

Artigo de Revisão

Efeitos Neurofisiológicos de Manipulação Espinhal

Joel G. Pickar, DC, PhD*

Palmer Center for Chiropractic Research, 1000 Brady Street, Davenport, IA 52803, USA

Recebido 23 de Fevereiro 2001; aceitado 15 de Maio 2002

Sumário

Base do Contexto: Apesar da evidência clínica dos benefícios da manipulação espinhal e o aparente uso amplo dela, os mecanismos biológicos subjacentes aos efeitos da manipulação espinhal não são conhecidos. Embora isto não negue os efeitos clínicos da manipulação espinhal, atrapalha a aceitação pelas comunidades científicas mais amplas e da área de cuidado da saúde e atrapalha estratégias racionais para melhorar o elocução da manipulação espinhal.

Objetivo: A finalidade deste artigo de revisão é examinar a base neurofisiológica para os efeitos da manipulação espinhal.

Projeto de estudo: Um artigo de revisão que discute primariamente a literatura científica básica e estudos clínicos básicos cientificamente orientados.

Métodos: Este artigo de revisão extrai primeiramente da literatura revisada por colegas disponível em Medline. Diversas publicações dos livros de texto e relatórios são referenciados. É apresentado um modelo teórico que descreve os relacionamentos entre a manipulação espinhal, a biomecânica segmental, o sistema nervoso e a fisiologia do órgão-terminal. Os dados experimentais para estes relacionamentos são apresentados.

Resultados: As mudanças biomecânicas causadas pela manipulação espinhal aparentam ter conseqüências fisiológicas por meio de seus efeitos na entrada da informação sensória ao sistema nervoso central. Os aferentes do fuso muscular e os aferentes do órgão tendinoso de Golgi são estimulados pela manipulação espinhal. As fibras sensoriais dos nervos de pequeno diâmetro são provavelmente ativadas, embora essa não tenha sido demonstrada diretamente. As mudanças mecânicas e químicas no forame intervertebral causado por um disco intervertebral herniado podem afetar as raízes dorsais e o gânglio do raiz dorsal, mas não se sabe se a manipulação espinhal afeta diretamente essas mudanças. Os indivíduos com discos lombares herniados mostraram uma melhoria clínica em resposta à manipulação espinhal. O fenômeno da facilitação central é conhecido por aumentar o campo receptivo dos neurônios centrais, permitindo os estímulos ou sublimares ou inócuos acesso aos caminhos centrais da dor. Estudos numerosos mostram que a manipulação espinhal aumenta a tolerância da dor ou o seu limiar. Um mecanismo subjacente aos efeitos da manipulação espinhal pode, conseqüentemente, ser a habilidade da manipulação de alterar o processamento sensorio central removendo os estímulos mecânicos ou químicos sublimares dos tecidos paraespinhais. Cogita-se também que a manipulação espinhal afeta as saídas dos reflexos neurais a ambos órgãos musculares e viscerais. A evidência substancial demonstra que a manipulação espinhal evoca reflexos do músculo paraespinhal e altera a excitabilidade do motoneurônio. Os efeitos da manipulação espinhal destes reflexos somatosomáticos podem ser bem complexos, produzindo efeitos excitatórios e inibitórios. Visto que a informação substancial também mostra que a entrada sensória, especialmente entrada nociva, dos tecidos paraespinhais podem reflexamente evocar a atividade simpática do nervo, o conhecimento sobre efeitos da manipulação espinhal nesses reflexos e na função do órgão terminal é mais limitado.

Conclusões: Existe uma estrutura teórica de qual hipóteses sobre os efeitos neurofisiológicos da manipulação espinhal podem ser desenvolvidas. Um corpo experimental de evidência existe indicando que a manipulação espinhal impacta os neurônios aferentes primários dos tecidos paraespinhais, o sistema de controle motora e o processamento da dor. O trabalho experimental nesta área é autorizado e deve ser incentivado para ajudar a compreender melhor os mecanismos subjacentes o campo de interesse terapêutica da manipulação espinhal.

© 2002 Elsevier Science Inc. Todos os direitos reservados.

