avançada e/ou limite de lesão cerebral para a definição de PC pós-natal, mas na prática clínica, lesões até os 02 anos de idade são comumente aceitas como PC^{1,3,4}.

Estima-se que somente 10% dos casos de PC em bebê a termo sejam decorrentes de hipóxia durante o processo de nascimento. Para que se confirme isto, é necessária evidência de encefalopatia hipóxico-isquêmica. Outros 10% dos casos ocorrem no período pós-natal, normalmente devido à infecção, hipoglicemia, Acidente Vascular Encefálico (AVE) e trauma. A maioria dos casos de PC, cerca de 80%, são ocasionados por eventos intrauterinos que acarretam lesão cerebral. Estes podem ser divididos em três padrões, a depender de quando a lesão ocorreu^{1,3,4}.

I) Distúrbios gestacionais precoces, antes da 20^a semana de gestação, que podem causar mau desenvolvimento cerebral. Hoje, sabe-se que existem fatores genéticos e epigenéticos que podem estar associados a este mau desenvolvimento³.

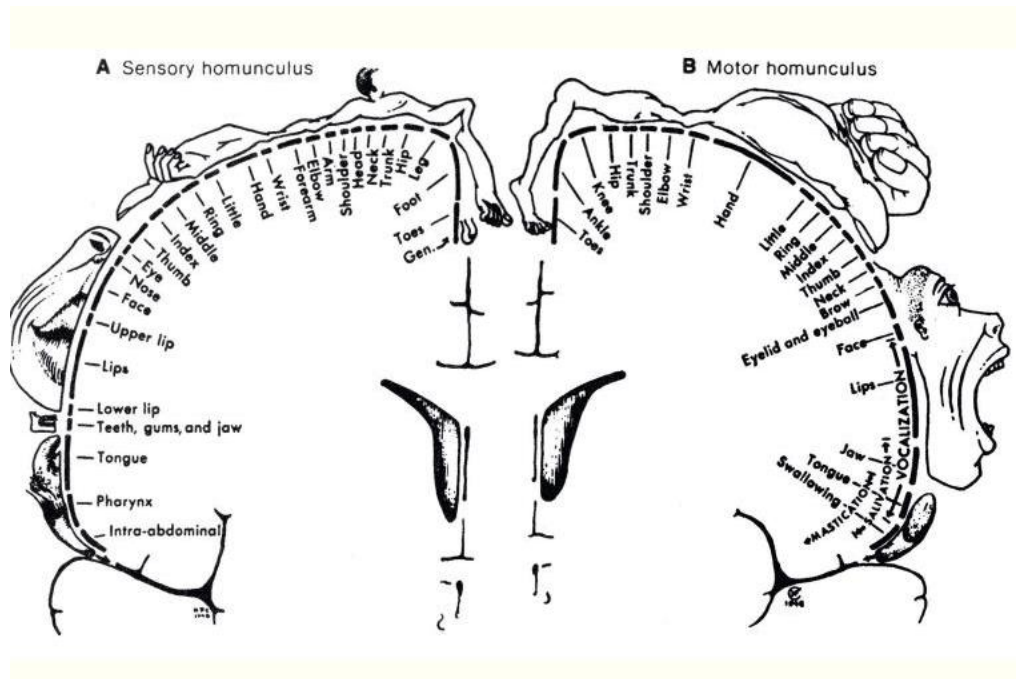
II) Lesões ocasionadas durante a 24^a e 34^a semanas de gestação, geralmente causam alterações na substância branca periventricular, devido a seu suprimento sanguíneo mais vulnerável nesta área. Em prematuros, esta área também é a mais suscetível à lesão após hemorragia intraventricular e infarto parenquimatoso hemorrágico do tecido circundante¹.

III) As malformações cerebrais comumente associadas a fenótipos mais graves de paralisia cerebral, envolvendo todo o corpo, combinando a espasticidade com distonias e comorbidades como epilepsia, disfagia e comprometimento cognitivo e de comunicação³.

O grau de envolvimento e comprometimento motor decorrente da lesão cerebral está correlacionado com a anatomia cerebral – quanto mais profunda

a lesão, mais extenso é o envolvimento dos membros³. No caso de pacientes com PC do tipo diplegia espástica, a anatomia periventricular em relação ao homúnculo de *Penfield* (Figura 1) apresenta as fibras dos membros inferiores passando mais perto da borda do ventrículo. Lesões nesta área resultam em um padrão motor espástico de membros inferiores³.

Figura 1 – Representação anatômica do Homúnculo de *Penfield*



Fonte: Imagem extraída de Wilcov.com¹⁴.

3.2 ESPASTICIDADE

A espasticidade é um sintoma comum de distúrbios neurológicos como acidente vascular encefálico, esclerose lateral amiotrófica e paralisia cerebral^{15,16}. É definida como um distúrbio do movimento, resultante de uma lesão do neurônio motor superior, caracterizado pelo aumento velocidade dependente na resposta ao reflexo tônico de estiramento¹⁷. Lesões nas vias supra-espinhais descendentes compostas pelo trato corticoespinhal, trato reticuloespinhal pontino e trato reticuloespinhal bulbar acarretam em espasticidade, resultando em aumento da resistência ao estiramento muscular passivo, hiperexcitabilidade dos reflexos de

estiramento e contrações musculares involuntárias intermitentes e/ou sustentadas^{15,16,18}.

O mecanismo fisiopatológico da espasticidade é explicado pela perda da influência inibitória das vias descendentes corticoespinhais, o que resulta no aumento da liberação de neurotransmissores envolvidos no mecanismo de tônus muscular como o ácido gamaminomutírico (GABA), glicina e o glutamato (inibitórios e excitatórios) respectivamente, além da serotonina, o que ocasiona aumento da hiperexcitabilidade dos motoneurônios alfa/gama¹⁶. A hiperatividade dos motoneurônios alfa favorece a resposta reflexa miotática durante o reflexo de estiramento muscular, facilitando a transmissão de informações da via Ia para motoneurônios alfa. Já a hiperatividade dos motoneurônios gama provoca contrações da região polar do fuso neuromuscular, aumentando sua sensibilidade e favorecendo as respostas aferentes, frente às alterações no comprimento muscular¹⁶.

Em indivíduos com PC, a espasticidade está presente em 70 a 80% dos casos⁵. A criança com PC do tipo espástica, geralmente, apresenta fraqueza muscular, dificuldades no controle motor seletivo e deficiência sensorial, frequentemente associada com co-contração muscular, clônus e hiperreflexia¹⁹. Os músculos antigravitacionais são predominantemente afetados e apresentam-se em um padrão típico: com os braços em posição flexionada e pronada e as pernas na posição estendida e aduzida^{15,19}.

A espasticidade pode resultar em dor, capacidade funcional limitada e aumento da inatividade, afetando a mobilidade e atividades de vida diárias como vestir-se e os cuidados com a higiene, impactando diretamente na qualidade de vida¹⁷. Em decorrência da espasticidade pode haver complicações secundárias como: torção de ossos longos, lesões por pressão, problemas cardiovasculares, tromboflebite, infecções, contraturas musculares fixas e isolamento social^{10,15,16,19}. Portanto, é de fundamental importância para estes pacientes minimizar a espasticidade e reduzir seus impactos, prevenindo complicações secundárias para poder melhorar a qualidade de vida^{15,16}.

Como abordagens para o tratamento da espasticidade há os métodos conservadores (farmacológicos e exercícios terapêuticos) e cirúrgicos como a RDS, que secciona feixes de fibras aferentes Ia visando interromper o reflexo de estiramento monossináptico^{8,9,10,18}.

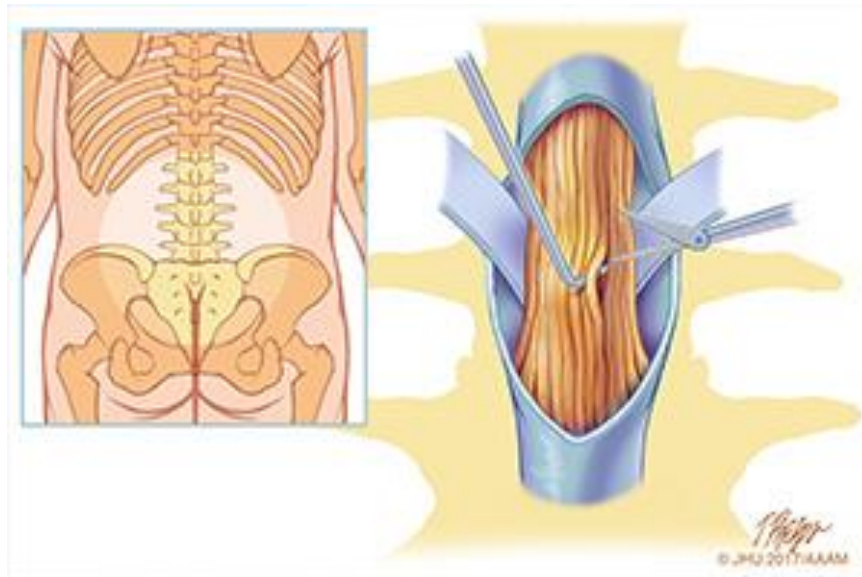
3.3 RIZOTOMIA DORSAL SELETIVA

A Rizotomia Dorsal Seletiva (RDS) é um procedimento cirúrgico definitivo que visa reduzir a espasticidade dos membros inferiores em crianças com PC espástica bilateral^{9,10}. A técnica cirúrgica foi criada em 1908 por Foester e Tietz, no qual realizavam uma divisão completa das raízes dorsais de L2, L3, L4, L5 e S1, poupando-se as raízes ventrais motoras. Este procedimento levou a grande melhora da espasticidade, mas também à fraqueza muscular e à perda da propriocepção de forma significativa. Devido a complicações como meningites e óbitos, a técnica de RDS deixou de ser utilizada até a década de 1960¹⁰.

No entanto, a evolução da técnica cirúrgica viabilizou seu retorno em meados de 1978 por Fasano, com a introdução da estimulação eletrofisiológica intraoperatória e a secção de forma mais seletiva da porção posterior das radículas dorsais. Atualmente, a cirurgia minimamente invasiva, consiste na exposição do cone medular e do início da cauda equina, como descrita por Park e Johnston^{8,9,10} (Figura 2).

O procedimento cirúrgico consiste em posicionar o paciente em decúbito ventral, após colocação de eletrodos na musculatura de MMII e esfíncter anal⁹. Em seguida, é realizada a localização radioscópica do corpo vertebral correspondente ao final do cone medular, previamente visualizada por ressonância nuclear magnética, e do forame neural de L1 – em geral uma incisão de aproximadamente 5 cm é feita neste nível. Para melhor exposição do cone medular, é realizada a remoção completa de uma lâmina vertebral, geralmente L1, e partes da lâmina superior e inferior. Na sequência, a zona de entrada das raízes dorsais (sensitivas) e sua separação em relação às raízes ventrais (motoras) é identificada por meio de microscópio cirúrgico. A preservação da função vesical e sensorial são fundamentais neste caso, sendo realizadas a separação delas, deixando as raízes de S3 a S5 intactas⁸.

Figura 2 – Exposição do cone medular e cauda equina para a realização da cirurgia de Rizotomia Dorsal Seletiva



Fonte: Imagem extraída de Johns Hopkins Medicine²⁰.

O critério para a seleção das radículas a serem seccionadas se dá por meio da avaliação neurofisiológica intraoperatória, que tem por objetivo selecionar as radículas sensitivas com as respostas mais anormais⁹. Durante o procedimento cirúrgico são realizadas estimulações de divisões das raízes posteriores, cujas respostas são avaliadas e graduadas com base na resposta eletromiográfica à estimulação elétrica – divisões que apresentam resposta “0” não são seccionadas, respostas “3+ e 4+” são seccionadas e aquelas com resposta “1+ e 2+” geralmente são poupadas, a menos que sejam detectadas respostas apenas com esta graduação, aí escolhe-se divisões com as respostas mais ativas para serem seccionadas. Dessa forma, o cirurgião visa seccionar apenas as radículas mais envolvidas na espasticidade (25% a 50% das raízes), buscando a melhora funcional com mínimas alterações sensitivas e motoras^{8,10}.

Relatos dos efeitos a longo prazo da RDS no desempenho da marcha de 11 crianças com PC foram descritos em 1998 por Subramanian *et al.*²¹ os quais constataram que entre um e três anos após a cirurgia de RDS houve aumento no comprimento de passos e aumento na velocidade de marcha dos indivíduos com PC submetidos à RDS comparados a um grupo controle saudável. Infelizmente, estes parâmetros não se mantiveram superiores após 10 anos de tempo cirúrgico da RDS

e foram significativamente mais baixos do que nos indivíduos saudáveis. No entanto, a cinemática de joelho e quadril melhorou e foram mantidas mesmo 10 anos após a RDS²¹.

Com o objetivo de continuar mensurando os efeitos a longo prazo da RDS, Langerak e colaboradores²² reavaliaram os mesmos pacientes que participaram do estudo de Subramanian *et al.*²¹ tornando-se o maior estudo de coorte sobre análise da marcha de pacientes com PC após RDS. Após 20 anos foi constatado que a RDS é eficaz para a redução da espasticidade e melhora da funcionalidade de indivíduos com paralisia cerebral.

Em um estudo de 2011, Jucá e colaboradores¹⁸ investigaram o impacto da RDS no quadro clínico e funcional de pacientes com PC. Participaram deste estudo sete crianças. Foram avaliados grau de espasticidade, ângulo poplíteo, goniometria de abdutores de quadril e dorsiflexores de tornozelo, além do grau de dificuldade para os cuidados diários e de satisfação da família após a RDS foram avaliados¹⁸. Todos os pacientes obtiveram redução da espasticidade em todos os grupos musculares testados, havendo ainda redução significativa do ângulo poplíteo. Seis das sete famílias avaliadas relataram melhora do posicionamento do paciente e de cuidados gerais como alimentação, higiene pessoal e facilidade para vestir e instalar as órteses¹⁸.

