

Avaliação dos ligamentos longitudinais da coluna de ratos Wistar em modelo experimental da terapia Suit

Evaluation of longitudinal ligament of the spine of Wistar rats in an experimental model of Suit therapy

Evaluación de los ligamentos longitudinales de la columna vertebral de ratas Wistar desde el modelo experimental de la terapia Suit

Marcia Cristina Dias Borges^{1,2}, Tatiane Kamada Errero^{1,2}, Camila Thieimi Rosa^{1,2},
Giovanni Ribeiro Bernardino^{1,2}, Rose Meire Costa Brancalhão^{1,1}, Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro^{1,3},
Gladson Ricardo Flor Bertolini^{2,3}

RESUMO | Ligamentos adaptam-se de acordo com a intensidade da atividade física e carga mecânica a que são submetidos. Na última década, na área da fisioterapia neurofuncional infantil, têm surgido métodos e protocolos que possuem em comum o termo *suit* para caracterizar a existência de vestimentas com bandas elásticas ajustáveis e a possibilidade da aplicação de carga sobre o esqueleto humano. Visto que a carga mecânica pode produzir alterações fibrocartilaginosa sobre os ligamentos e que não foram encontrados estudos avaliando o efeito da terapia *suit* sobre os ligamentos da coluna, justificam-se pesquisas com métodos experimentais de carga. O objetivo deste trabalho foi analisar as espessuras e morfologia dos ligamentos longitudinais da coluna de ratos Wistar quando submetidos à carga mecânica por compressão vertebral. Trinta animais foram separados em cinco grupos (G1 - controle; G2 - simulação do uso de *suit*; G3, G4 e G5 - manutenção da vestimenta). Ao modelo experimental do *suit*, em G4 e G5, foram adaptados pesos ou elásticos dispostos em “X” para sobrecarga vertebral de 50% do peso do animal, que permaneceram com a vestimenta por 40 horas ao longo de 4 semanas de experimento, 5 dias por semana. Não houve diferenças significativas para a espessura, assim como não foram observadas mudanças morfológicas nos ligamentos longitudinais. Conclui-se que não houve alterações nos ligamentos longitudinais da coluna em animais submetidos ao modelo experimental de *suit* terapia.

Descritores | Paralisia Cerebral; Criança; Modalidades de Fisioterapia; Coluna Vertebral; Ratos Wistar.

ABSTRACT | Ligaments adapt according to the intensity of physical activity and mechanical load to which they are subjected. In the last decade there have been methods and protocols in the field of infant neurofunctional physiotherapy, which have the term “suit” in common, to characterize the existence of suits with adjustable elastic bands and the possibility of applying load on the human skeleton. Since the mechanical load can produce fibrocartilaginous changes on the ligaments and also that no studies evaluating the effect of suit therapy on ligaments of the spine were found, research with experimental methods of load are justified. The aim of this study was to analyze thickness and morphology of longitudinal ligaments of the spine of Wistar rats when subjected to mechanical load by vertebral compression. Thirty animals were separated into five groups (G1 - control; G2 - simulation of the use of suit; G3, G4, and G5 - maintenance of the suit). The suit experimental model, in G4 and G5, were adapted weights or elastic bands arranged in “X” for 50% of spinal overload of the weight of the animal, who remained with the suit for 40 hours over four weeks of experiment, five days a week. There were no significant differences for thickness, and morphological changes of longitudinal ligaments were also not observed. We concluded that there were no changes

¹Laboratório de Biologia Celular e Estrutural da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) – Cascavel (PR), Brasil.

²Laboratório de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos da Unioeste – Cascavel (PR), Brasil.

³Docente do programa de Pós-Graduação em Biociências e Saúde da Unioeste – Cascavel (PR), Brasil.

Endereço para correspondência: Gladson Ricardo Flor Bertolini – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Rua Universitária, 2069, Jd. Universitário, Caixa Postal 711 – Cascavel (PR), Brasil – CEP: 85819-110 – Telefone: (45) 3220-7344 – E-mail: gladson_ricardo@yahoo.com.br – Fonte de financiamento: Financiamento próprio – Conflito de interesses: Nada a declarar – Apresentação: jan. 2015 – Aceito para publicação: maio 2016 – A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste).

in longitudinal ligaments of the spine in animals subjected to the experimental model of suit therapy.