Palavras Chaves: Manipulação espinhal; Neurofisiologia; Terapia manual; Medicina manual; Quiropraxia; Osteopatia

Introdução

Os relatórios recentes estimam que 7,7% a 8,3% da população dos E.U.A. utilizam alguma forma de medicina complementar ou alternativa [1-3]. Aproximadamente 30% a 40% destes indivíduos provavelmente recebem manipulação espinal [1]. A evidência prevalescente apóia o uso da manipulação espinal para ajudar pacientes com lombalgia e cervicálgia agudas [4,5]. Os benefícios da manipulação espinal para outras desordens, tais como lombalgia crônica e desordens viscerais, estão menos claros, embora os benefícios já tenham sido notados [4,6-8]. Apesar da evidência clínica para os benefícios e do aparente uso amplo da manipulação espinal, os mecanismos biológicos subjacentes aos efeitos da manipulação espinal não são conhecidos. Embora isto não negue os efeitos clínicos da manipulação espinal, retarda a aceitação pelas comunidades científicas mais amplas e da área de cuidado de saúde e atrapalha estratégias racionais para melhorar a elocução da manipulação espinal. A finalidade deste artigo de revisão é examinar a base neurofisiológica para os efeitos neurofisiológicos da manipulação espinal.

Considerações biomecânicas da manipulação espinal

A manipulação espinal por sua própria natureza é uma entrada mecânica aos tecidos da coluna vertebral. Os quiropraxistas fazem mais do que 90% destas manipulações nos Estados Unidos [9]. A manipulação espinal é distinta da mobilização espinal em diversas maneiras [10]. Durante a manipulação espinal, o praticante exerce um impulso (thrust) dinâmica a uma vértebra específica. O clínico controla a velocidade, a magnitude e o sentido do impulso [11]. A arte ou a habilidade da manipulação espinal encontra-se na habilidade do clínico de controlar esses três fatores uma vez que o contato específico com um vértebra é feito. As técnicas da mobilização são, às vezes, utilizadas na preparatória da manipulação. A manipulação é distinguida também da mobilização em que é feita na ou perto da final da amplitude de movimento fisiológico (assim chamado amplitude para fisiológico [12]) mas não excedendo os limites anatômicos do movimento. Um som rachando ou estalando freqüentemente, mas não necessariamente, acompanha a manipulação, porque abrindo a articulação cria uma cavitação fluida [13,14].

A forma mais comum da manipulação espinal usada por quiropraxistas é um impulso (thrust) de alavanca-curta, alta-velocidade e de baixa-amplitude [15]. O clínico executa geralmente o impulso (thrust) dinâmica através de um braço de alavanca-curta manualmente, contatando os tecidos paraespinais que sobrepõem-se aos processos espinhosos, transversos ou mamilares da vértebra que está sendo manipulada. Alternativamente, o clínico contata tecidos que sobrepõem a lâmina ou a pilar articular da vértebra. Para manipular a pelve, a espinha ilíaca ou a tuberosidade isquiática são utilizadas [10]. A manipulação espinal pode também ser executada através de um braço de alavanca-longa. Enquanto uma mão puder contatar uma área específica sobre a vértebra que está sendo manipulada, a segunda mão contata uma área no corpo distante do contato específico. A força é desenvolvida através deste braço de alavanca-longa. Entretanto, usar um braço de alavanca-curta aplicada diretamente sobre a vértebra minimiza a força necessária na realização da manipulação [10] reduzindo a quantidade de força que deve ser transmitida através do tecido complacente.

Diversos laboratórios estudaram características biomecânicas da manipulação de alavanca-curta, alta-velocidade e de baixa-amplitude. O grupo de Herzog [16] foi o primeiro a relatar as características biomecânicas de uma manipulação espinal em um jornal indexado. Identificaram duas características comuns à elocução de uma manipulação espinal: 1) uma força da pré-carga seguida por 2) uma força maior de impulso. Usando dois quiropraxistas, quantificaram a pré-carga e os picos do impulso das forças aplicadas perpendicular ao ponto de contato e a duração do impulso durante a manipulação da articulação sacrílica. As forças de carga da pré-carga variaram entre 20 a 180 N, e as forças do pico variaram entre 220 a 550 N. Freqüentemente a pré-carga era aproximadamente 25% da carga do impulso. A duração do impulso de alta-velocidade variou de 200 a 420 ms.