Em revisão sistemática recente, Tedroff e colaboradores²³ investigaram os efeitos da RDS a longo prazo (após 10 anos ou mais) em crianças com PC. Eles evidenciaram a redução da espasticidade a longo prazo e manutenção do tônus muscular normal até 10 anos após a RDS. Melhoras nos *scores* de função motora grossa, velocidade de marcha e aumento do número de passos durante a avaliação também foram observados²³. Entretanto, alterações sensitivas como: hipersensibilidade, dormência e parestesia em aproximadamente 50% dos casos também foram relatadas, sendo resolvidas no primeiro e/ou segundo ano pós-cirúrgico. Infelizmente, muitas dessas mudanças sensitivas foram permanentes numa parcela dos pacientes submetidos à RDS.

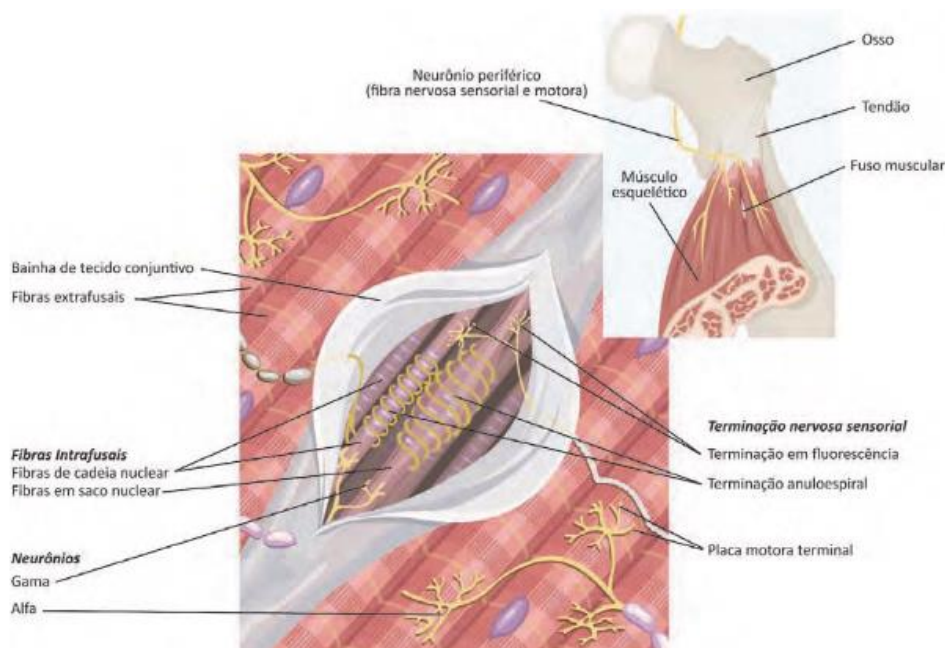
3.4 ALTERAÇÕES CAUSADAS NO ARCO REFLEXO MIOTÁTICO APÓS RDS

O fuso neuromuscular – FNM – (Figura 3) é responsável por captar mudanças no comprimento das fibras musculares^{7,24}. Quando o músculo sofre o

estiramento, há também o estiramento da fibra intrafusil do saco nuclear e cadeia nuclear que, com a ativação das terminações anuloespirais e das fibras em fluorescência, através de suas respectivas vias sensitivas Ia e II, alcançam a coluna dorsal da medula espinhal e estabelecem sinapses excitatórias com os motoneurônios alfa fásico e alfa tônico, resultando contração muscular e em movimentação articular²⁴.

A ativação dos motoneurônios alfa tônico excita as fibras extrafusais e promovem uma contração muscular tônica permitindo que o músculo permaneça, mesmo que em repouso, em um estado de semi-contração permanente (que chamamos de tônus muscular). O tônus muscular também é regulado pelos motoneurônios gama, que são responsáveis pela inervação da região polar das fibras intrafusais do FNM, e promovem a distensão da região equatorial do FNM, estimulando o reflexo monossináptico e também podendo aumentar a tensão muscular²⁴.

Figura 3 – Composição do fuso neuromuscular (FNM)

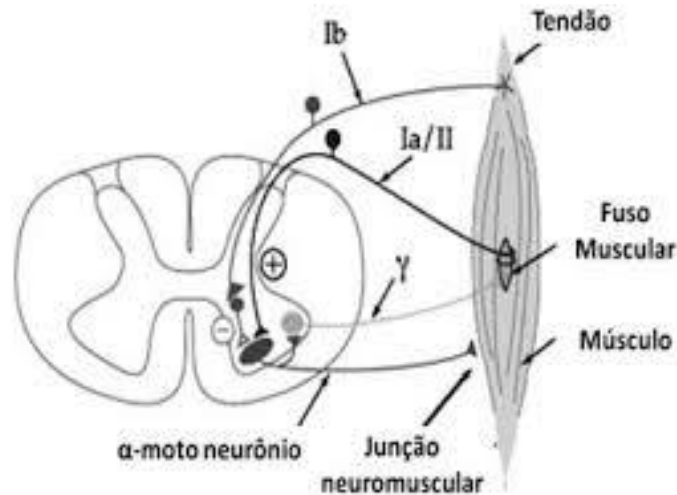


Fonte: Adaptado de fisiologia do exercício – Caderno de Referência Esporte²⁴.

A fim de diminuir o reflexo monossináptico de estiramento e, assim, reduzir a espasticidade, a cirurgia de RDS secciona feixes de fibras (sensitivos) aferentes (Ia) (Figura 4), interrompendo o reflexo monossináptico de estiramento⁸, o

que altera o *loop* alfa-gama de contração muscular. Esta interrupção da via sensitiva leva a alterações da propriocepção muscular, o que pode comprometer a função motora contribuindo para acentuar ainda mais os déficits do controle muscular de pacientes com PC^{8,25}.

Figura 4 – Representação dos circuitos neuronais envolvidos ao FNM



Fonte: Sposito²⁶.

Hagbarth *et al.*²⁷ relataram a importante contribuição do mecanismo *loop* alfa-gama para a contração muscular voluntária máxima. Após o bloqueio do nervo fibular de indivíduos saudáveis, houve a redução no potencial de disparo de unidades motoras (UM) durante a dorsiflexão do pé. Este estudo sugere que a perda da potência muscular durante a contração voluntária máxima depende, em parte, do bloqueio produzido pelo *loop* alfa-gama que diminui o nível excitatório para as fibras do motoneurônio alfa. Tal fato, pode ocorrer de maneira similar quando a secção de fibras aferentes Ia, imposta pela RDS, afetam o *loop* alfa-gama, reduzindo a entrada de aferências sensoriais importantes para a manutenção do tônus muscular, da contração muscular e, conseqüentemente, do controle motor^{7,8,25}.

3.5 REABILITAÇÃO E FISIOTERAPIA APÓS RDS

O processo de reabilitação pós-RDS deve contar com uma equipe multidisciplinar, incluindo: fisioterapeutas, psicólogos, terapeutas ocupacionais e

médicos. Além disso, os cuidadores e a família são partes fundamentais do tratamento para garantir a aderência e o sucesso do procedimento nos cuidados pós-operatório⁸.

A fisioterapia de caráter intensiva deve iniciar alguns dias após a cirurgia⁶, ainda no período intra-hospitalar, e deve durar aproximadamente um ano. Entretanto, ainda não há consenso na literatura quanto à frequência, duração e intensidade no tratamento pós-RDS, com a duração de fisioterapia variando de 01 a 08 meses, com sessões de 45 minutos a 05 horas por dia, de duas a cinco vezes por semana⁶.

Dentre as condutas fisioterapêuticas mais utilizadas estão: mobilizações precoces de membros inferiores (MMII), posicionamento em prono, supino e sentar-se com os MMII estendidos, e exercícios de fortalecimento de abdutores e extensores de quadril, extensores de joelho, dorsiflexores de tornozelo, ortostatismo e marcha. Além disso, na maioria dos programas de reabilitação, faz parte da fisioterapia o fortalecimento de membros superiores, tronco, fortalecimento muscular isolado, fortalecimento resistido progressivo e de controle seletivo. São descritos também a facilitação de padrões de desenvolvimento motor normal, treino de controle motor fino, atividades funcionais, atividades de vida diária, controle e alinhamento postural, transferências posturais e para a cadeira de rodas (quando necessário). Abordagens como hidroterapia, equoterapia e atividades físicas são citadas como partes integrantes do tratamento⁶.

Para um tratamento adequado, a abordagem terapêutica deve ser centrada na individualidade de cada paciente. Deste modo, instrumentos que medem a funcionalidade, a participação e a qualidade de vida são de fundamental importância durante o processo de reabilitação de crianças com PC, como descrito por Sposito e Riberto²⁸. Dentre os instrumentos e escalas cita-se:

- Classificação Internacional de Funcionalidade, Capacidade e Saúde (CIF)²⁹;
- *Gross Motor Function Measure* (GMFM)³⁰;
- *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS)³¹;
- Análise tridimensional e observacional da marcha²⁸;
- *Pediatric Evaluation of Disability Inventory* (PEDI)³²;
- Escalas de funcionalidade de Bartel e Medida de Independência funcional (MIF)²⁸;

Estudos sugerem que os resultados da RDS aliados à fisioterapia são mais eficazes quando comparados à fisioterapia isoladamente. Os resultados satisfatórios, no entanto, dependem de fatores como: ausência de discinesias, diplegias sem grandes deformidades musculoesqueléticas, preservação de força muscular residual, boa cognição, suporte familiar e da equipe multidisciplinar^{6,18}.

Há um consenso de que bons resultados a longo prazo são obtidos em crianças com menor idade descritas topograficamente como diplégicas com GMCS II ou III. Lima e Gardenghi¹⁰ ressaltam a importância do critério de seleção para a realização da RDS, mostrando que as dificuldades primárias com mobilidade surgem frequentemente em decorrência da fraqueza e das deformidades estruturais dos MMII, e não apenas puramente da espasticidade. Pacientes topograficamente classificados com quadriplegia espástica, apresentam melhora do controle da espasticidade, redução da dor, melhora nas funções do sentar, higiene e cuidados diários para familiares, impactando na qualidade de vida do paciente e também de seus cuidadores^{8,9}.

3.6 A VIBRAÇÃO COMO FERRAMENTA DE TRATAMENTO

O estímulo vibracional vem sendo empregado como ferramenta na reabilitação física em diversas áreas como: ortopedia, dermatologia, pneumologia e neurologia. O campo ortopédico objetiva melhorar o desempenho muscular, treino sensório-motor e analgesia. Já a dermatologia busca alterações dos tecidos tegumentar e conjuntivo para fins estéticos; e por meio da tixotropia, a pneumologia visa a desobstrução brônquica⁷.

No campo da neuroreabilitação, no século XIX o neurologista Jean Martin Charcot, percebeu que a vibração era um tratamento eficaz para a doença de Parkinson³¹. Seus pacientes relatavam redução dos sintomas de forma significativa ao serem expostos a situações vibratórias, como, por exemplo, andar de trator pela manhã e viajar de trem. Charcot então desenvolveu uma cadeira vibratória para utilizar de forma terapêutica. Indivíduos com outros distúrbios neurológicos como lesão medular, acidente vascular encefálico e paralisia cerebral, também apresentaram benefícios pelas terapias com uso de vibração^{12,34,35}.

A vibração utiliza oscilações mecânicas como estímulo indireto para atuar nas estruturas neuromusculares. Os parâmetros de vibração são expressos em

frequência (número de ciclos completos por segundo) expressa em *Hertz* (Hz), amplitude de deformação (deslocamento vertical) expresso em milímetros (mm) ou em aceleração da gravidade mensurada com um acelerômetro (G); força de aderência sobre a pele, expressa em Newton (N) e tipo de vibração sinusoidal e alternada. Há também variações na forma de aplicação que podem ser: vibração focal, atuando diretamente em uma região delimitada como no ventre ou tendão muscular; e vibração de corpo inteiro – *Whole Body Vibration* (WBV) – no qual as oscilações são transmitidas indiretamente por todo o corpo¹¹.

Em 1969, Gillies e colaboradores³⁴ relataram que a aplicação da vibração focal sobre o tendão do calcâneo de gatos, resultava na inibição do reflexo monossináptico simples na medula espinhal, e causava diminuição ou abolição do reflexo H (reflexo de *Hoffman*) comparados ao grupo controle. Na mesma década Hagbarth e Eklund³⁵ demonstraram, por meio de experimentos em animais e humanos, que uma contração muscular reflexa surge em consequência da aplicação da vibração no tendão muscular. Este fenômeno fisiológico é chamado de Reflexo de Vibração Tônico (RVT), caracterizado pela estimulação dos fusos musculares que geram um reflexo monossináptico³⁵. Além do FNM, outros receptores são descritos como órgãos sensíveis à vibração, como: órgão neurotendinoso de Golgi, e os receptores cutâneos denominados de corpúsculos de Paccini (acima de 50 Hz) e Meissner (abaixo de 50 Hz)^{7,35}.

Em um estudo recente, Guang *et al.*³⁶ demonstraram como o RVT é induzido por meio da vibração focal, os autores constataram que a vibração alonga as fibras musculares, ativando as vias aferentes do fuso neuromuscular, produzindo ondas musculares, na mesma frequência que a vibração³⁶. Na tentativa de amortecer as ondas vibratórias, alterações no complexo músculo tendíneo são captadas pelos fusos neuromusculares, acarretando em um estímulo excitatório dos motoneurônios alfa, resultando em contração muscular reflexa do músculo vibrado^{5,7,11,12}. Paralelamente ao RVT, ocorre um relaxamento da musculatura antagonista vibrada, devido ao mecanismo de inibição recíproca¹¹.

A inibição recíproca é definida como a inibição de neurônios motores alfa, antagonistas, evocados por meio de uma contração muscular agonista, que recebe influência de controles supraespinhais. A via aferente inerva o motoneurônio alfa, homônimo, que faz o músculo se contrair, simultaneamente, um interneurônio inibitório é inervado por um neurônio motor alfa, que faz sinapses com músculos

antagonistas. A ativação deste neurônio inibitório evita a excitação dos demais neurônios motores alfa antagonistas, o que diminui a contração muscular antagonista, sem este mecanismo ambos os grupos musculares, agonistas/antagonistas, se contrairiam simultaneamente, o que resultaria em uma incoordenação muscular³⁷.