Keywords | Cerebral Palsy; Child; Physical Therapy Modalities; Spine; Rats, Wistar.

RESUMEN | Pueden adaptarse los ligamentos a la intensidad de la actividad física y a la carga mecánica sometida a ellos. En la última década, han surgido métodos y protocolos en el área de fisioterapia neurofuncional infantil que tienen en común el término “suit” para caracterizar la existencia de ropas con bandas elásticas ajustables y la posibilidad de aplicación de cargas en el esqueleto humano. Debido a que la carga mecánica puede producir alteraciones fibrocartilaginosas en los ligamentos y que no han sido encontrados estudios que evaluaron el efecto de la terapia *suit* en los ligamentos de la columna vertebral, las investigaciones con métodos experimentales de carga son necesarias. Este estudio tiene el propósito de evaluar las

espesuras y la morfología de los ligamentos longitudinales de la columna vertebral de ratas Wistar cuando sometida a carga mecánica por compresión vertebral. Se dividieron treinta ratas en cinco grupos (G1 —grupo control; G2 —simulación de la utilización del *suit*; G3, G4, G5 —mantenimiento de la ropa). Desde el modelo experimental del *suit*, en el G4 y G5 se adaptaron pesos o elásticos puestos en “X” para la sobrecarga vertebral de 50% del peso de los animales, los cuales permanecieron con la ropa durante cuarenta horas, al largo de cuatro semanas de experimento, en cinco días semanales. No fueron observadas diferencias significativas para la espesura, tampoco cambios morfológicos en los ligamentos longitudinales. Se concluye que no se observaron alteraciones en los ligamentos longitudinales de la columna vertebral de los animales sometidos al modelo experimental de la terapia *suit*.

Palabras clave | Parálisis Cerebral; Niño; Modalidades de Fisioterapia; Columna Vertebral; Ratas Wistar.

INTRODUÇÃO

As articulações entre as vértebras são reforçadas e sustentadas por ligamentos. Entre eles estão os ligamentos longitudinais anteriores (LLA) e posteriores (LLP), estendendo-se da coluna cervical para o sacro¹. Os ligamentos adaptam-se à intensidade da atividade física, podendo hipertrofiar ou atrofiar, alterando, assim, a resistência em resposta ao exercício ou imobilização². Esse comportamento dinâmico sugere que as células são capazes de detectar alterações na carga mecânica e de coordenar a sua resposta para alterar a composição da matriz extracelular (MEC). Uma das maneiras em que a MEC pode modificar-se é pela formação de uma matriz fibrocartilaginosa em locais em que os ligamentos estão sob compressão³. Indivíduos com deslizamento vertebral apresentam ossificação do ligamento amarelo e infiltrado de condrócitos, sugerindo o envolvimento de carga mecânica em mudanças morfológicas⁴.

Os ligamentos possuem baixo suprimento de oxigênio e de nutrientes, baixa densidade celular e pobre capacidade regenerativa. No entanto, experimentam algumas das mais altas cargas mecânicas do corpo. Quando essas cargas excedem um limiar crítico, podem acontecer lesões, resultando em alterações morfofuncionais e distúrbios nos movimentos⁵. Os ligamentos são funcionais (efetivos) sob tensão ou estiramento, porém, sem funcionalidade

em compressão ou quando encurtados além do seu limiar de repouso².

Estímulos mecânicos, quando proporcionados de forma adequada, induzem o crescimento e melhor alinhamento celular, melhorando a qualidade da MEC^{5,6}. Porém, a frequência, assim como a intensidade desses estímulos, ainda não são bem conhecidos².