Um número de estudos confirmaram o perfil de força-tempo descrito inicialmente por Hessel et al. [16]. Herzog et al. [17] mostraram que o período do pico do impulso era similar durante a manipulação da coluna torácica e da articulação sacrílica (aproximadamente $150 \text{ ms} \pm 77 \text{ ms}$, meio \pm SD). As forças perpendiculares aplicadas do impulso da pré-carga e do pico eram também similares durante as manipulações espinais aplicadas na região torácica ($139 \pm 46 \text{ N}$ vs. $88 \pm 78 \text{ N}$, respectivamente) e sacrílica ($328 \pm 78 \text{ N}$ vs. $399 \pm 119 \text{ N}$, respectivamente). Estudos da coluna cervical indicam que a pré-carga, o pico da força do impulso e o momento do pico do impulso estão menos comparados com a coluna torácica e lombosacral [17-19]. Dependendo do tipo de técnica manipulativa cervical usada, a força da pré-carga varia entre 0 a aproximadamente 50 N, e o pico das forças do impulso variam de aproximadamente 40 N a aproximadamente

120 N. As forças executadas durante as manipulações cervicais desenvolvem-se mais rapidamente do que durante a manipulação da coluna torácica e da sacrílica. A duração do impulso é de aproximadamente 30ms a aproximadamente 120 ms. A grande variabilidade nas forças aplicadas e nas durações deve ser reconhecida. O impacto desta variabilidade nos mecanismos biológicos que poderiam contribuir aos efeitos clínicos da manipulação é desconhecido.

Uma compreensão completa da biomecânica da manipulação espinhal requer conhecimento da maneira como as cargas manipulativas são transmitidas a uma vértebra específica. Experimentalmente, isso é substancialmente mais difícil e mais complexo comparando com mensuração das cargas aplicadas. As cargas transmitidas podem ser diferentes das cargas aplicadas pelos efeitos do posicionamento do paciente e das contribuições das cargas inerciais, dos momentos de carregamento e das propriedades ativas e passivas de intervenção dos tecidos conectivos e do músculo. Triano e Schultz [20] calcularam cargas picos transmitidas a um segmento lombar mensurando as cargas transmitidas para uma placa de força colocada sob o indivíduo. A placa da força era capaz de transduzir forças e momentos sobre três eixos ortogonais. As forças picos transmitidas a um segmento lombar durante uma manipulação espinhal em decúbito lateral (side posture) tenderam a ser mais elevadas do que o pico das forças aplicadas durante uma manipulação prono torácica ou sacrílica medida por Herzog et al. [17]. As durações transmitidas do impulso eram similares às durações aplicadas do impulso medidas por Herzog et al. [17]. Momentos picos transmitidos eram aproximadamente três a quatro vezes menos do que o pico das forças transmitidas. As cargas transmitidas foram consideradas abaixo de um nível limiar capaz de ferir a coluna lombar (veja [20] para uma discussão adicional).

Em adição às cargas aplicadas e transmitidas, o deslocamento ou o movimento relativo entre as vértebras contíguas durante uma manipulação espinhal foram estudados. Nathan e Keller [21] mediram o movimento lombar intervertebral usando pinos introduzidos nos processos espinhosos lombares. As manipulações foram executadas usando um aparelho de ajuste mecânico (Instrumento Ativador de Ajuste, Métodos Internacionais de Ativador, Ltd., Phoenix, AZ [22]). A duração do impulso usado por esse aparelho é de aproximadamente 5 ms, um impulso de menor duração quando comparado a manipulação manual. Impulsos executados ao espinhoso de L2 produziram $1.62 \text{ mm} \pm 1.06 \text{ mm}$ deslocamento pico axial (no plano longitudinal), $0.48 \pm 0.1 \text{ mm}$ de deslocamento puro (no plano transversal) e $0.89 \pm 0.49^\circ$ de rotação entre L3 e L4 [21]. Smith et al. [23] mediram deslocamentos vertebrais similares na coluna lombar do cão. L2 traduziu $0.71 \pm 0.03 \text{ mm}$ e girou $0.53 \pm 0.15^\circ$ em cima de L3 com cargas de impulso de 53 N. Gal et al. [24] executarem medidas na coluna torácica, mas seus resultados são difíceis de comparar com aqueles relatados acima para a coluna lombar. Apesar disso, os movimentos induzidos durante uma carga manipulativa espinhal sugerem que os processos mecânicos podem fazer um papel nos efeitos biológicos da manipulação espinhal.