O fenômeno da inibição pré-sináptica da via aferente Ia, promove padrões normais de atividade motora, através da modulação da excitabilidade dos motoneurônios e da via corticoespinhal, este mecanismo tem sido amplamente utilizado com a finalidade de normalização do tônus muscular, melhora do controle muscular e da performance motora^{7,37,38}.

Nas últimas décadas, estudos que buscam investigar os efeitos da vibração em pacientes com distúrbios do sistema nervoso central, como a PC, cresceram consideravelmente^{6,10,11,39,40}. Nessa população, os pesquisadores procuram por respostas do efeito agudo e prolongado da vibração na função motora grossa, controle postural e marcha, além das alterações causadas nos músculos, ossos e sistema sensorio-motor.

Mudanças referentes à modulação aguda e alterações imediatas à aplicação da vibração foram relatadas, sendo a exposição e aplicação variáveis. A Tabela 1 mostra os principais parâmetros utilizados na vibração como recurso terapêutico no tratamento da paralisia cerebral¹¹.

Tabela 1 – Principais parâmetros utilizados para o uso da vibração em indivíduos com PC

Tempo de aplicação	Frequência	Amplitude	Efeito
3s; 10s; 30s	5-50Hz (WBV)	1-6mm (WBV)	Semanas/meses
1min; 3 min; 10min	60- 200Hz (VF)	0,3-0,5mm (VF)	

Fonte: Ritzmann *et al.*¹¹.

Legenda: WBV= *Whole Body Vibration*; VF= *Vibração Focal*.

Os efeitos agudos referentes a apenas uma sessão de vibração, bem como os efeitos prolongados (gerados por mais de uma semana) de uso da vibração são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais efeitos agudos e prolongados da vibração

Parâmetro	Efeitos agudos	Efeitos prolongados
Neuromuscular	Redução do tônus (musculatura antagonista), redução da co-contração muscular	Redução do tônus (musculatura antagonista)
Controle voluntário	Aumento da contração muscular voluntária, controle muscular e coordenação motora	-
Cinestesia	Melhora do sentido da posição articular, da consciência da contração muscular e imagem corporal	Sentido da posição articular aprimorada do tornozelo
GMFM e testes particulares	Aumento da velocidade de movimento, resistência e precisão. Aumento da memória de atos motores	Aumento no score total do GMFM 66 e 88
Força e torque	Aumento da força em MMSS e MMII, aumento da manutenção da extensão da cervical	Aumento do pico de torque concêntrico, excêntrico e aumento da força em MMSS e MMII

Fonte: Resumido e adaptado de Ritzmann *et al.*¹¹.

Legenda: Membros Inferiores (MMII), Membros Superiores (MMSS), *Gross Motor Function Classification System* (GMFM).

Mudanças induzidas após a excitabilidade de vias aferentes, decorrentes do estímulo vibratório, causam alterações supra-espinhais envolvendo estruturas cerebrais. Ocorre também modulação infraespinhal por meio da ativação do RVT, quando provocado na musculatura antagonista à espástica, reduz o reflexo miotático monossináptico simples por intermédio de interneurônios inibitórios da medula espinhal^{7,13,40}.

Outro fenômeno que ocorre devido à vibração focal é a ilusão de movimento. Esta ilusão proprioceptiva é atribuída à ativação de fibras aferentes Ia, porém não se descarta a ativação de outros receptores como os de Paccini, Meissner e Órgão Neurotendinoso de Golgi. Estudos sugerem que vibrações de 80 Hz apresentam maior quantidade de potencial evocado, quando comparado às vibrações

de 40 Hz e 160 Hz. Segundo Kruegere colaboradores⁷, a ilusão de movimento ocorre a partir de 30 Hz e tem saturação a 100 Hz^{7,12}.

Dentre as respostas agudas à vibração focal, não há consenso sobre sua influência na capacidade de contração voluntária máxima (CVM) do músculo vibrado. Estudos relataram o aumento da CVM com o uso da vibração focal^{13,41}, enquanto outros mostraram seu declínio⁴². Tais resultados são justificados devido à variabilidade de parâmetros utilizados como: frequência, intensidade, tempo de aplicação, local de aplicação e músculo investigado.

As evidências sugerem que alterações neuromusculares decorrentes da vibração focal podem resultar em fadiga muscular periférica. Embora este mecanismo não esteja muito bem elucidado, as vias excitatórias la se projetam tanto para a medula espinhal quanto para estruturas corticais superiores. Portanto, a exposição a estímulos vibratórios pode gerar modulação do impulso neural na medula espinhal ou a nível supra espinhal, explicando a redução da CVM¹².

Independentemente da forma de utilização da vibração, focal ou de corpo inteiro, a viabilidade e a eficácia independe da capacidade de movimento, saúde e estado mental dos indivíduos. Deste modo, a aplicação clínica da vibração na neuroreabilitação emerge como uma ferramenta promissora, sem a necessidade de pré-requisitos cognitivos específicos e/ou motores decisivos para seu uso¹¹.

3.7 ANÁLISE CINEMÁTICA

O estudo da cinemática objetiva investigar o movimento humano em vários campos, como a análise de gestos esportivos e a pesquisa clínica, a fim de se obter dados quantificáveis e de comparação entre diferentes sujeitos e/ou momentos de tratamento.

O método padrão ouro para a análise do movimento é a análise laboratorial do movimento tridimensional (3D), que fornece dados muito precisos. Porém, seu alto custo e dificuldade técnica de configuração e interpretação, muitas vezes, inviabiliza seu uso. As tecnologias de análise do movimento bidimensionais (2D) são de baixo custo e estão disponíveis no mercado e podem ter uma precisão comparável aos sistemas mais sofisticados de análise 3D⁴³.

O *software* Kinovea (Patreon, EUA), disponível gratuitamente na *internet* pelo *site* (www.kinovea.org), é capaz de analisar, comparar, medir e avaliar a

amplitude de movimento (ADM passiva e/ou ativa) e movimentos (análise de marcha estática e dinâmica) de articulações⁴³. Estes dados são adquiridos por meio do rastreamento de movimentos por um sistema de imagem e vídeo, utilizando marcadores dispostos nos MMII de um indivíduo e/ou por meio de simulação por computador. Por meio do rastreamento de imagens, é possível obter informações como velocidade e aceleração, além de exportar os dados para uma planilha, e calcular e representar graficamente os resultados dessa análise⁴⁴.

Hanley⁴⁵ e colaboradores encontraram resultados similares na avaliação 3D e 2D para a variação do ângulo do joelho de corredores de elite, confirmando a eficácia do uso da análise 2D como método confiável de avaliação⁴⁵. Puig-Divi et al.⁴³ demonstraram a validade e confiabilidade do *software* Kinovea como instrumento de avaliação da análise do movimento com precisão da distância de até 5m do objeto gravado em um ângulo de 90° a 45°⁴³.

Pantzar-Castilla *et al.*⁴⁶ compararam a análise cinemática do joelho, no plano sagital de indivíduos com PC por meio de análise 2D e 3D e constataram que apesar de apresentar uma variabilidade 3.3 a 7 graus nos movimentos de flexão/extensão de joelho, a análise 2D é uma conveniente ferramenta usada para avaliar e detectar alterações cinemáticas em crianças com PC durante um programa de tratamento e em acompanhamento clínico⁴⁶.

Em nosso estudo as variáveis cinemáticas foram obtidas utilizando as seguintes fórmulas:

Velocidade de Pico da fase concêntrica (está diretamente relacionada o tempo de movimento), no qual a fórmula é dada por:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta T} = \frac{(\theta \text{ máximo} - \theta \text{ mínimo})}{(T \text{ máximo} - T \text{ mínimo})}$$

Velocidade Média do movimento de extensão/flexão do joelho (média de velocidade atingida durante o movimento), e a fórmula é dada por:

$$\frac{\sum \frac{\Delta\theta}{\Delta T}}{N \text{ de frames}}$$

Suavidade (métrica que quantifica a qualidade do movimento) no qual a fórmula é dada por:

$$\frac{\text{Velocidade média}}{\text{Velocidade máxima}} = \frac{\frac{\sum \Delta\theta}{\Delta T}}{\frac{N \text{ de pontos}}{\Delta T (\theta \text{ final} - \theta \text{ inicial})}}$$

Legenda: θ = ângulo (graus); T = tempo (s); N de frames= cada quadro de vídeo gerado pelo *software* Kinovea.

3.7.1 Suavidade do Movimento

O movimento é dito suave quando acontece de forma contínua, sem interrupções. A suavidade do movimento é uma característica de corpos saudáveis e de um comportamento motor bem treinado. A suavidade do movimento aumenta com o desenvolvimento neural, aprendizado motor ou recuperação motora após um acidente vascular encefálico (AVE), por exemplo. Acredita-se que o movimento suave é o resultado da minimização do esforço e tal característica é fundamental para o aprendizado motor, controle sensório-motor e coordenação espaço temporal⁴⁷.

A suavidade do movimento é obtida por meio da razão entre a velocidade média e a velocidade máxima⁴⁸. Em indivíduos saudáveis, esse valor deve ser próximo de um, indicando maior suavidade do movimento, mas em pessoas com algum distúrbio neuromotor, esta métrica pode indicar alterações no padrão de movimento, relacionados com momentos de aceleração ou desaceleração⁴⁸.

Por meio da análise cinemática, pesquisadores analisaram o movimento de alcance do braço de 24 pacientes hemiparéticos após AVE⁴⁹. O objetivo era analisar os efeitos da vibração muscular segmentar (VMS) (baixa amplitude/ alta frequência) nos músculos bíceps braquial e flexor ulnar do carpo destes indivíduos. O protocolo de tratamento do grupo intervenção consistiu em sessões de fisioterapia com frequência de 5 vezes por semana e duração de 60 minutos durante duas semanas, nas quais era realizado exercícios de fortalecimento, alongamento muscular e treino específico de alcance para o braço hemiparético, além de VMS por 30 minutos. O grupo controle recebeu o mesmo tratamento, porém sem adição da VMS⁴⁹. Os resultados mostraram que o grupo intervenção apresentou diminuição significativa da análise de *jerk*, uma medida de suavidade de movimento. Esta melhora também foi observada no movimento de alcance do grupo intervenção apresentando

velocidade linear e angular média maior no ombro, causando diminuição do tempo de execução do movimento.

Em indivíduos com PC, pouco se sabe sobre os efeitos da VMS, principalmente após RDS. Os autores deste estudo acreditam que o uso da VMS (ou OMP) poderá auxiliar na contração muscular do músculo quadríceps femoral e melhorar o desempenho cinemático durante a realização de um exercício cinético em cadeia fechada melhorando os valores de velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento.

4 REFERÊNCIAS

1. Gulati S, Sondhi V. Cerebral palsy: an overview. *Indian J. Pediatr.* 2018; 85(11): 1006-16.
2. Novak I, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatr.* 2017;171(9):897-907.
3. Wimalasundera N, Stevenson VL. Cerebral palsy. *Pract. Neurol.* vol. 16, no 3, p. 184-194, 2016.
4. Aisen ML, et al. Cerebral palsy: clinical care and neurological rehabilitation. *Lancet Neurol.* 2011;10(9):844-852.
5. Pol S, Neves EB, Krueger E. Comparação entre a vibração pontual muscular e tendinosa sobre a modulação da espasticidade de uma criança com paralisia cerebral. 2018. doi: 10.29327/cobecseb.78908.
6. Nicolini-Panisson RD, Tedesco AP, Folle MR, Donadio MVF. Rizotomia dorsal seletiva na paralisia cerebral: critérios de indicação e protocolos de reabilitação fisioterapêutica pós-operatória. *Rev. Paul. Pediatr.* 2018;36(1):100-8.
7. Krueger-Beck E, Nogueira-Neto GN, Nohama P. Estímulo vibracional na espasticidade: uma perspectiva de tratamento. *Rev. Neurociencias.* 2010;18(4):523-30.
8. Kiss A, Rodrigues T, Salles P, Freitas HC. Rizotomia dorsal seletiva (RDS) para espasticidade: técnica minimamente invasiva no cone medular. *Arq Bras Neurocir.* 2014;33(3):170-5.
9. Park TS, Johnston JM. Surgical techniques of selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. Technical note. *Neurosurg. Focus.* 2006;21(2):1-6.
10. Lima RTF, Gardenghi G. Rizotomia dorsal seletiva (RDS) como tratamento da espasticidade em crianças com paralisia cerebral [trabalho de conclusão de curso]. Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás; 2015.
11. Ritzmann R, Stark C, Krause A. Vibration therapy in patients with cerebral palsy: a systematic review. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2018;18(14):1607-25. doi: 10.2147/NDT.S152543.
12. Souron R, Besson T, Millet GY, Lapole T. Acute and chronic neuromuscular adaptations to local vibration training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2017;117(10):1939-64.
13. Feltroni L, et al. Potentiation of muscle strength by focal vibratory stimulation on quadriceps femoris. *G. Ital. Med. Lav. Ergon.* 2018;40(2):90-6.