Na última década têm surgido métodos, na área da fisioterapia neurofuncional, que possuem em comum o termo *suit* em suas nomenclaturas para caracterizar a existência de vestimentas que funcionam como órteses dinâmicas^{7,8}. O conceito básico é criar uma unidade de suporte para alinhar o corpo o mais próximo do normal, melhorar e ajustar o sistema proprioceptivo por meio da pressão exercida nas articulações, ligamentos e músculos, reduzindo reflexos patológicos, restaurando as sinergias musculares que se traduzem em padrões adequados de movimento⁷. As bandas elásticas são ajustáveis, o que significa que se pode aplicar axialmente no corpo uma descarga de 15 a 40 kg⁸. No entanto, a *suit* sofreu mudanças da forma original para se adaptar às necessidades terapêuticas dentro da reabilitação neurológica, e pouca atenção vem sendo dada aos efeitos desse dispositivo sobre o sistema musculoesquelético, em especial ligamentos estabilizadores da coluna.

Visto que a carga mecânica pode produzir alterações sobre os ligamentos e que há falta de

estudos avaliando o efeito da terapia *suit* sobre ligamentos da coluna – são raros os relatos científicos sobre a técnica –, justificam-se métodos experimentais de carga, em modelo tipo *suit*, sobre os ligamentos longitudinais da coluna vertebral de ratos. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar os ligamentos longitudinais da coluna de ratos Wistar submetidos à carga mecânica produzida por um modelo experimental da *suit* terapia.

METODOLOGIA

Animais

A amostra foi composta por 30 ratos Wistar, machos, com oito semanas de idade. Não houve restrições na alimentação, sendo ração e água natural *ad libitum*, com temperatura controlada ($24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) e ciclo claro/escuro de 12 horas. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste).

Materiais e protocolo experimental

Foi confeccionado um modelo experimental tipo macacão terapêutico, baseado no modelo utilizado na *suit* terapia. Essa vestimenta foi composta por parte superior e inferior fechadas com velcros e elaboradas com tecido de algodão cru 180 fios, nas quais foram adaptados dois elásticos dispostos em “X” para aproximação vertebral, com carga de 50% do peso do animal, conforme descrito anteriormente⁹.

Os elásticos, utilizados para o cálculo da carga corporal por meio de deslocamentos, foram analisados por célula de carga com capacidade de até 100 kgf (SB-100 da LYNX®). Por meio de um sistema de coleta de dados biológicos (BioEMG1100, LYNX®, Brasil), foi possível a visualização dos dados obtidos a cada dois centímetros de deslocamento. Os dados coletados foram dispostos em diagramas de dispersão (kgf versus deslocamento) e foi possível encontrar os polinômios que modelaram os dados e permitiram calcular os deslocamentos dos elásticos em centímetros. A elaboração das planilhas, gráficos de dispersão e a interpolação polinomial foram construídos com o programa Excel.

A amostra foi dividida em cinco grupos (G1 a G5), com seis animais cada:

- G1 (Grupo 1) – controle absoluto;
- G2 (Grupo 2) – colocação da vestimenta e retirada em seguida;
- G3 (Grupo 3) – permanência de apenas 2 horas com a vestimenta;
- G4 (Grupo 4) – permanência de 2 horas diárias com a vestimenta e pesos adaptados;
- G5 (Grupo 5) – permanência de 2 horas diárias com a vestimenta e bandas de tração.

Para G4 e G5, foi fornecida carga de 50% do peso corporal do animal. Em G4, a carga, por meio de chumbos de pesca, foi dividida em duas bolsas acopladas à vestimenta ($\pm 25\%$ de carga em cada bolsa); para G5, dois elásticos tracionados e dispostos em “X” sobre o dorso do animal ($\pm 25\%$ de carga em cada elástico). Para tanto, os animais foram previamente pesados antes do início de cada semana. O deslocamento de cada elástico foi medido com um paquímetro digital (Digimess® – São Paulo/Brasil).

Durante o tempo de permanência com a vestimenta, os animais foram mantidos nas caixas de alojamento (três animais por caixa). Os pesquisadores evitaram a acomodação postural dos animais, de forma que se mantivessem em movimento durante as duas horas propostas. Antes do início do estudo, os ratos foram adaptados por três dias para a colocação da vestimenta.

O experimento teve duração de quatro semanas, realizado em cinco dias consecutivos, com pausa de dois dias, totalizando 40 horas de permanência com a vestimenta (G3 a G5) e sem a vestimenta (G1 e G2). No dia seguinte ao último dia de experimento, os animais foram anestesiados com cloridrato de quetamina (50 mg/kg) e xilazina (10 mg/kg) e então foram decapitados, e o segmento torácico da coluna vertebral foi dissecado.