Mecanismos neurofisiológicos e biomecânicos subjacentes aos efeitos da manipulação espinhal

Teorias numerosas foram propostas para explicar os efeitos da manipulação espinhal [25,26]. Uma linha comum a muitas dessas teorias é que as mudanças normais na dinâmica anatômica, fisiológica ou biomecânica das vértebras contíguas podem adversamente afetar a função do sistema nervoso. [27,28]. A manipulação espinhal é cogitada a corrigir estas mudanças.

De acordo, um número de mudanças biomecânicas produzidas pelo movimento vertebral durante uma manipulação espinhal foram teorizadas. A força mecânica introduzida na coluna vertebral durante uma manipulação espinhal pode diretamente alterar a biomecânica segmental liberando meniscos presos, liberando adesões ou reduzindo a distorção do anel fibroso [29-33]. Em acréscimo, os segmentos individuais do movimento podem desabar, desse modo produzindo os movimentos vertebrais relativamente amplos que atingem uma posição nova do equilíbrio estável [34]. As mudanças mecânicas surgidas pela manipulação podem fornecer a energia suficiente para restaurar um segmento desabado a um nível de energia menor, assim reduzindo o estresse ou a tensão mecânica nos tecidos moles e duros paraespinhais [35]. Uma consequência principal destas mudanças mecânicas teorizadas eliciadas pela manipulação, poderiam ser a restauração do jogo e da mobilidade da articulação zigapófise [31]. De fato, a discussão autoritativa da manipulação espinhal considera "o objetivo da manipulação a restauração máxima de movimento, livre de dor ao sistema músculo-esqueleto" (de [35a] e veja [31,36,37]).

Cogita-se que as mudanças biomecânicas causadas pela manipulação tenham consequências fisiológicas por meio de seus efeitos na entrada da informação sensorial ao sistema nervoso central [25,36]. Liberando meniscos presos, material discal ou adesões segmentais, ou normalizando um segmento desabado, a entrada mecânica pode essencialmente reduzir a entrada nociceptiva das terminações nervosas receptivos inervados em tecidos paraespinhais. Isto seria coerente com a observação de que a manipulação

espinhal não é dolorosa quando administrada corretamente. Em acréscimo, o impulso (thrust) mecânica poderia estimular ou silenciar terminações nervosas receptivas não nociceptivas, mecânosensitivas em tecidos paraespinhais, incluindo a pele, os músculos, os tendões, os ligamentos, as articulações facetárias e o disco intervertebral [28,38,39]. Estas entradas neurais podem influenciar mecanismos que produzem dor, bem como os outros sistemas fisiológicos controlados ou influenciados pelo sistema nervoso.

Fig. 1 diagrama os relacionamentos teóricos entre a manipulação espinhal, a biomecânica segmental, o sistema nervoso e o fisiologia do órgão-terminal. Uma alteração biomecânica entre os segmentos vertebrais produz em teoria uma sobrecarga biomecânica que os efeitos podem alterar as propriedades sinalizadas dos neurônios mecanicamente ou quimicamente sensíveis em tecidos paraespinhais. Cogita-se que essas mudanças na entrada sensoria modificam a integração neural afetando diretamente a atividade reflexa e/ou afetando a integração neural central dentro dos conjuntos (pools) neuronais motores, os nociceptivos e possivelmente os autonômicos. Qualquer uma dessas mudanças na entrada sensoria pode eliciar mudanças na atividade eferente somatomotor e visceromotor. A dor, desconforto, função muscular alterada ou as atividades visceromotoras alteradas comprometem os sinais ou os sintomas que puderam fazer com que os pacientes procurassem a manipulação espinhal. Manipulação espinhal, então, teoricamente altera a entrada dos sinais sensorios dos tecidos paraespinhais em uma maneira que melhore a função fisiológica. Esta explanação compreende uma das bases neurofisiológicas mais racionais para os mecanismos subjacentes dos efeitos da manipulação espinhal. Os esforços experimentais para compreender processamento sensorio dos tecidos paraespinhais e os efeitos da manipulação espinhal neste processamento sensorio estão recebendo uma atenção crescente, como descrita abaixo. Cada uma das seguintes seções dirige-se a um componente do relacionamento teórico descrito na Fig. 1 com o número de cada seção que corresponde a um componente numerado na figura.