14. Wilcov. Diagrama de homúnculo (topográfico). 2020. [citado em 25 jul. 2020] Fonte: [http://willcov.com/bio-consciousness/diagrams/Homunculus%20\(Topographic\)%20Diagram.htm](http://willcov.com/bio-consciousness/diagrams/Homunculus%20(Topographic)%20Diagram.htm).
15. Kheder A, Nair KPS. Spasticity: pathophysiology, evaluation and management. *Pract. Neurol.* 2012;12(5):289-98.
16. Lima F, Lima M, Freitas S, Tortoza C, Lopes-Martins R. Revisão da Literatura: Espasticidade. 7º Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. 4º Encontro Americano de Pós-Graduação - Universidade do Vale do Paraíba. 2003. p.1455-1459.
17. Ambrose AF, Verghese T, Dohle C, Russo J. Muscle overactivity in the upper motor neuron syndrome: conceptualizing a treatment plan and establishing meaningful goals. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2018;29(3):483-500.
18. Jucá RVBM, Jucá CEB, Caldas CAT, Ioriatti ES, Baptista CRJA, Machado, HR. O efeito da rizotomia dorsal seletiva no quadro clínico e nos cuidados diários de crianças com paralisia cerebral espástica. *Acta Fisiátr.* 2011;18(1):11-15.
19. Peacock WJ, Staudt LA. Management of spasticity in cerebral palsy. *Int. Pediatr.* 2014;7(2):181-4.
20. Johns Hopkins Medicine. Rizotomia dorsal seletiva para espasticidade: o que você precisa saber. 2020. [citado em 15 jun. 2020] Disponível em: <https://www.hopkinsmedicine.org/international/portugues/conditions-treatments/pediatric-neurosurgery/selective-dorsal-rhizotomy.html>.
21. Subramanian N, Vaughan CL, Peter JC, Arens LJ. Gait before and 10 years after rhizotomy in children with cerebral palsy spasticity. *J. Neurosurg.* 1998;88(6):1014-19.
22. Langerak NG, Lamberts RP, Fieggen AG, Peter JC, Peacock WJ, Vaughan CL. Selective dorsal rhizotomy: long-term experience from Cape Town. *Child's Nerv. Syst.* 2007;23(9):1003-6.
23. Tedroff K, Hägglund G, Miller F. Long-term effects of selective dorsal rhizotomy in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology.* 2020;62(5):554-62.
24. Pithon-Curi TC. Fisiologia do exercício: caderno de referências de esporte. Vol. 2. Brasília. 2013. 74 p.
25. Sposito MMM. Cirurgias e intervenções físicas no tratamento da espasticidade na paralisia cerebral. *Acta Fisiatr.* 2010;17(2):84-91.
26. Sposito MMM. Bloqueios químicos para o tratamento da espasticidade na paralisia cerebral chemical blockage for cerebral palsy spasticity treatment. *Acta fisiátrica.* 2010;17(2):68-83.

27. Hagbarth KE, Kunesch EJ, Nordin M, Schmidt R, Wallin EU. Loop contributing to maximal voluntary contractions in man. *J Physiol.* 1986;380(1):575-91.
28. Sposito MMM, Riberto M. Avaliação da funcionalidade da criança com paralisia cerebral espástica. *Acta Fisiátrica.* 2016;17(2):50-61.
29. World Health Organization. Classificação Int. funcionalidade, incapacidade e saúde. Lisboa. 2004. 238 p.
30. Almeida KM, Albuquerque KA, Ferreira ML, Aguiar SKB, Mancini MC. Reliability of the brazilian portuguese version of the gross motor function measure in children with cerebral palsy. *Brazilian J. Phys. Ther.* 2016;20(1):73-80.
31. Hiratuka E, Matsukura TS, PFEIFER, LI. Adaptação transcultural para o Brasil do Adaptação transcultural para o Brasil do sistema de classificação da função motora grossa (GMFCS). *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(6):537-544.
32. Mancini MC, Coster WJ, Amaral MF, Avelar BS, Freitas R, Sampaio RF. New version of the pediatric evaluation of disability inventory (PEDI-CAT): Translation, cultural adaptation to Brazil and analyses of psychometric properties. *Brazilian J. Phys. Ther.* 2016;20(6):561-70.
33. Schmidtbleicher D, Haas CT, Turbanski S. Vibration training in rehabilitation. *Rehabilitation. 23º Simpósio Internacional de Biomecânica no Esporte.* 22-27 ago 2005. Pequim, China. 9 p.
34. Gillies JD, Lance JW, Neilson PD, Tassinari CA. Presynaptic inhibition of the monosynaptic reflex by vibration. *The Journal Physiology.* 1969;205(2):329-39.
35. Hagbarth KE, Eklund G. Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. *Brain Res.* 1966;2(2):201-3.
36. Guang H, Ji L, Shi Y. Focal vibration stretches muscle fibers by producing muscle waves. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 2018;26(4):839-46.
37. Ritzmann R, Krause A, Freyler K, Gollhofer A. Acute whole-body vibration increases reciprocal inhibition. *Hum. Mov. Sci.* 2017;60(1):191-201.
38. Krause A, Gollhofer A, Freyler K, Jablonka L, Ritzmann R. Acute corticospinal and spinal modulation after whole body vibration, *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* 2016;16(4):327-38.
39. Contemori S, et al. Sensory inflow manipulation induces learning-like phenomena in motor behavior. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2020;120(4):811-828.
40. Paoloni M. Neurovibration in neurorehabilitation. *Biosyst. Biorobotics.* 2019;21(2):686-88.
41. Warman G, Humphries B, Purton J. The effects of timing and application of vibration on muscular contractions. *Aviat. Sp. Environ. Med.* 2020;73(2):119-27.

42. Färkkilä M, Pyykkö I, Korhonen O, Starck J. Vibration-induced decrease in the muscle force in lumberjacks. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1980;43(1):1-9.
43. Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, Busquets A, Padullés-Chando X, Marcos-Ruiz D. Validity and reliability of the kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS One.* 2019;14(6):1-14.
44. El-Raheem RMA, Kamel RM, Ali MF. Reliability of using kinovea program in measuring dominant wrist joint range of motion. *Trends Appl. Sci. Res.* 2015;10(4):224-230, 2015.
45. Hanley B, Tucker CB, Bissas A. Differences between motion capture and video analysis systems in calculating knee angles in elite-standard race walking. *J. Sports Sci.* 2018;36(11):1250-5.
46. Pantzar-Castilla E, et al. Knee joint sagittal plane movement in cerebral palsy: a comparative study of 2-dimensional markerless video and 3-dimensional gait analysis. *Acta Orthop.* 2018;89(6):656-61.
47. Balasubramanian S, Melendez-Calderon A, Roby-Brami A, Burdet E. On the analysis of movement smoothness. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2015;12(1):1-11.
48. Reyes-Guzmán ADL, Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, Monasterio-Huelin F, Torricelli D, Gil-Agudo A. Quantitative assessment based on kinematic measures of functional impairments during upper extremity movements: a review. *Clin. Biomech.* 2014;29(7):719-27.
49. Tavernese E, et al. Segmental muscle vibration improves reaching movement in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation.* 2013;32(3):591-599.

5 ARTIGO: A OSCILAÇÃO MECÂNICA PONTUAL PODE INFLUENCIAR NO DESEMPENHO CINEMÁTICO DO MÚSCULO QUADRÍCEPS FEMORAL DE INDIVÍDUOS COM PARALISIA CEREBRAL APÓS RIZOTOMIA DORSAL SELETIVA?

(Formatado nas normas do periódico *Neurorehabilitation and Neural Repair*)

A OSCILAÇÃO MECÂNICA PONTUAL PODE INFLUENCIAR NO DESEMPENHO CINEMÁTICO DO MÚSCULO QUADRÍCEPS FEMORAL DE INDIVÍDUOS COM PARALISIA CEREBRAL APÓS RIZOTOMIA DORSAL SELETIVA?

Gabriel Costa Martins¹, PT, MSc; Fellipe Bandeira Lima², PT; Eddy Krueger³ PT, PhD; Suhaila Smaili Santos¹, PT, PhD; Leandro Cruz Mantoani¹, PT, PhD.

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação - Universidade Estadual de Londrina - Londrina - Paraná – Brasil.

²Programa de Doutorado da Universidade do Porto – Portugal.

³Centro de Ciências Biológicas - Departamento de Anatomia Universidade Estadual de Londrina – Londrina – Paraná – Brasil.

Autor Correspondente: Dr. Leandro Cruz Mantoani, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação – Universidade Estadual de Londrina. Avenida Robert Koch, nº 60, Vila Operária, Londrina, Paraná, Brazil, CEP 86038-350. Tel. (+55) 433371-2320. E-mail leandromantoani@yahoo.com.br

Total de palavras: Corpo do texto = 3.338; Abstract =284; Figuras = 3; Tabelas = 5.

Abstract

Introduction: Selective Dorsal Rhizotomy (SDR) is a surgical procedure which involves cutting the afferent fibers near the medullary cone with the goal of reducing muscle spasticity, especially in individuals with cerebral palsy (CP). Punctual Mechanical Oscillation (PMO) is an easily applicable intervention that can be used to activate muscle fibers that had been innervated by the afferent nerve fibers. *Objectives:* To investigate the kinematic effects of acute PMO application on the femoral quadriceps muscle during a closed kinetic chain exercise in subjects with CP who had undergone SDR. *Methods:* 10 subjects with CP (9 years old, 7/3 M/F) were evaluated with the following tools: mini-mental state examination, International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), lower limb goniometry and 2D kinematic analysis of knee flexion/extension (from the sagittal plane) with the Leg Press Machine angles at 90°, 105°, and 120°. *Results:* There were no differences in the smoothness of movement variable in any of the angles analyzed with or without PMO application. There was a difference in peak velocity while using vs not-using the PMO: 19,5°/s vs 41,7°/s, 22,2°/s vs 40,8°/s, 15,8°/s vs 26,9°/s; 90°, 105° and 120° respectively. There was a difference between using vs not-using PMO when analyzing the medium concentric phase velocity: 21,2°/s vs 41,5°/s, 21,9°/s vs 36,4°/s and 15,8°/s vs 27,0°/s; 90°, 105° and 120°. There were no differences found between the assessments made at day one and at day two for any of the variables, in any angle, with or without PMO. *Conclusion:* Acute PMO application reduced the peak speed and mean speed during a closed kinetic chain exercise, although it did not reduce the movement smoothness of individuals with CP who had undergone a SDR procedure.

Key words: Cerebral Palsy, Selective Dorsal Rhizotomy, Pointed Mechanical Oscillation, Focal Vibration, Kinematic Analysis.

Introdução

Dentre as complicações mais comuns na PC, cita-se a espasticidade muscular. Esta alteração do tônus muscular é encontrada em 70% a 80% dos pacientes^{1,2}. Devido a esta disfunção, alterações como hiperreflexia, espasmo muscular, encurtamento muscular e alterações posturais são comumente encontradas nesses indivíduos³. Deste modo, o controle da espasticidade tem papel crucial no tratamento da PC e na prevenção de complicações¹.

A Rizotomia Dorsal Seletiva (RDS) consolida-se como uma intervenção cirúrgica eficaz e de caráter definitivo como alternativa para o tratamento da espasticidade em pacientes com PC bilateral espástica^{4,5,6,7}. A RDS visa seccionar feixes de fibras nervosas sensitivas dorsais (aferentes Ia), interrompendo o mecanismo de arco reflexo miotático monossináptico simples, levando conseqüentemente à redução da espasticidade^{6,7}. Porém, a secção destas fibras sensitivas leva à redução da propriocepção muscular, comprometendo a ação motora e conseqüentemente sua funcionalidade^{8,9}.

Como tentativa de oferecer propriocepção e otimizar a contração muscular, a oscilação mecânica pontual (OMP) emerge como ferramenta de fácil aplicação e baixo custo na prática clínica^{10,11,12}. A OMP é uma técnica que utiliza a oscilação mecânica como um estímulo indireto para atuar nas estruturas neuromusculares¹³. A ação mecânica imposta pela OMP causa alterações no comprimento do complexo músculo-tendíneo. Essas alterações são detectadas pelos receptores sensoriais Ia, que geram uma resposta reflexa na tentativa de amortecer as ondas vibratórias, fenômeno chamado de reflexo de vibração tônico (RVT)^{12,14}. Além do RVT, outros fenômenos

como a ilusão de movimento, percepção de força e senso de esforço podem ser modulados pela OMP¹⁵. Tais fenômenos exercem efeitos na coluna dorsal da medula espinhal e no controle supra-segmentar, circuitos importantes para o controle da ação muscular^{10,16}.

Ainda não se sabe quais são os efeitos da OMP no desempenho cinemático do membro inferior de pacientes com PC após-RDS. Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo descrever o desempenho cinemático do músculo quadríceps femoral em um exercício cinético de cadeia fechada com e sem o uso da oscilação mecânica pontual em pacientes com PC submetidos à rizotomia dorsal seletiva. Adicionalmente, objetivou-se comparar as diferentes variáveis cinemáticas do músculo quadríceps femoral em dois dias de avaliação (efeito aprendido).

Materiais e métodos

Desenho do estudo (Trial Design)

Trata-se de um estudo de caráter quase experimental, com amostra por conveniência, realizado no período de outubro-novembro de 2019, em associação com três clínicas de fisioterapia da cidade de Maringá – Paraná (Brasil).

Os pacientes foram recrutados por meio de contato direto com as clínicas de reabilitação e pela divulgação do projeto em mídias sociais. Uma visita foi agendada para os indivíduos que aceitaram participar do estudo. Após a explicação do protocolo e de todos os procedimentos envolvidos na pesquisa, os responsáveis legais pelos participantes leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Foram incluídos os pacientes que preencheram os seguintes critérios pré-definidos: diagnóstico de Paralisia Cerebral; qualquer classificação de GMFCS; indivíduos previamente submetidos à cirurgia de rizotomia dorsal seletiva. Foram excluídos

indivíduos que apresentavam um ou mais dos seguintes critérios: associação de diagnóstico neurológico além de PC; alterações dermatológicas que impedissem a aplicação da OMP (e.g. dermatites) e/ou não tolerassem desconforto proporcionado pelo estímulo vibratório; presença de tecido neoplásico próximo ou nos membros inferiores (área a ser estimulada); implante metálico em regiões próximas ou entre a região que se aplicaria a OMP; impossibilidade de posicionamento/execução do exercício cinético em cadeia fechada; alteração cognitiva que prejudicasse a realização do protocolo.

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade Estadual de Londrina sob o parecer número 3.796.921. Todos os participantes tiveram seus direitos preservados durante a pesquisa.

Procedimentos de Avaliação

Os participantes do estudo foram submetidos às seguintes avaliações: mini-exame do estado mental para crianças com PC (Mini-mental)¹⁷; avaliação física por meio de avaliação do tônus muscular utilizando a escala modificada de *Ashworth*¹⁸; mensuração da amplitude de movimento de joelho (goniometria)¹⁹; classificação da função motora grossa por meio da *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS)²⁰; classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde para Crianças e Jovens (CIF-CJ)²¹; domínio *core sets* funções do corpo (b117= funções intelectuais (MEEM); b167= funções mentais e da linguagem (MEEM); b280= sensação de dor; b710= mobilidade das articulações (goniometria de joelho); b735= funções do tônus (Escala de *Ashworth*); b760= funções relacionadas ao controle de movimento voluntário (solicitação de movimentos ativos de membros inferiores); avaliação da percepção de esforço (escala de fadiga adaptada para crianças)²². Todas

as avaliações foram realizadas por um único avaliador. Devido à natureza do protocolo de avaliação e intervenção, não foi possível fazer o cegamento dos participantes e do avaliador no estudo.