Histomorfometria dos ligamentos

A análise histomorfométrica foi realizada em uma vértebra da região torácica, na região interescapular, entre T3 até T6, considerando a melhor qualidade visual e estrutural que viabilizasse as análises.

Os ossos foram fixados em formol tamponado a 10% por 24 horas, à temperatura ambiente. Em seguida foi realizada a descalcificação em ácido tricloroacético a 5% por aproximadamente dez dias. Após esse tempo, os ossos foram lavados, clivados longitudinalmente (Figura 1), desidratados, diafanizados e emblocados em parafina histológica para serem seccionados em

espessura de 7 micrômetros (μm), utilizando-se de um micrótomo histológico. Após a confecção das lâminas, elas foram coradas em Hematoxilina-Eosina (HE). As imagens foram obtidas por fotomicrografia, gravadas em formato JPEG e analisadas no programa Image-Pro Plus versão 6.0 (Media Cybernetics, Inc.).



Figura 1. Seção sagital do segmento vertebral com apresentação dos corpos vertebrais e medula

Cada vértebra foi analisada em quatro quadrantes: dois quadrantes para LLP (superior e inferior) e dois para o LLA (superior e inferior). As imagens foram obtidas em aumento de 400 \times imediatamente abaixo da cartilagem articular e da aparente concentração de condrócitos para as imagens superiores e imediatamente acima da cartilagem articular e da aparente concentração de condrócitos para as imagens inferiores. As espessuras dos ligamentos longitudinais foram obtidas traçando uma linha para a medida de sua largura em micrômetros (μm) e posicionada no centro da imagem em *zoom* de 50%. Na presença de espaços nos ligamentos, resultantes de artefatos, não foram considerados na medida total. A análise morfológica foi realizada em cada quadrante observando a presença de

condrócitos entre as fibras de tecido conjuntivo e presença de neovascularizações (Figura 2).

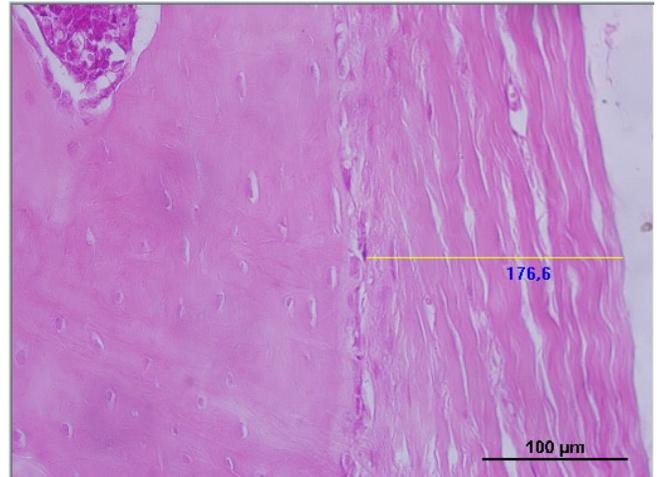


Figura 2. Análise morfológica do ligamento longitudinal anterior

Análise estatística

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Posteriormente foi aplicado o ANOVA unidirecional para análise entre grupos, com pós-teste de Tukey. O nível de significância foi de 5%.

RESULTADOS

Os achados permitiram comparar as médias das espessuras ligamentares por grupo das regiões superiores e inferiores das vértebras, assim como a média para cada ligamento, como mostra a Tabela 1. Não houve diferença estatística na comparação entre os grupos, nem na comparação dentro dos grupos da parte inferior com relação à superior.