1. Os efeitos da manipulação espinhal nos receptores sensorios em tecidos paraespinhais

Grupo I e II aferentes (aferentes proprioceptivos)

Korr [36] propôs que mobilização espinhal aumenta mobilidade das articulações produzindo um bombardeio de impulsos nos aferentes do fuso muscular e nos aferentes de pequeno diâmetro neutralizando ultimamente motoneurônios γ facilitados. A Fig. 2 mostra os circuitos neurais do loop γ . Ele teorizou que a descarga do motoneurônio γ é elevado nos músculos dos segmentos vertebrais que respondem à manipulação espinhal. O ganho elevado do loop γ danificaria a mobilidade articular sensitizando o reflexo de estiramento às mudanças anormalmente pequenas no comprimento do músculo. Korr teorizou mais adiante que a manipulação espinhal estimula fusos musculares aferentes, isto é, aferentes do Grupo Ia e possivelmente do Grupo II (Tabela 1). O bombardeio dos impulsos destes aferentes produzida pela manipulação espinhal reduziria o ganho do loop γ com um caminho neural indeterminado. Embora porções deste mecanismo remanesçam especulativas, a contribuição dos aferentes proprioceptivos à função da coluna e os efeitos neurofisiológicos da manipulação espinhal nestes aferentes recebem atenção crescente.

A importância da entrada proprioceptiva paraespinhal para a função da coluna vertebral, e da coluna lombar em particular, tem sido demonstrada recentemente nos seres humanos. Diversos estudos indicam que a entrada do fuso muscular do multifídeo lombar ajuda posicionar precisamente a pelve e a coluna lombosacral. Os indivíduos saudáveis podem reposicionar precisamente sua coluna lombosacral, mas sua habilidade de reposicionamento é danificada quando o músculo multifídeo é vibrado [40]. A vibração estimula os fusos musculares e cria uma ilusão sensoria de que o multifídeo está esticado e conseqüentemente que a coluna é flexionada mais do que ela realmente está. O erro de reposicionamento ocorre pela má-percepção da posição vertebral. É interessante, que nos indivíduos com uma história de lombalgia a habilidade de reposicionar a lombosacral é danificada, até na ausência da vibração [41]. Esse achado foi associado com a entrada proprioceptiva alterada dos fusos musculares [41]. Em acréscimo, os músculos paraespinhais nos indivíduos com uma história de lombalgia têm também um tempo de resposta mais longo às cargas repentinas, que sugere também a presença da entrada anormal proprioceptiva paraespinhal nestes indivíduos [42-44].

Dois modelos experimentais têm sido desenvolvidos recentemente que deveria realçar nossa compreensão neurofisiológica da coluna lombar e cervical em geral e da manipulação espinhal especificamente [45,46]. As preparações experimentais permitem a gravação da atividade neural dos tecidos paraespinhais sob as circunstâncias onde as cargas mecânicas controladas podem ser aplicadas a uma vértebra individual. As propriedades da descarga de aferentes primários com campos receptivos em tecidos paraespinhais e os efeitos destas entradas sensorias nos neurônios da medula espinhal podem ser

determinadas. As preparações isolam o processo espinhoso de uma vértebra cervical [45] ou lombar [46] e usam um motor servo-dirigido para controlar o deslocamento ou a força aplicada ao processo espinhoso. Estas preparações permitirão os estudos neurofisiológico não possíveis nos seres humanos.