Após a avaliação inicial, foi realizada a ambientação do paciente ao sistema de coleta de dados cinemáticos no plano sagital, que consistiu em posicionar os marcadores para referência anatômica no trocânter maior e epicôndilo lateral do fêmur e maléolo lateral da fíbula do membro inferior direito. Em seguida, o paciente foi posicionado no equipamento *Legpress* (invertido) (*A8 Metal Concept*, Brasil) com os pés fixos a uma base de suporte em posição neutra e foi solicitado a realização de três repetições de extensão/flexão de joelho em cada posicionamento do *Legpress* à 90°, 105° e 120° de angulação do aparelho (Figura 1). Os pacientes foram instruídos a realizar a máxima extensão de joelho que conseguissem (fase concêntrica do movimento) e, durante a metade da amplitude de movimento da flexão de joelho (fase excêntrica do movimento) era solicitado que os pacientes realizassem uma contração isométrica de cinco segundos. Na sequência, foi acrescentada a OMP (dispositivo de vibração focal - 45Hz) (*Relaxmedic*®, modelo *Infratch Hammer* – (*Relaxmedic*, China), posicionado sobre o ventre muscular da região médio-lateral do quadríceps (bilateral) e solicitado a realização do mesmo procedimento citado acima.



Figura 1. Posicionamento do *Legpress* para o exercício cinético em cadeia fechada com ou sem OMP. **Legenda:** A, B e C: Posicionamento no *Legpress* invertido sem a OMP à 90°; 105° e 120° de angulação do aparelho, respectivamente. D, E e F: Posicionamento no *Legpress* invertido com a OMP à 90°; 105° e 120° de angulação do aparelho, respectivamente.

Procedimentos de Intervenção – Aplicação da Oscilação Mecânica Pontual (OMP)

Após 48 horas da avaliação inicial e ambientação ao protocolo de intervenção foi realizado o primeiro dia de avaliação (Dia 1). Os pacientes incluídos no estudo foram submetidos ao exercício cinético em cadeia fechada utilizando ou não a OMP. A ordem de sequência do posicionamento no *Legpress* invertido (à 90°, 105° e 120°) de angulação do aparelho, bem como a utilização ou não da OMP foi aleatorizada por meio de um gerador de números aleatórios (www.random.org). Os participantes foram submetidos a nova coleta de dados 48 horas após o dia de ambientação (segundo dia de avaliação – Dia 2), em que; nova aleatorização para a angulação e para o uso ou não da OMP no músculo quadríceps foi realizada.

Os pacientes realizaram três repetições da extensão/flexão de joelho em cada angulação do *Legpress* à 90°, 105° e 120°, com ou sem o uso da OMP. Os pacientes foram instruídos a realizar a máxima extensão de joelho que conseguisse, (fase concêntrica do movimento) e, durante a metade da amplitude de movimento da flexão de joelho (fase excêntrica do movimento) era solicitado que os pacientes realizassem uma contração isométrica de cinco segundos. No total, cada paciente realizou dezoito vezes o movimento de extensão do joelho (por dia) durante o exercício cinético em cadeia fechada, sendo nove (9) vezes com o uso da vibração e nove (9) vezes sem o uso da vibração, conforme a aleatorização. Durante o intervalo entre os exercícios, foi monitorada a percepção de esforço dos indivíduos por meio de uma escala de fadiga adaptada para crianças²² com a finalidade de se evitar o estado de fadiga.

Para a oscilação mecânica pontual foi utilizado o dispositivo comercial (*Relaxmedic*®, modelo *Infratch Hammer* – (*Relaxmedic, China*), com frequência de oscilação de 45Hz e amplitude de 0,5mm. A OMP foi aplicada sobre o ventre muscular médio-lateral (bilateral) do músculo quadríceps femoral durante a realização do exercício cinemático em cadeia fechada nas fases concêntrica, excêntrica e isométrica do movimento de flexão/extensão de joelho.

A Figura 2 traz o fluxograma do protocolo de avaliação do estudo.

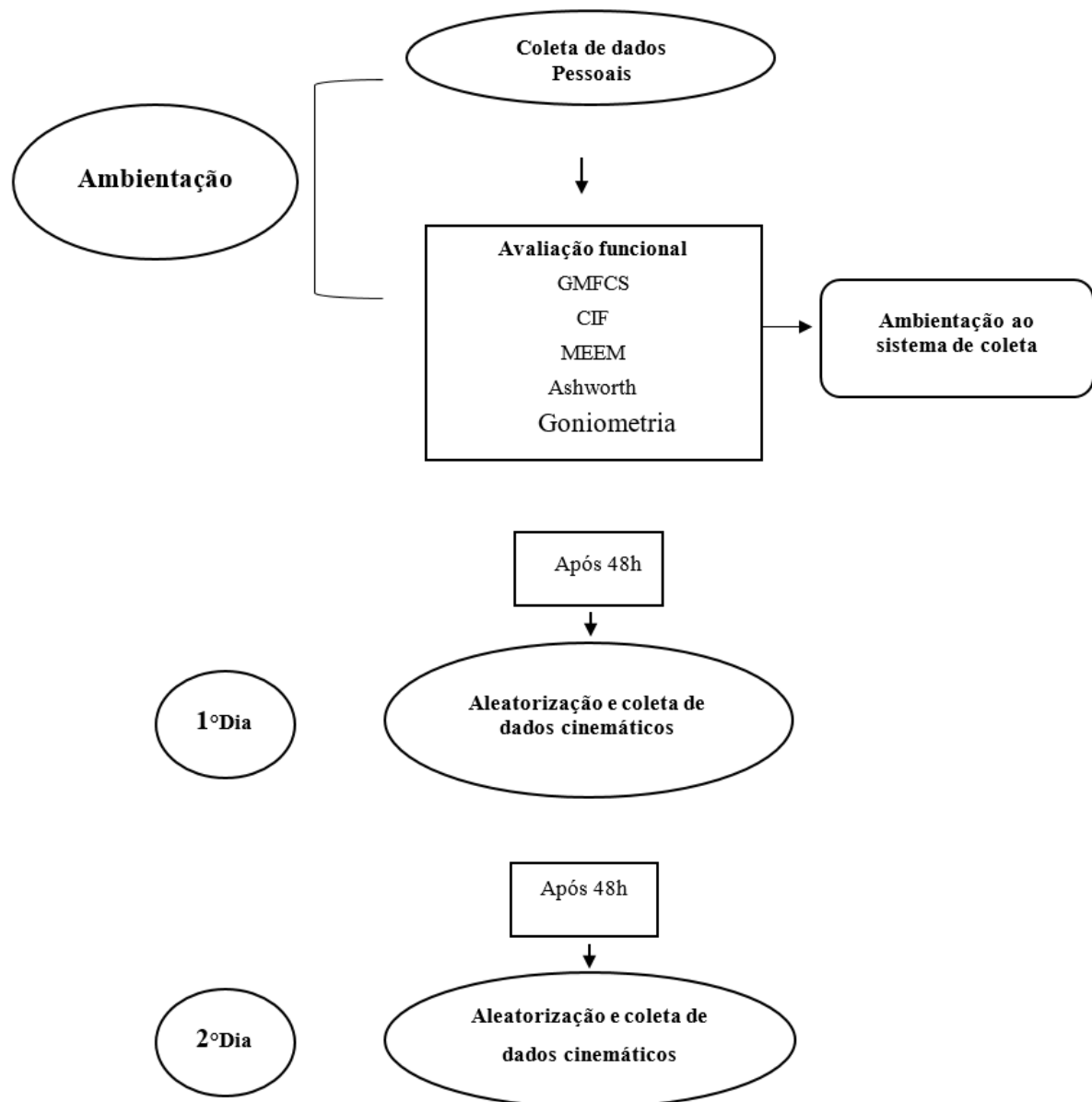


Figura 2. Fluxograma do protocolo de avaliação do estudo.

Legenda: GMFCS= *Gross Motor Function Classification System*; CIF= Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde; MEEM= Mine-Exame do Estado Mental.

Desfechos primários

Os dados analisados e tratados pelo *software* Kinovea (Patreon, EUA) foram exportados para uma planilha no formato *Excel* (Microsoft, EUA). Com base nos dados cinemáticos coletados (ângulo/tempo) foram calculadas as variáveis velocidade de pico, velocidade média e a suavidade do movimento para as fases concêntrica,

excêntrica e isométricas do movimento de flexão/extensão do joelho realizados no *Legpress* invertido no Dia 1 e no Dia 2 nas diferentes angulações (90°, 105° e 120°). Para análise estatística dos resultados, foi utilizado o valor da média das três repetições do exercício cinético em cadeia fechada. As variáveis foram obtidas utilizando as seguintes fórmulas: a) Velocidade de pico: variação angular dividido pela variação do tempo; b) velocidade média: somatório da variação angular dividido pelo somatório da variação do tempo dividido pelo número total de frames captados pelo *software*; c) suavidade do movimento: divisão da velocidade média pela velocidade máxima.

Desfechos secundários

A fim de se detectar a possibilidade de efeito aprendido para execução do exercício cinético em cadeia fechada, os participantes foram reavaliados no Dia 2 sob as mesmas condições do Dia 1, porém passaram por uma nova aleatorização dos posicionamentos no *Legpress* invertido e do uso ou não da OMP. Foram novamente coletados os dados cinemáticos (ângulo/tempo) e obtidas as variáveis velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento.

Análise estatística (Statistical analysis)

A análise de poder da amostra foi calculada utilizando o pós-teste de medidas pareadas, pelo *software G*Power*, versão 3.19.7, com nível alfa de 0,05 e tamanho grande de efeito obtendo-se poder estatístico de 80%^{23,24,25}. Os dados foram apresentados em média e desvio padrão ou em mediana e intervalo interquartilício [25%-75%], de acordo com a distribuição de normalidade dos dados analisada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. A comparação dos dados cinemáticos dos indivíduos

(velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento) foi analisada por meio do teste *T* para amostras independentes ou *Mann-Whitney* (distribuição paramétrica ou não paramétrica, respectivamente). A comparação de dados cinemáticos (velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento) (para mais de duas categorias) foi realizada através do *One way ANOVA* ou teste de *Kruskal-Wallis*. Para comparação dos dados categóricos foi utilizado o teste ANOVA, com pós-teste de *Bonferroni*. Para avaliação do efeito aprendido (Dia 1 vs Dia 2), foi realizada comparação das variáveis velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento (com e sem OMP) utilizando teste t pareado ou de *Wilcoxon*, dependendo da distribuição da normalidade dos dados. A significância estatística adotada foi de $P < 0,05$. Todas as análises foram realizadas por meio do programa estatístico SPSS versão 26 (IBM, EUA).

Resultados

Inicialmente, 15 crianças com paralisia cerebral espástica, que realizaram procedimento cirúrgico de Rizotomia Dorsal Seletiva para redução da hipertonia muscular nos membros inferiores foram convidadas para participar desse estudo. Dez indivíduos preencheram os critérios de inclusão e foram avaliados (Figura 3). Na Tabela 1 estão descritas as características dos pacientes estudados.

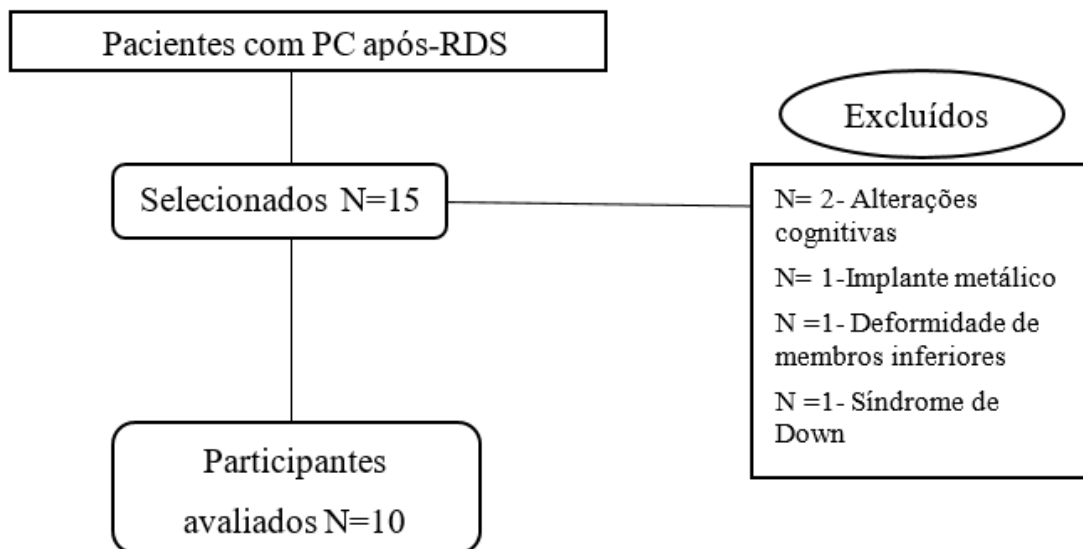


Figura 3. Participantes selecionados para o estudo.

As funções do corpo, avaliadas segundo a Classificação Internacional de Funcionalidade (CIF) estão apresentadas na Tabela 2. Os resultados referentes à comparação entre a suavidade do movimento durante as fases concêntrica, excêntrica e isométrica do exercício de acordo com a utilização ou não da OMP estão registrados na Tabela 3. Não foi evidenciado diferença estatisticamente significativa entre os indivíduos avaliados segundo esta variável nas diferentes angulações, com ou sem o uso da OMP.