Tabela 1. Médias e desvios padrões das espessuras dos ligamentos longitudinais por região superior e inferior vertebral e médias totais por ligamento

	Espessuras	G1	G2	G3	G4	G5
LLA	Superior	119,13 \pm 32,43	140,53 \pm 61,50	144,51 \pm 20,71	127,34 \pm 41,81	164,59 \pm 34,90
	Inferior	119,66 \pm 44,11	136,71 \pm 61,97	130,48 \pm 60,06	161,48 \pm 29,47	150,02 \pm 41,37
LLP	Superior	65,61 \pm 20,17	104,76 \pm 79,31	86,59 \pm 46,83	60,89 \pm 37,92	65,59 \pm 22,15
	Inferior	73,32 \pm 40,88	67,75 \pm 25,46	64,5 \pm 18,90	66,60 \pm 26,14	56,78 \pm 22,61
Total	LLA	119,39 \pm 10,71	138,62 \pm 53,21	137,49 \pm 29,12	144,40 \pm 17,90	157,30 \pm 31,73
	LLP	69,47 \pm 29,10	86,25 \pm 51,28	75,55 \pm 31,04	63,74 \pm 27,60	61,19 \pm 15,11

Não foram encontradas mudanças morfológicas nos ligamentos, como presença de condrócitos ou outras células entre as fibras de tecido conjuntivo, assim como não se observou neovascularizações nessas regiões.

DISCUSSÃO

Os métodos que se utilizam da *suit* terapia foram idealizados no projeto conhecido como “*Penguin suit*”, desenvolvido pelo programa espacial da Rússia, usado pelos astronautas em voos espaciais para neutralizar os efeitos nocivos da ausência de gravidade e hipocinesia. O fato de que ele podia ser usado por longos períodos de tempo foi a base da criação da terapia intensiva com a utilização do *suit*^{8,10}, que consiste em um programa de 80 horas de atividade corporal (exercícios terapêuticos), realizada em quatro horas diárias, em cinco dias consecutivos, por um período de quatro semanas; o paciente permanece com a vestimenta por até três horas. Alguns dos conceitos preconizam o uso dessas vestimentas com as bandas de tração fora do ambiente clínico, incentivando seu manuseio pelos cuidadores diretos e favorecendo o uso por maior tempo⁷. Contudo, uma busca na literatura mostra que ainda é uma técnica carente de aprofundamento científico, considerando a dificuldade de encontrar pesquisas relativas a seu uso, tanto clínico quanto experimental.

O método experimental desta pesquisa objetivou aproximar ao máximo do protocolo da terapia intensiva existente, porém os animais apenas mantiveram-se em apoio de seus membros com movimentos voluntários sem que permanecessem deitados. Não foi determinado um protocolo de exercícios a cumprir como forma de aumentar a atividade corporal. Sendo assim, não houve exigência musculoesquelética além daquela imposta pela vestimenta e pelos elásticos adaptados para a carga de 50% do peso do animal. Isso pode ter contribuído para que não houvesse deformação nos ligamentos longitudinais por estresse mecânico.

Na postura bípede, a distribuição da gravidade sobre a coluna vertebral atua em equilíbrio com as forças musculares, que são diretamente proporcionais à direção vertebral e inclinação pélvica¹⁰. Na postura de quatro apoios, não há atuação gravitacional unidirecional com as fibras musculares do tronco, e a atividade muscular pode ter suprido a carga imposta pelas bandas de tração sem que houvesse carga suficiente nos ligamentos longitudinais para gerar mudanças morfológicas nessas

estruturas. Solomonow² descreve que os músculos associados às articulações possuem importante papel como limitadores de movimentos e, por conseguinte, estabilizadores articulares. Em algumas articulações, como as intervertebrais, a função muscular como estabilizadora é amplificada. Visto que a região de coleta foi a interescapular, além do efeito direto sobre a coluna vertebral, promovido pela *suit*, uma possível ação muscular alterada, daqueles originados (ou inseridos) na escápula, poderia ter produzido influências sobre os ligamentos.

O sistema músculo-esquelético é capaz de responder às mudanças nas condições de carga mecânica^{2,3,11,12}, e essa adaptação funcional e estrutural já é bem entendida para o músculo e osso. No entanto, pouco se conhece sobre os efeitos do exercício nos ligamentos¹³. Tendões e ligamentos possuem características muito parecidas: ambos são reconhecidos por apresentar grande resistência à tração e são compostos por fibras de colágeno. Sendo assim, suas células comportam-se de maneira dinâmica, com capacidade de reorganização diante de estímulos mecânicos, gerando mudanças na MEC¹⁴.