Os achados recentes que usam um dos modelos experimentais descritos acima [46] demonstram que a manipulação espinhal modifica a descarga do Grupo I e II aferentes. Pickar e o Wheeler [47] gravaram a atividade da unidade singular dos aferentes do fuso muscular e do órgão tendinoso de Golgi que têm campos receptivos no multifídeo lombar e nos músculos longíssimos ao aplicar uma carga tipo manipulação espinhal a uma vértebra lombar. Os aferentes do órgão tendinoso de Golgi eram geralmente neutralizados no descanso e foram ativados mais pelo impulso (thrust) impulsivo de uma manipulação espinhal do que pela carga estática preparatória ao impulso (thrust). Sua neutralização recomeçou no fim da manipulação. Os fusos musculares tiveram geralmente uma descarga de descanso que aumentou também mais pelo impulso do que pela pré-carga (200% comparado com 30%). Os fusos foram neutralizados por 1.3 segundos na média após o impulso manipulativo. Em acréscimo, um presumido corpúsculo de Pacini respondeu ao impulso de uma carga tipo manipulativa mas não às cargas com um perfil mais lento do força-tempo. A descarga destes três tipos de aferentes pode representar uma parcela da descarga neural gravada por Colloca et al. [48] durante a manipulação espinhal em um paciente humano anestesiado que submeteu-se a uma laminectomia de L4-L5. Gravaram a atividade da multi-unidade da raiz inteira do nervo S1 durante as manipulações espinhais da região lombosacral usando um instrumento de baixa-força, de carga de curta-duração (impulso) (ie, Instrumento Ativador de Ajuste [22]).

Grupo III e IV aferentes

As gravações electrofisiológicas dos aferentes do Grupo III e IV que inervam a coluna dos ratos, dos coelhos e dos gatos ajudaram-nos a compreender os estímulos mecânicos e químicos que podem excitar os terminais receptivos dos neurônios sensoriais paraespinhais. Cavanaugh et al. [49] gravaram a atividade aferente da ramificação medial do ramo dorsal primário após ter removido os músculos superficiais e profundos do dorso inferior no rato. Exame delicado da cápsula facetária evocou uma descarga e adaptação lenta, enquanto que puxar forçadamente o ligamento supra-espinhoso evocou uma descarga de adaptação lenta dos aferentes na coluna lombar. As forças aplicadas a esses tecidos não foram quantificadas. Os aferentes que Cavanaugh et al. [49] gravaram eram provavelmente de condução lenta, isto é, aferentes do Grupo III e/ou do Grupo IV, mas classificação baseada nas velocidades de condução da unidade singular não foram obtidas. Pickar e McLain [50] gravaram a atividade da unidade singular dos aferentes do Grupo III (velocidade de condução, 9.0 ± 6.6 m/s) e do Grupo IV (velocidade de condução, 1.5 ± 0.5 m/s) com campos receptivos em tecidos lombares paraespinhais de um felino. Mediram a resposta destes neurônios de pequeno diâmetro ao movimento da articulação facetária L5-L6. A maioria dos aferentes, incluindo sete com campos receptivos dentro ou próximo a cápsula da articulação facetária, responderam em uma forma classificada ao sentido de uma carga não-nociva aplicada à articulação. Yamashita et al. [51] encontraram que somente 20% de aferentes do Grupo III dentro e em torno da articulação facetária lombar tiveram as limiares mecânicas elevadas (maior do que 8.5 gm), como determinado com os cabelos tipo von Frey. Estes últimos achados entram em contraste com os aferentes estudados na coluna cervical, onde quase todos os aferentes do Grupo III estudados tiveram limiares mecânicas elevadas [52]. Entretanto, Yamashita et al. [51] mostraram mais adiante que a substância P aumenta a descarga de descanso e diminui a limiar de von Frey por +80% e -30%, respectivamente, dos aferentes dentro e em torno da articulação facetária lombar. Isto sugere que inflamação pode diminuir as limiares mecânicas dos terminais receptivos em torno de uma articulação facetária lombar. Novamente, isto contrasta com as propriedades da descarga dos aferentes do Grupo III na região cervical, que não eram sensíveis ao mediador inflamatório da bradicinina [52]. Até hoje, não houve nenhum estudo que investigasse os efeitos da manipulação espinhal nas propriedades da descarga dos neurônios sensoriais de pequeno diâmetro, finamente mielinizado e não-mielinizado que inervam os tecidos paraespinhais.