Houve redução estatisticamente significativa na velocidade de pico das diferentes angulações do *Legpress* quando utilizado a vibração (OMP) vs sem a vibração (Tabela 4). Adicionalmente, também houve redução estatisticamente significativa da velocidade média na fase concêntrica durante a utilização da oscilação mecânica pontual vs não utilização. Não foi encontrada significância estatística para velocidade média nas fases excêntrica e isométrica em nenhuma das angulações testadas (Tabela 5).

Para verificar a hipótese de efeito aprendizagem, foi realizada a comparação entre a

variável suavidade do movimento, que não apresentou significância estatística na diferença das médias do Dia 1 vs Dia 2. O mesmo ocorreu para as variáveis velocidade de pico do Dia 1 vs Dia 2. A velocidade de pico à 90° sem vibração foi de (39 ±11°/s vs 40 ±14°/s, p=0,5) e com vibração (20 ±5°/s vs 27 ±12°/s, p=0,7) Dia 1 vs Dia 2 respectivamente; à 105° sem vibração (40 ±17°/s vs 41 ±19°/s, p=0,2) e com vibração (24 ±11°/s vs 28 ±20°/s, p=0,1) Dia 1 vs Dia 2 respectivamente; e à 120° sem vibração (30 ±12°/s vs 33 ±8°/s, p=0,6) e com vibração (17 ±7°/s vs 24 ±7°/s, p=0,07) Dia 1 vs Dia 2, respectivamente. Não foi constatada significância estatística para a diferença entre as médias da variável velocidade média Dia 1 vs Dia 2. O mesmo foi constatado para a variável suavidade do movimento na fase isométrica comparando as médias do Dia 1 vs Dia 2.

Efeitos adversos

Não foram relatados efeitos adversos ao se utilizar a OMP.

Discussão

O presente estudo mostrou que não houve melhora na suavidade do movimento em um exercício cinético de cadeia fechada, utilizando-se ou não a OMP. Entretanto, houve diminuição na velocidade de pico e na velocidade média na fase concêntrica do movimento ao se utilizar a OMP aplicada de forma aguda no músculo quadríceps femoral bilateralmente durante a realização de exercício cinético em cadeia fechada à 90°, 105° e 120°. Isto evidencia a influência da OMP no desempenho cinemático do músculo vibrado, tal fato deve ser examinado com cautela durante seu uso em tratamentos que visem melhorar o controle motor durante a execução de movimentos específicos de MMII.

Adicionalmente, o presente estudo demonstrou que não houve diferenças entre os dois dias de avaliação, o que evidencia a ausência de um efeito aprendido nesse tipo de mensuração. Tal achado pode ser útil pois, apenas um dia de avaliação é o suficiente para investigar a velocidade de pico, velocidade média e suavidade do movimento de flexão/extensão de joelho nesta população.

Também não foi detectada diferença entre os diferentes posicionamentos do exercício à 90°, 105° e 120°. Estes achados descartam a hipótese de uma possível influência do posicionamento no aparelho *Legpress* à 90°, 105° e 120° em pacientes com PC submetidos à RDS. Tal fato sugere, que a escolha de apenas um posicionamento no exercício cinético em cadeia fechada é o suficiente para realizar a coleta de dados.

A suavidade do movimento é uma métrica que quantifica a melhora do movimento. Movimentos suaves são característicos de um comportamento motor saudável e bem treinado. Em indivíduos com desordens neurológicas a suavidade do movimento aumenta com o aprendizado motor e a recuperação motora^{26,27}. No presente estudo não foi detectada significância estatística para a variável suavidade do movimento. Este achado não vai de encontro com os resultados de Contemori e colaboradores¹¹, os quais detectaram uma melhora da suavidade do movimento de indivíduos saudáveis ao analisar a cinemática de apontar para um alvo¹¹. Tavernese e colaboradores²⁸ também encontraram aumento da suavidade do movimento durante a análise do movimento de alcance do braço hemiparético de 24 pacientes pós-AVE. Chang *et al.*²⁹ constataram que a suavidade do movimento de alcance é menor em crianças com PC em comparação a controles saudáveis²⁹. A discordância em nossos achados pode ser devido principalmente ao tempo de aplicação da OMP: efeitos agudos do uso da OMP no presente estudo vs repetidas aplicações da vibração por 30 min vs três aplicações de 10 min^{11,28}. Outro fator que pode justificar a não

concordância dos achados é o uso da vibração aliada à fisioterapia diária com duração de duas semanas²⁸. Aparentemente, repetidas aplicações de vibração ao longo do tempo corroboram para a melhora da habilidade motora¹¹.

O presente estudo demonstrou uma redução da velocidade de pico e da velocidade média na fase concêntrica utilizando a OMP durante a realização do exercício cinético em cadeia fechada em diferentes angulações. Entretanto, o comportamento motor em indivíduos saudáveis e hemiparéticos parece ser diferente dos pacientes com PC submetidos à RDS. Contemori *et al.*¹¹ observaram aumento da velocidade média e ausência de diferença na velocidade de pico ao utilizar a vibração no membro superior de indivíduos saudáveis. Já Tavernese e colaboradores²⁸ evidenciaram aumento da velocidade média e velocidade linear ao associar fisioterapia à vibração. Estes achados reforçam a hipótese de que repetidas aplicações da vibração a longo prazo, associados a um protocolo de intervenção promovem melhora do movimento^{11,28}.

Em pacientes hemiparéticos o movimento de alcance é caracterizado pela redução da velocidade de execução do movimento e da suavidade²⁸. Tal fato foi também observado por Machado *et al.*²⁵ ao analisar o movimento de alcance de pacientes com PC. Esses indivíduos, assim como no presente estudo, apresentaram redução da velocidade de pico e velocidade média acompanhado da redução do tempo de execução do movimento, comparado a controles saudáveis. Isto evidencia uma maior dificuldade no controle do movimento por parte desses indivíduos²⁵. Segundo Ritzmann *et al.*¹³ a aplicação aguda da vibração em pacientes com PC leva a modulação de mecanismos reflexos, conseqüentemente, fatores que interferem na execução precisa dos movimentos são diminuídos durante um período de tempo, gerando maior coordenação muscular¹³. Aparentemente tais efeitos não ocorreram em indivíduos com PC após-RDS que, no presente estudo, apresentaram redução da

velocidade de pico e velocidade média, achados que estão associados com a piora do controle motor^{25,29}. Tais achados devem ser observados com cautela por fisioterapeutas que utilizam a vibração durante a reabilitação de indivíduos com PC submetidos à RDS e visam a melhora do controle motor de MMII, uma vez que seus efeitos nesta população ainda são incertos.

O efeito da vibração durante a contração muscular vem sendo investigado há anos^{30,31}. Em atletas recreacionais, houve melhoras significativas na força muscular e na ativação muscular em contrações isotônicas concêntricas realizadas durante e após a OMP no músculo reto femoral. Entretanto, o mesmo não aconteceu para contrações isométricas e isocinéticas³². Efeitos da aplicação da vibração simultaneamente à contração isotônica e isométrica do quadríceps foram relatados em 7 indivíduos saudáveis por Fattorini et al.³³ os quais constataram redução da fadiga ao aplicar a vibração em contrações contra carga e redução de tempo para alcançar o pico de força em exercícios isocinéticos³³. O uso da vibração também foi descrita em indivíduos que tiveram bloqueio do nervo fibular por Hagbarth *et al.*⁹. Os autores evidenciaram que o recrutamento de unidades motoras (UM) pode ser melhorada com a aplicação da vibração na musculatura agonista vibrada, aumentando a contração voluntária máxima. Já a redução no recrutamento de UM pode ocorrer com a vibração de músculos antagonistas⁹. Ainda que estudos relatem os efeitos positivos da vibração aplicada de forma aguda na contração muscular, o mesmo parece não ocorrer em indivíduos com PC após-RDS. O presente estudo embora tenha apresentado a redução da velocidade de pico e velocidade média durante o uso da OMP não impactou na suavidade do movimento. Uma hipótese para os nossos achados é que a sensibilidade da aferência sensorial pode ser reduzida durante a contração muscular devido à estimulação inibitória de fibras Ib originadas no Órgão Tendinoso de Golgi,

que reduzem a contratilidade muscular^{34,35}. Entretanto, não é possível inferir isso baseado em nossos resultados.

O presente estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, há uma heterogeneidade da amostra em relação ao nível de GMFCS e tempo pós RDS, o que pode ter influenciado na seletividade do controle motor voluntário e, conseqüentemente, nos achados do estudo. Além disso, não houve nenhum tipo de cegamento para avaliação dos participantes. Também devemos considerar que a vibração foi aplicada de forma aguda, não gerando mudanças neuroplásticas capazes de influenciar o desempenho motor desses indivíduos^{12,33}.

Sendo assim, conclui-se que a OMP aplicada ao músculo quadríceps femoral foi capaz de influenciar no desempenho cinemático de indivíduos com PC após-RDS, reduzindo a velocidade de pico e a velocidade média na fase concêntrica do movimento. Entretanto, estas diferenças não provocaram alterações na suavidade do movimento. Adicionalmente, apenas um dia de avaliação é necessário para investigar a cinemática do movimento de flexão/extensão de joelhos de pacientes com PC submetidos à RDS. Estudos futuros devem investigar melhor o efeito da OMP e sua aplicação em diversos parâmetros, tanto de uso agudo como crônico, e utilizando a aplicação de placebo da OMP em indivíduos com PC pós RDS. Tais estudos devem objetivar a melhora do desempenho da contração muscular e funcionalidade, e explorar o possível envolvimento do *loop* alfa-gama no controle do movimento associados à OMP, bem como sua influência na suavidade do movimento.

Conflito de Interesse

Os autores declaram não haver nenhum tipo de conflito de interesse no presente estudo.

REFERÊNCIAS

1. Pol S, Neves E, Krueger E. Comparação entre a vibração pontual muscular e tendinosa sobre a modulação da espasticidade de uma criança com paralisia cerebral. In: Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica. *Anais...* Uberlândia(MG) Center Convention Uberlândia, 2018. doi:10.29327/cobecseb.78908.
2. Gulati S., Sondhi V. Cerebral palsy: an overview. *Indian J. Pediatr.* 2018;85:1006-1016.
3. Wimalasundera N, Stevenson VL. Cerebral palsy. *Pract. Neurol.* 2016;16:184-194.
4. Lima RTF, Gardenghi G. Rizotomia Dorsal Seletiva (RDS) como tratamento da espasticidade em crianças com paralisia cerebral [trabalho de conclusão de curso]. Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás; 2015.
5. Park TS, Johnston JM. Surgical techniques of selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. Technical note. *Neurosurg. Focus* 2006;21:1-6.
6. Jucá RVBM, Jucá CEB, Caldas CAT, Ioriatti ES, Baptista CRJA, Machado, HR. O efeito da rizotomia dorsal seletiva no quadro clínico e nos cuidados diários de crianças com paralisia cerebral espástica. *Acta Fisiátr.* 2011;18:11-15.
7. Nicolini-Panisson RD, Tedesco AP, Folle MR, Donadio MVF. Rizotomia dorsal seletiva na paralisia cerebral: critérios de indicação e protocolos de reabilitação fisioterapêutica pós-operatória. *Rev. Paul. Pediatr.* 2018;36:100-108.
8. Kiss A, Rodrigues T, Salles P, Freitas HC. Rizotomia dorsal seletiva (RDS) para espasticidade: técnica minimamente invasiva no cone medular. *Arq Bras Neurocir.* 2014;33:170-175.
9. Hagbarth KE, Kunesch EJ, Nordin M, Schmidt R, Wallin EU. Loop contributing to maximal voluntary contractions in man. *J Physiol.* 1986;380:575-591.
10. Feltroni L et al. Potentiation of muscle strength by focal vibratory stimulation on quadriceps femoris. *G. Ital. Med. Lav. Ergon.* 2018;40: 90-96.
11. Contemori S et al. Sensory inflow manipulation induces learning-like phenomena in motor behavior. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2020;120:811-828.
12. Souron R, Besson T, Millet GY, Lapole T. Acute and chronic neuromuscular adaptations to local vibration training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2017;117:1939-1964.
13. Ritzmann R, Stark C, Krause A. Vibration therapy in patients with cerebral palsy: a systematic review. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2018;14:1607-1625. doi: 10.2147/NDT.S152543.
14. Krueger-Beck E, Nogueira-Neto GN, Nohama P. Estímulo vibracional na espasticidade: uma perspectiva de tratamento. *Rev. Neurociências.* 2010;18:523-530.
15. Ferrari F, Clemente F, Cipriani C. The preload force affects the perception threshold of muscle vibration-induced movement illusions. *Exp. Brain Res.* 2019;237:111-120.
16. Taylor MW, Taylor JL, Seizova-Cajic T. Muscle vibration-induced illusions: review of contributing factors, taxonomy of illusions and user's guide. *Multisens. Res.* 2017;30:25-63.
17. Moura R et al. Mini-mental state exam for children (MMC) in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dement. Neuropsychol.* 2017;11:287-296.
18. Sposito MMM, Riberto M. Avaliação da funcionalidade da criança com paralisia cerebral espástica. *Acta Fisiátrica.* 2016;17:50-61.