A morfologia do tecido conjuntivo pode ser influenciada principalmente durante o crescimento e desenvolvimento motor. Um estudo realizado por Kasashima et al.¹⁵ em potros demonstrou que houve aumento na espessura do tendão flexor digital superficial em grupos que realizaram exercícios diários com carga por curtos períodos, porém longa duração. Anteriormente, Fujie et al.¹⁶ já haviam observado, em coelhos de um a três meses de idade, que as mudanças nas dimensões e propriedades mecânicas dos tendões patelares, induzidas por estresse mecânico, foram maiores em animais jovens. Wearing et al.¹³, em revisão sobre o impacto da obesidade infantil no aparelho musculoesquelético, comentam que muitas das condições ortopédicas que se manifestam em adultos obesos podem ser consequência da excessiva e prolongada carga imposta aos tecidos jovens. Dessa forma, acreditava-se que a carga mecânica imposta pela vestimenta associada à sobrecarga (peso ou elástico) pudesse produzir algum tipo de alteração no tecido fibrocartilaginosa, fato que não ocorreu, como apontado também em pesquisa semelhante com o tecido ósseo⁹ e disco intervertebral¹⁷.

Waugh et al.¹⁸ avaliaram o tendão calcâneo de crianças submetidas a exercícios de flexão plantar resistida, constatando que houve mudança nas propriedades mecânicas dos tendões, com aumento de 29% de sua rigidez. Novamente ressalta-se que neste estudo foram utilizados animais com o sistema nervoso

central sadio, e, por conseguinte, com capacidades adaptativas musculares normais. Ao considerar a diminuição de força muscular em crianças com disfunção neuromotora, associada à carga imposta pelas bandas de tração por tempo prolongado, o deslizamento vertebral, assim como danos ao tecido conjuntivo devido à falta de eficiente estabilidade muscular, seria uma hipótese razoável, principalmente se for analisado que tais cargas são impostas sem um controle quantitativo validado pelos métodos que utilizam a *suit* terapia.

A exposição prolongada à carga mecânica pode levar à inflamação e degeneração crônica dos tecidos de ligamentos da coluna, como resultado de uma desordem acumulativa¹⁹. A hipertrofia e falha dos ligamentos longitudinais – em especial do LLP – resulta na compressão da medula espinhal com forte potencial para o desenvolvimento de mielopatia^{20,21}, acarretando a ossificação desse ligamento^{22,23}. Tal espessamento pode ser o resultado de um processo de degeneração ligamentar causada pela metaplasia das fibras colágenas, dando lugar a infiltrados de condrócitos, proliferação de células fusiformes semelhantes a fibroblastos, infiltração de vasos e pequenas ossificações²³. Na pesquisa de Kasashima et al.¹⁵, os resultados corroboram a hipótese de que a imposição de atividade física adicional, mesmo depois de um período longo de descanso com pouca atividade, não resultou em atividade compensatória tecidual dos tendões dos potros, mas acumulativa. Isso permite o raciocínio da permanência de indivíduos com pouca capacidade musculoesquelética diante de cargas e em longos períodos, considerando ainda a indicação da *suit* terapia em ambiente domiciliar. Vale salientar que as pesquisas em tendões citadas anteriormente tiveram a população infantil como alvo, e este estudo foi composto por animais jovens adultos, o que pode ter influenciado os resultados.

King et al.²⁴ e Pinski et al.¹⁹, confirmaram, em suas investigações, a presença de citocinas inflamatórias nos ligamentos lombares de felinos após movimentos cíclicos de alta frequência associados à carga. Esses achados podem não descartar a hipótese de microlesão tecidual nos ligamentos investigados neste estudo, ainda que não tenham apresentado indicativos de espessamento e alterações morfológicas. Deve-se considerar, entretanto, que a amostra não realizou nenhum movimento vertebral repetido e de longa duração.

É importante ressaltar que a ênfase nas pesquisas sobre a coluna vertebral vem sendo dada sobre alterações discais, degenerações da cartilagem articular

e mielopatias associadas à ossificação do LLP^{25,27}. Não foram encontrados para a delimitação experimental, tampouco para esta discussão, pesquisas que abordassem assuntos relacionados a *suit* terapia ou cargas mecânicas como forma de aproximação articular vertebral sobre os ligamentos longitudinais anterior e posterior.

A *suit* terapia tem seu maior enfoque na fisioterapia neuropediátrica, que por sua vez foca no tratamento de distúrbios motores, como em casos de encefalopatia não progressiva (paralisia cerebral), em que há alteração do tônus muscular, assim como recrutamento deficiente das unidades motoras para gerar a força reacional adequada às cargas impostas ao esqueleto²⁸. Apresenta-se, assim, uma limitação deste estudo, que foi o uso de animais saudáveis, não submetidos a modelos de lesão encefálica.

Existiram outras limitações para este trabalho, como os animais terem quatro apoios, estando o tronco com diferente carga gravitacional quando comparado à postura bípede do humano. A amostra ter sido composta por ratos adultos jovens também foi fator limitante, dificultando aplicar a pesquisa à população com maior indicação para a *suit* terapia (crianças). Além disso, não foi realizado cálculo para tamanho de amostra para maior certeza do tamanho exato dos grupos e também não foram avaliadas citocinas, que poderiam dar indícios de processo de remodelagem. Outro entrave foram as escassas pesquisas acerca do assunto, não havendo metodologias norteadoras para o processo experimental; foi preciso criar um modelo experimental do *suit* e métodos de análises histológicas adaptadas.

Diante do exposto, há fortes indícios da necessidade de pesquisas quantitativas e qualitativas no campo da *suit* terapia, com investigações mais amplas e que possam incluir outras estruturas do aparelho musculoesquelético. É importante ressaltar que a discussão aqui gerada não tem como objetivo induzir, tampouco concluir, que a *suit* terapia não é um método seguro para ser utilizado no campo da reabilitação neurológica infantil. O que se propõe é o início de uma discussão pautada em evidências científicas norteadoras para intervenções físicas, pois são técnicas utilizadas rotineiramente em clínicas e centros de reabilitação e devem ser apoiadas em bases científicas.

Conclui-se que não houve alterações nas espessuras dos ligamentos longitudinais da coluna vertebral de ratos Wistar com a compressão vertebral realizada por meio de bandas de tração nesse modelo experimental. Da mesma forma, não foram observadas mudanças morfológicas nas fibras colágenas e/ou presença de

condrócitos e neovascularizações que indicassem processo degenerativo ou inflamatório desses ligamentos. Sem a evolução para estudos em humanos, pode-se visualizar que, com as cargas aplicadas, o método parece não interferir nas características dos ligamentos, não sendo contraindicados, assim, tais tempos e cargas.