19. Iunes, DH, Castro, FA, Salgado HS, Monte-Raso VV. Análise comparativa do ângulo do quadríceps medido através da goniometria e da fotogrametria computadorizada. *Fisioterapia Brasil*. 2010;11:164-169.
20. Hiratuka E, Matsukura TS, PFEIFER, LI. Adaptação transcultural para o Brasil do Adaptação transcultural para o Brasil do sistema de classificação da função motora grossa (GMFCS). *Rev Bras Fisioter*. 2010;146:537-544.
21. Oliveira RP, Caldas CACT, Riberto, M. Application of the ICF-CY Brief Core Set for cerebral palsy on a school age child. *Acta Fisiátrica*. 2016;23: 46-50.
22. Martins R, ASSUMPÇÃO MS, Schivinski CIS. Percepção de esforço e dispneia em pediatria: revisão das escalas de avaliação. *Medicina (Ribeirao Preto)*. 2014;47: 25-35.
23. Faul F, Erdfelder E, Lang A et al. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods* 2007;39:175-191.
24. Chappell A. et al. The effect of joint translation constraint on within-participant variability of kinematics and kinetics during running in cerebral palsy. *Clin. Biomech*. 2019;63:54-62.
25. Machado LR, Heathcock J, Carvalho RP, Pereira ND, Tudella E. Kinematic characteristics of arm and trunk when drinking from a glass in children with and without cerebral palsy. *Clin. Biomech*. 2019;63:201-206.
26. Balasubramanian S, Melendez-Calderon A, Roby-Brami A, Burdet E. On the analysis of movement smoothness. *J. Neuroeng. Rehabil*. 2015;12:1-11.
27. Balasubramanian S, Melendez-Calderon A, Burdet E. A robust and sensitive metric for quantifying movement smoothness. *IEEE Trans. Biomed. Eng*. 2012;59:2126-2136.
28. Tavernese E et al. Segmental muscle vibration improves reaching movement in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*. 2013;32:591-599.
29. Chang JJ, Wu TI, Wu WL, Su FC. Kinematical measure for spastic reaching in children with cerebral palsy. *Clin. Biomech*. 2005;20:381-388.
30. FÄrkkilÄ M, Pyykkö I, Korhonen O, Starck J. Vibration-induced decrease in the muscle force in lumberjacks. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol*. 1980;43:1-9.
31. Barnes MJ, Perry BG, Mündel T, Cochrane DJ, Ward SA. The effects of vibration therapy on muscle force loss following eccentrically induced muscle damage. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2012;112:1189-1194.
32. Warman G, Humphries B, Purton J. The effects of timing and application of vibration on muscular contractions. *Aviat. Sp. Environ. Med*. 2002;73:119-127.
33. Fattorini L, Ferraresi A, Rodio A, Azzena GB, Filippi GM. Motor performance changes induced by muscle vibration. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2006;98:79-87.
34. Burke D et al. The responses of human muscle spindle endings to vibration of non-contracting muscles. *J Physiol*. 1976;261:673-693.
35. Schmidtbleicher D, Haas CT, Turbanski S. Vibration training in rehabilitation. *Rehabilitation*. 23º Simpósio Internacional de Biomecânica no Esporte. Pequim, China. 2005;1:71-79.

TABELAS

Tabela 1. Características dos indivíduos estudados

Idade (anos)	9,0
Sexo (M,F)	7/3
Tempo de RDS < 1ano (%)	30%
Tempo de RDS > 1ano < 2anos (%)	40%
Tempo de RDS > 2anos (%)	30%
GMFCS IV	50%
GMFCS III	30%
GMFCS I	20%
MEEM	31±1,37

RDS= Rizotomia Dorsal Seletiva; GMFCS= *Gross Motor Function Classification System*; MEEM= Mini-Exame do Estado Mental.

Tabela 2. Distribuição da frequência e percentagem das funções do corpo avaliadas segundo a CIF

Função	Frequência	Percentagem
b117	Problema moderado 25-49% (3)	30%
	Problema leve 5-24% (3)	30%
	Nenhum problema 0-4% (4)	40%
b167	Nenhum problema 0-4% (10)	100%
b280	Problema grave 50-95% (2)	20%
	Nenhum problema 0-4% (8)	80%
b710	Problema leve 5-24% (7)	70%
	Nenhum problema 0-4% (3)	30%
b735	Problema grave 50-95% (1)	10%
	Problema moderado 25- 49% (4)	40%
	Problema leve 5-24% (2)	20%
	Nenhum problema 0-4% (3)	30%
b760	Problema grave 50-95% (4)	40%
	Problema moderado 25- 49% (1)	10%
	Problema leve 5-24% (4)	40%
	Nenhum problema 0-4% (1)	10%

b117= funções intelectuais; b167= funções mentais e da linguagem; b280= sensação de dor; b710= mobilidade das articulações; b735= funções do tônus; b760= funções relacionadas ao controle de movimento voluntário.

Tabela 3. Comparação entre a suavidade do movimento usando ou não a OMP

Suavidade (°/s)	Com OMP	Sem OMP	P
Suavidade Fase Concêntrica 90°	0,3[0,3-0,4]	0,4[0,3-0,4]	0,171
Suavidade Fase Excêntrica 90°	0,3[0,2-0,3]	0,3[0,3-0,4]	0,205
Suavidade Fase Isométrica 90°	0,2[0,1-0,2]	0,1[0,1-1]	0,827
Suavidade Fase Concêntrica 105°	0,3[0,2-0,4]	0,3[0,2-0,4]	0,148
Suavidade Fase Excêntrica 105°	0,3[0,2-0,4]	0,3[0,2-0,3]	0,571
Suavidade Fase Isométrica 105°	0,2[0,2-0,3]	0,2[0,2-0,2]	0,591
Suavidade Fase Concêntrica 120°	0,3[0,2-0,3]	0,3[0,2-0,4]	0,140
Suavidade Fase Excêntrica 1 - 120°	0,3[0,2-0,4]	0,3[0,2-0,3]	0,231
Suavidade Fase Isométrica 120°	0,2[0,2-0,3]	0,2[0,1-0,4]	0,692

Test T; OMP= Oscilação Mecânica Pontual; significância ($p < 0,05$).

Tabela 4. Comparação da velocidade de pico nas diferentes angulações do *Legpress*

Velocidade de Pico (°/s)	Com OMP	Sem OMP	P
Velocidade de Pico - 90°	19,5[16,7-24,2]	41,7[26,1-45,1]	<0,000
Velocidade de Pico - 105°	22,2[15,4-28,3]	40,8[25,5-55,3]	0,020
Velocidade de Pico - 120°	15,8[12,9-20,8]	26,9[21,8-39,5]	0,006

test *T*; OMP= Oscilação Mecânica Pontual; significância ($p < 0,05$).

Tabela 5. Comparação da velocidade média usando e não usando OMP

Velocidade média (°/s)	Com OMP	Sem OMP	P
Velocidade média Fase Concêntrica 90°	21,2[16,0-24,2]*	41,5[25,6-46,6]*	0,001
Velocidade média Fase Excêntrica 90°	11,0[18,5-9,5]**	14,6[20,0-8,2]**	1,00
Velocidade média Fase Isométrica 90°	1,5[0,8-1,9]**	2,3 [1,7-3,9]**	0,15
Velocidade média Fase Concêntrica 105°	21,9[14,4-21,1]*	36,4[25,6-50,7]*	0,009
Velocidade média Fase Excêntrica 105°	10,6[13,7-8,28]**	14,4[19,2-10,3]**	0,165
Velocidade média Fase Isométrica 105°	1,5[1,0-3,7]**	2,0[1,4-4,8]**	0,481
Velocidade média Fase Concêntrica 120°	15,8[12,9-19,7]*	27,0[21,7-37,9]*	0,001
Velocidade média Fase Excêntrica 120°	9,63[13,6-6,3]**	9,8[17,4-6,7]**	0,971
Velocidade média Fase Isométrica 120°	1,10[0,8-1,8]**	1,8[1,1-2,5]**	0,656

Teste T= (*); Teste U = Mann-Whitney=(**); OMP= Oscilação Mecânica Pontual; significância (p<0,05).

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A OMP aplicada de forma aguda no músculo quadríceps femoral de indivíduos com PC após-RDS impactou significativamente reduzindo a velocidade de pico e a velocidade média no exercício cinético em cadeia fechada à 90°, 105° e 120°. Porém, a OMP não foi capaz de influenciar a suavidade do movimento no exercício cinético em cadeia fechada. Este achado refuta nossa hipótese de que a OMP aplicada de forma aguda pudesse melhorar a suavidade do movimento, auxiliando no controle motor de indivíduos com PC após-RDS.

Em nosso estudo foi constatado que não houve diferença significativa entre os dois dias de avaliação (Dia 1 e Dia 2). Portanto, não houve efeito aprendido para a realização do exercício cinético em cadeia fechada posicionado à 90°, 105° e 120°, com ou sem o uso da OMP. Desta maneira, apenas um dia (sessão) de teste é necessário para se avaliar a cinemática de flexão/extensão de joelho em aparelho *Legpress* em pacientes com PC submetidos à RDS.

Uma gama de fatores pode estar associada aos presentes achados, como: o tempo de aplicação da OMP, seus parâmetros de frequência e amplitude. Além disso, a frequência de aplicação da OMP e sua associação com exercícios terapêuticos também são fatores que influenciam a habilidade motora e a suavidade do movimento. Estudos futuros devem ser realizados a fim de explicar os efeitos e mecanismos de atuação da vibração aguda e de uso prolongado, sendo aplicada em diferentes parâmetros a fim de elucidar sua influência na funcionalidade motora de indivíduos com PC após-RDS. Estes estudos também devem investigar a influência do *loop* alfa-gama para a contração muscular voluntária e suas implicações para a reabilitação.

APÊNDICES

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

“Oscilação Mecânica Pontual no Músculo Quadríceps Femoral em Sujeitos com Paralisia Cerebral - após Rizotomia Dorsal Seletiva”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidar a criança ou adolescente sob sua responsabilidade para participar da pesquisa **“Oscilação Mecânica Pontual no Músculo Quadríceps Femoral em Sujeitos com Paralisia Cerebral – após Rizotomia Dorsal Seletiva”**, a ser realizada em **“Clínica CentroSuit reabilitação neurofuncional, Clinifisio e/ou Neuroreadaptar (Maringá-PR) e/ou Laboratório de Engenharia Neural e de Reabilitação (LENeR) - (Londrina-PR) anexo ao departamento de anatomia da Universidade Estadual de Londrina”**. O objetivo da pesquisa é **“Investigar os efeitos da oscilação mecânica pontual (vibração focal) na contração muscular do membro inferior de pacientes com PC submetidos a rizotomia dorsal seletiva”**. A participação da criança ou adolescente é muito importante e ela se daria da seguinte forma **serão posicionados marcadores de referência no tronco e membros inferiores para mensuração da velocidade angular e será posicionado um oscilador mecânico pontual (vibrador focal), na região da coxa, com objetivo de gerar contração muscular. Será solicitado a realização de movimentos. O procedimento será filmado.**

Esclarecemos que a participação da criança ou do adolescente é totalmente voluntária, podendo o(a) senhor(a) solicitar a recusa ou desistência de participação da criança ou do adolescente a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à criança ou adolescente. Esclarecemos, também, que as informações da criança ou do adolescente sob sua responsabilidade serão utilizadas somente para os fins **desta pesquisa** e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade da criança ou do adolescente. **Após a conclusão da pesquisa os registros de imagens serão devidamente descartados.**

Esclarecemos ainda, que nem o(a) senhor(a) e nem a criança ou adolescente sob sua responsabilidade pagarão ou serão remunerados (as) pela participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente da participação.

Os benefícios esperados são **durante a realização da pesquisa, a possibilidade da melhora funcional dos membros inferiores. O resultado desta pesquisa poderá beneficiar a todos os sujeitos com PC- submetidos a rizotomia dorsal seletiva.**

Quanto aos riscos, **poderá haver sensação de coceira e vermelhidão acompanhada de leve dormência de caráter transitório. Fornecerei todo o amparo necessário caso ocorra algum desconforto decorrente da pesquisa.**

Informamos que esta pesquisa atende e respeita os direitos previstos no Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA, Lei Federal nº 8069 de 13 de julho de 1990, sendo eles: à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao esporte, ao lazer, à

profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária. Garantimos também que será atendido o Artigo 18 do ECA: “É dever de todos velar pela dignidade da criança e do adolescente, pondo-os a salvo de qualquer tratamento desumano, violento, aterrorizante, vexatório ou constrangedor”.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar **Eddy Krueger (Universidade Estadual de Londrina) e com ele poderei manter contato pelo telefone (43) 9.9623-8999 e pelo e-mail ekrueger@uel.br ou com Gabriel Costa Martins aluno executor do projeto telefone (44) 9.8811-7798 e pelo e-mail gabrifisio54@gmail.com**, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao(à) senhor(a).

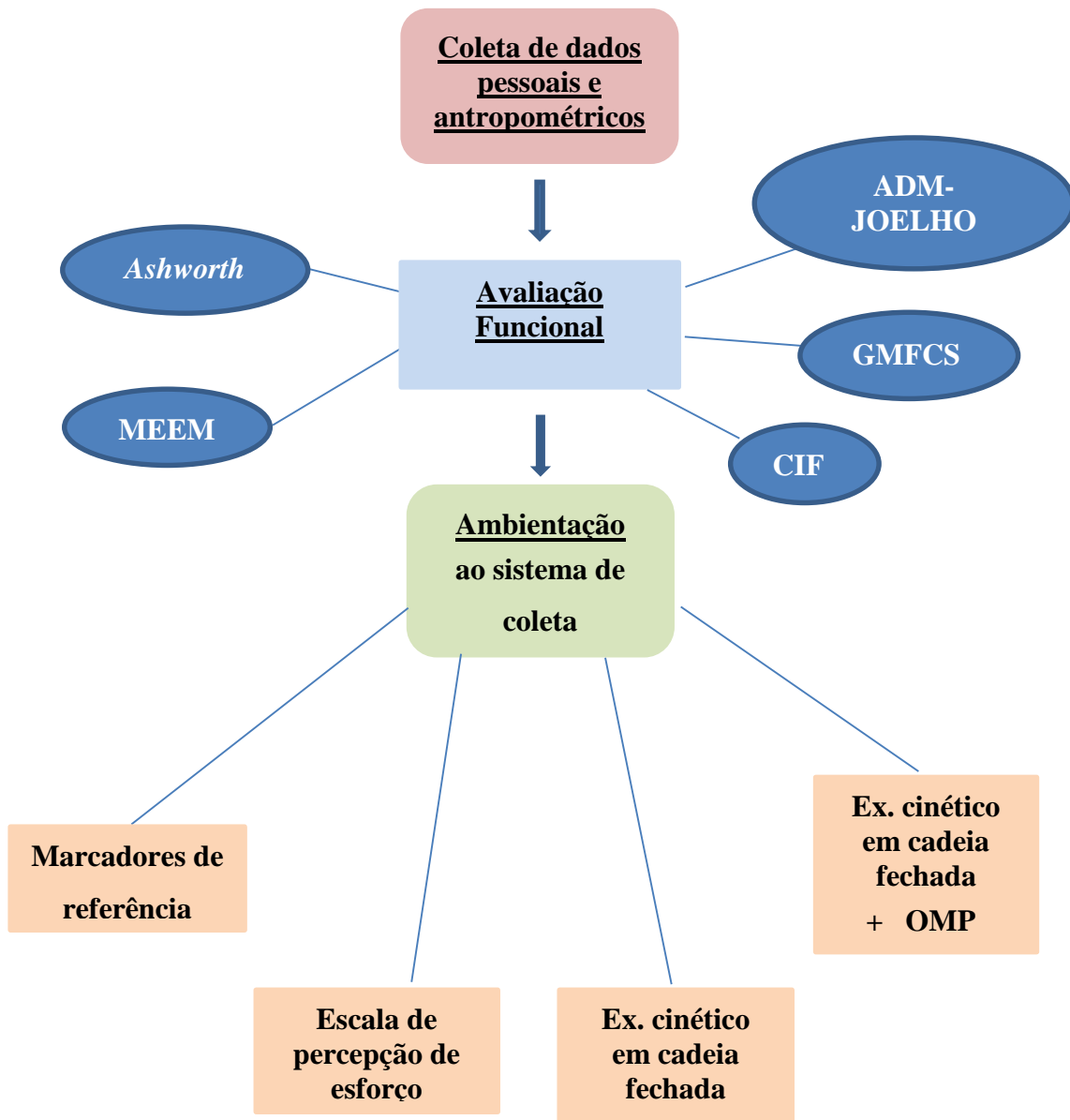
_____, ____ de _____ de 20__.
Pesquisador Responsável
RG nº.