REFERÊNCIAS

- Mizuno J, Nakagawa H, Song J. Symptomatic ossification of the anterior longitudinal ligament with stenosis of the cervical spine: a report of seven cases. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(10):1375-9.
- Solomonow M. Ligaments: a source of musculoskeletal disorders. *J Bodyw Mov Ther*. 2009;13(2):136-54.
- Benjamin M, Toumi H, Ralphs JR, Bydder G, Best TM, Milz S. Where tendons and ligaments meet bone: attachment sites ('entheses') in relation to exercise and/or mechanical load. *J Anat*. 2006;208(4):471-90.
- Okuda T, Baba I, Fujimoto Y, Tanaka N, Sumida T, Manabe H, et al. The pathology of ligamentum flavum in degenerative lumbar disease. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(15):1689-97.
- Kuo CK, Marturano JE, Tuan RS. Novel strategies in tendon and ligament tissue engineering: Advanced biomaterials and regeneration motifs. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*. 2010;2(20).
- Benhardt HA, Cosgriff-Hernandez EM. The role of mechanical loading in ligament tissue engineering. *Tissue Eng Part B Rev*. 2009;15(4):467-75.
- Therasuit. About TheraSuit [Internet]. TheraSuit Method. 2014. Available from: www.suitttherapy.com/TheraSuit%20Information.htm
- ADELI. Rehabilitation and training center [Internet]. 2014. Available from: <http://www.adeli.gr>
- Borges MCD, Ribeiro LFC, Brancalhão RMC, Bertolini GRF. Experimental model of suit therapy with traction bands in vertebral bone remodeling in Wistar rats. *J Nov Physiother*. 2015;5(4).
- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*. 2011;20(Suppl 5):609-18.
- Solomonow M. Ligaments: a source of work-related musculoskeletal disorders. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;14(1):49-60.
- Solomonow D, Davidson B, Zhou BH, Lu Y, Patel V, Solomonow M. Neuromuscular neutral zones response to cyclic lumbar flexion. *J Biomech*. 2008;41(13):2821-8.
- Wearing SC, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. The impact of childhood obesity on musculoskeletal form. *Obes Rev*. 2006;7(2):209-18.
- Benjamin M, Ralphs JR. Fibrocartilage in tendons and ligaments - an adaptation to compressive load. *J Anat*. 1998;193(4):481-94.
- Kasashima Y, Smith R KW, Birch HL, Takahashi T, Kusano K, Goodship AE. Exercise-induced tendon hypertrophy: cross-sectional area changes during growth are influenced by exercise. *Equine Vet J Suppl*. 2002;34(Suppl 34):264-8.
- Fujie H, Yamamoto N, Murakami T, Hayashi K. Effects of growth on the response of the rabbit patellar tendon to stress shielding: a biomechanical study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2000;15(5):370-8.
- Mattjie TF, Rosa CT, Borges MCD, Brancalhão RMC, Ribeiro LFC, Bertolini GRF. Avaliação do disco intervertebral de ratos Wistar após uso de experimental suit therapy. *Fisioter Pesqui*. 2015;5(3):202-9.
- Waugh CM, Korff T, Fath F, Blazeovich AJ. Effects of resistance training on tendon mechanical properties and rapid force production in prepubertal children. *J Appl Physiol (1985)*. 2014;117(3):257-66.
- Pinski SE, King KB, Davidson BS, Zhou BH, Lu Y, Solomonow M. High-frequency loading of lumbar ligaments increases proinflammatory cytokines expression in a feline model of repetitive musculoskeletal disorder. *Spine J*. 2010;10(12):1078-85.
- Okamoto K, Kobashi G, Washio M, Sasaki S, Yokoyama T, Miyake Y, et al. Dietary habits and risk of ossification of the posterior longitudinal ligaments of the spine (OPLL); findings from a case-control study in Japan. *J Bone Miner Metab*. 2004;22(6):612-7.
- Sugita D, Yayama T, Uchida K, Kokubo Y, Nakajima H, Yamagishi A, et al. Indian hedgehog signaling promotes chondrocyte differentiation in enchondral ossification in human cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(22):E1388-96.
- Ikuta K, Arima J, Sasaki K, Oga M, Nakano S, Tanaka T, et al. Hypertrophy of the posterior longitudinal ligament in the thoracic spine. *Spinal Cord*. 2006;44(3):200-2.
- Saetia K, Cho D, Lee S, Kim DH, Kim SD. Ossification of the posterior longitudinal ligament: a review. *Neurosurg Focus*. 2011;30(3):E1.
- King K, Davidson B, Zhou BH, Lu Y, Solomonow M. High magnitude cyclic load triggers inflammatory response in lumbar ligaments. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009;24(10):792-8.
- Fu Z, Shi J, Jia Jr. L, Yuan Jr. W, Guan Z. Intervertebral thoracic disc calcification associated with ossification of posterior longitudinal ligament in an eleven-year-old child. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(12):E808-10.
- Uchida K, Yayama T, Sugita D, Nakajima H, Guerrero AR, Watanabe S, et al. Initiation and progression of ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine in the hereditary spinal hyperostotic mouse (twy/twy). *Eur Spine J*. 2012;21(1):149-55.
- Nishida N, Kanchiku T, Kato Y, Imajo Y, Yoshida Y, Kawano S, et al. Biomechanical analysis of cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament: Effects of posterior decompression and kyphosis following decompression. *Exp Ther Med*. 2014;7(5):1095-9.
- Riquelme I, Cifre I, Muñoz MA, Montoya P. Altered corticomuscular coherence elicited by paced isotonic contractions in individuals with cerebral palsy: A case-control study. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014;24(6):928-33.