Eu, _____ (colocar nome por extenso do responsável pelo participante da pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo com a participação voluntária da criança ou do adolescente sob minha responsabilidade na pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

APÊNDICE B: FLUXOGRAMA DAS FASES DE COLETA DE DADOS



ANEXOS**ANEXO A: FICHA DE CADASTRO PARA O PROJETO****“Oscilação Mecânica Pontual no Músculo Quadríceps Femoral em Sujeitos com Paralisia Cerebral – após Rizotomia Dorsal Seletiva”**

Nome do participante: _____

Idade: _____ Data de nascimento: _____ Sexo: _____

Data da RDS: _____ Nome do Neurocirurgião: _____

Nome do Pai: _____

Nome da Mãe: _____

Endereço: _____

Cidade: _____ Tel p/ contato: () _____

Tel p/ contato: () _____

Diagnóstico médico: _____

Classificação topográfica da PC: _____

Deambula? Se sim de que forma: _____

Fisioterapia

Sessões por semana: _____ Duração da sessão: _____

Horário da fisioterapia: _____

Breve resumo das condutas: _____

Avaliação:

Nome do participante: _____

Peso: _____ Altura: _____ Data de nascimento _____

Diagnóstico médico/ cirúrgico: _____

Histórico de Botox/ Fenol (data): _____

Histórico de Fratura/ Osteopenia / Luxação ou subluxação de quadril: _____

Convulsão/ epilepsia: _____

Problemas cardíacos, pulmonares, gastrointestinais: _____

Dor: _____

Medicação de uso contínuo: _____

Comunicação: _____

Habilidade de seguir comandos: _____

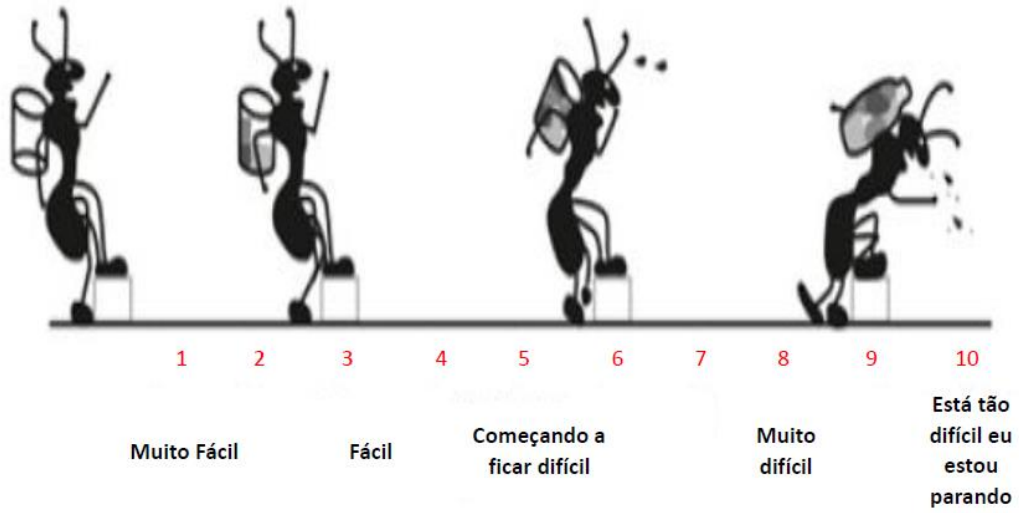
Discrepância de comprimento de MMII: _____

Deformidades: _____

Tônus de MMII: _____

Goniometria de IQT: passiva ativa

ANEXO B: ESCALA DE FADIGA ADAPTADA



ANEXO C: MINI EXAME DO ESTADO MENTAL

Nome: _____ Data: _____

Função	Teste	Pontuação
Orientação	Nome, sobrenome, idade, sexo	0-1-2-3-4
	Nome dos pais, estado, cidade ,lugar	0-1-2-3-4
	Idade, mês, dia do mês, dia da semana	0-1-2-3-4
Nomeação de Objetos	Caneta, relógio, óculos	0-1-2-3
Repetir os números na sequência	5-3	0-1-2-3-4
	4-7-2	
	5-9-3-1	
	2-7-5-9-4	
Repetir os números de trás para frente	3-6	0-1-2-3
	2-9-5	
	4-1-9-7	
Relembrar	Caneta, relógio, óculos	0-1-2-3
Nomear partes do corpo	Nomear partes do corpo indicadas pelo avaliador: cabeça, pé , joelho, nariz, orelha	0-1-2-3-4-5
Comando	Pegue o papel com a mão, dobre-o ao meio e coloque-o no chão	0-1-2-3
Repetição verbal	Nem aqui, nem lá, nem acolá	0-1
Leitura	Leia isto e faça o que diz: (feche seus olhos)	0-1
Escreva	Escreva seu nome	0-1
Construção da Práxis	Copie os desenhos. Faça o melhor que puder (linha vertical aos 3 anos, cruz aos 4 anos, círculo aos 5 anos, quadrado aos 6 anos e diamante aos 7 anos)	0-1

ANEXO D: CORE SET (FUNÇÕES DO CORPO) CIF-CJ

Nome: _____

Qualificadores

Código CIF-CJ	Descritor	0	1	2	3	4	8
b117	Funções Intelectuais						
b167	Funções mentais da linguagem						
b280	Sensação de Dor						
b710	Funções da mobilidade das artc.						
b735	Funções do tônus						
b760	Funções relacionadas ao controle de mov. voluntários						

b117 – Mini exame do estado mental

b167 – Como a criança se comunica? Apresenta alguma dificuldade? Necessita de outra forma que não a fala e a escrita?

b280 – A criança sente dor em alguma parte do corpo?

b710 – Exame físico da mobilidade das articulações

b735 – Escala de *Ashworth*

b760 – Avaliar coordenação de movimentos solicitados

ANEXO E: SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA FUNÇÃO MOTORA GROSSA GMFCS



CanChild Centre for Childhood Disability Research
Institute for Applied Health Sciences, McMaster University,
1400 Main Street West, Room 408, Hamilton, ON, Canada L8S 1C7
Tel: 905-525-9140 ext. 27850 Fax: 905-522-6095
E-mail: canchild@mcmaster.ca Website: www.canchild.ca

GMFCS – E & R **Sistema de Classificação da Função Motora Grossa** **Ampliado e Revisto**

GMFCS - E & R © 2007 *CanChild* Centre for Childhood Disability Research, McMaster University
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Doreen Bartlett, Michael Livingston

GMFCS © 1997 *CanChild* Centre for Childhood Disability Research, McMaster University
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Stephen Walter, Dianne Russell, Ellen Wood, Barbara Galuppi
(Reference: *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214-223)

GMFCS – E & R © Versão Brasileira

Traduzido por Daniela Baleroni Rodrigues Silva, Luzia Lara Pfeifer e Carolina Araújo Rodrigues Funayama (Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Ciências do Comportamento - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo)

ANEXO F: NORMAS DA REVISTA NEUROREHABILITATION AND NEURAL REPAIR PARA FORMATAÇÃO DO ARTIGO

Formatting

An important goal of *NNR* is to foster communication between the basic and clinical research communities whose work is relevant to recovery from neural injury. Therefore, basic science articles should include sufficient explanatory information in the Introduction and elsewhere to permit reading by clinicians, and vice versa. All abbreviations and jargon terms should be defined and kept to a minimum. Other than very common measurement tools, such as the Fugl-Meyer Assessment (F-M), do not use more than 4 abbreviations for names and phrases in the text. Most non-experts cannot hold more than 4 unfamiliar terms in mind over the course of an article.

The preferred format for the text and tables of your manuscript is Word Doc and must be prepared following the formatting instructions below. Please ensure uploaded manuscript files can be edited.

All submissions should be:

US English

double spaced, single column

12 point Arial, Times or Times New Roman font

2.5 cm (1 inch) margins

Do not include line numbers or page numbers, as the system automatically adds these to the PDF generated for reviewers.

Organization of text

Title Page: The title page should include the following:

the title of the article;

the names, highest degrees, and full affiliations of all authors;

the name, mailing address, email address, and telephone number of the corresponding author to whom proofs and reprint requests should be addressed;

word count of the text and the number of figures and tables in the article; and

a running title that should not exceed 42 letters and spaces, in the upper right corner.

Abstract: Abstracts may contain up to 250 words and structured with the following subheadings: Background, Objective, Methods, Results, Conclusions. Do not simply repeat the Results in the Conclusions – state what was learned and what needs to be done next. If the study is a clinical trial, include the registry number at the end of the Abstract. It is not included in the word limit (see Section 2.7).

Key Words: Up to 6 key words or terms from MeSH terms in PubMed should be included for use by referencing sources. If you wish to have your paper cited, choose the best terms (<http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>).

Headings in the text should appear as follows in bold and italics (please use subheadings as needed): Introduction, Methods, Results, Discussion, and Conclusions/Implications (if not repeating what has been stated).

The Introduction should briefly explain why you have undertaken the study/review. Explain how the study addresses an important problem. What is novel, what is incremental? State your objectives and the hypotheses that are to be tested. Use only the most critical and best studies as references.

The Methods should define the participants, how and why they were chosen, the tools you used, and their reliability and validity for your population, and how you

examined your hypotheses. Include how the sample size was determined and how randomization was performed, when applicable. State your primary and secondary outcome measurements and why you chose these. Explain how blinding was carried out, when applicable. Justify your statistical methods for primary and secondary analyses. When relevant, the Methods must include a statement that the project was approved by an authorized institutional human research review board or institutional animal research authority.

The Results should include recruitment, baseline data, the number of participants that were in each analysis, the pre-specified statistical comparisons between groups before the analyses of pre- vs post-test results within groups, corrections for multiple comparisons, and adverse events.

The Discussion should interpret the Results, including adjusted analyses, within the hypotheses and potential biases and confounders of the Methods. What is the generalizability of the data? The rationale and significance of the reported research should be explained in terms of its relevance to recovery of neurologic function.

Implications or Conclusions may be added. Latitude to briefly consider the clinical implications of basic research findings is permitted here. Clinical researchers may use this section to suggest what clinical and basic science advances are needed to move the clinical research forward toward value for patients.

Acknowledgments: Acknowledgments should be made at the end of the text. List the agency and number for grant support. Limit personal acknowledgments. Disclosure of any commercial interest of the authors relevant to the subject of the manuscript should follow.

Individuals who provided writing assistance, e.g. from a specialist communications company, do not qualify as authors and so should be included in the Acknowledgements section. Authors must disclose any writing assistance – including the individual's name, company and level of input – and identify the entity that paid for this assistance. It is not necessary to disclose use of language-polishing services. Acknowledgements should appear first at the end of your article prior to your Declaration of Conflicting Interests (if applicable), any notes and your References.

Artwork, figures and other graphics

For guidance on the preparation of illustrations, pictures and graphs in electronic format, please visit SAGE's Manuscript Submission Guidelines.

Figures supplied in color will appear in color online regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For specifically requested color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from SAGE after receipt of your accepted article. The fee is \$500 per image.

NNR is the official journal of the American Society of Neurorehabilitation. If you are a member of the American Society of Neurorehabilitation and you are the corresponding author, you will receive the first page of color in the journal at no charge. You must identify yourself as a member of ASNR at time of submission, by checking the box and providing your member ID. Please identify in your cover letter which figure(s) you wish to appear in color. Any figures that go beyond one page will be charged at the rate of \$500 per page.

Tables:

All tables must have a title, be self-explanatory, and supplement (not duplicate) the text. All abbreviations should be defined. Tables should be placed at the end of the file, following text and references, with callouts for each in the text. Elements in tables should be separated by tabs, not cells or lines.

Figures:

High-resolution figures must be uploaded as separate electronic files, with callouts for each in the text. Each figure must be labeled, include a short title, and brief legend. All abbreviations should be defined. Acceptable file formats for figures include TIFF, EPS, and JPEG, and PDF Microsoft Application Files are acceptable for vector art (line art). Figures must be at least 300 dpi for good print quality. This will permit minor revisions to be made in press without the need for authors to remake figures.

All randomized clinical trials must include a CONSORT flow diagram of subject progress through the phases of the trial, as well as meet the CONSORT checklist of items to be included when reporting a randomized trial (<http://www.consort-statement.org/>) (see Section 2.7).

Supplemental material

This journal is able to host additional materials online (e.g. datasets, podcasts, videos, images etc.) alongside the full-text of the article. For more information please refer to our [guidelines on submitting supplemental files](#).

Reference style

Please note the reference limits in the Article Types section above. *NNR* adheres to the AMA Manual of Style. View the guide [here](#) to ensure your manuscript conforms to this style. If you use EndNote to manage references, you can download the [JAMA style](#)