Os estudos citados acima tornam aceitável o pensamento de que a manipulação espinhal pode adicionar uma nova entrada sensorial ou remover uma fonte aberrante da entrada. Gillette [28] apresentou uma análise especulativa porém compreensiva dos terminais nervosos receptivos potencialmente afetados pela manipulação espinhal. Ele sugeriu que 40 tipos de terminais mecânoreceptivos na pele e nos tecidos profundos da região paraespinhal poderiam ser ativados, porque têm limiares mecânicos abaixo do nível da força mecânica aplicada durante uma manipulação. Os mecânoreceptores incluem proprioceptores (fusos musculares, terminais primários e secundários e órgãos tendinoso de Golgi), mecânoreceptores de limiar baixo, mecânoreceptores de limiar elevada, mecânoreceptores de limiar elevada e os nociceptores

polimodais de princípio elevado [28]. Assim, todas as classificações dos neurônios sensoriais, isto é, fibras dos Grupos Ia, Ib, II, III e IV (Tabela 1), poderiam ser afetadas, teoricamente, pela manipulação espinal.

2. Os efeitos da manipulação espinal no tecido neural dentro do forame intervertebral

As raízes espinais dentro do forame intervertebral (FIV) possuem propriedades anatômicas incomuns, tendo menos apoio e proteção do tecido conjuntivo quando comparadas aos nervos periféricos [53,54]. Enquanto o tronco do nervo periférico entra no FIV, seu epineuro separa do tronco e torna-se contínuo com a dura-máter. O perineuro que cerca fascículos individuais é perdido enquanto os fascículos separam em raízes ventrais e dorsais. Endoneuro que cerca as células de Schwann individuais que embainham axônios mielinizados e não mielinizados continuam nas raízes nervosas, mas o índice de colágeno dos endoneuros torna-se menos denso e não permanece organizado como uma bainha protetora [55]. Em acréscimo, a densidade dos canais de Na⁺ no soma e no segmento inicial das células dorsais do gânglio da raiz é relativamente elevada, sugerindo que estas regiões podem ser anormalmente excitáveis [56]. Estas propriedades podem render o tecido neural dentro do FIV vulnerável aos efeitos da compressão mecânica e do ambiente químico produzido por mudanças nos discos intervertebrais ou nas articulações facetárias [57].

Evidência substancial demonstra que as raízes dorsais (RDs) e o gânglio da raiz dorsal (GRD) são mais suscetíveis aos efeitos da compressão mecânica do que os axônios dos nervos periféricos, pois função deteriorizada ou alterada é produzida com pressões consideravelmente mais baixas [57,58]. Cargas compressivas tão baixas quanto 10 mg aplicado rapidamente às RDs aumenta ligeiramente a descarga dos aferentes dos Grupos I, II, III e IV [58]. Cargas lentamente repetidas ou cargas gradualmente crescentes produzem um bloco de condução [58,59]. Pressões compressivas tão baixas quanto 20 mm Hg mantidas aplicadas às RDs causam uma condução em bloco [60]. Embora as RDs não sejam tão sensíveis quanto os GRDs às pressões mecânicas, prévios ferimentos mecânicos aumentam extremamente a descarga de descanso da RD. Em contraste, somente ligeira compressão mecânica aplicada ao GRD é suficiente para produzir aumentos grandes, prolongados na descarga dos aferentes do Grupo I, II, III e IV mesmo na ausência de ferimento mecânico prévio [58,59,61].

A compressão mecânica das RDs ou do GRD, além de alterar a transmissão neural baseada no impulso (ie, potenciais de ação), pode alterar mecanismos não baseados no impulso (por exemplo, transporte axoplásmico). Este conceito biológico foi introduzido na literatura da manipulação espinal há quase um quarto de século atrás [60]. Aplicando pressão tão pouco quanto 10 mm Hg às RDs reduzem por 20% a 30% o transporte nutritivo aos axônios periféricos como medidos pelos marcadores de glicose [62]. A compressão da RD reduz a taxa de transporte do neuropeptídeo da substância P mas não do peptídeo do vasointestinal [63]. Em acréscimo, a compressão do GRD aumenta a pressão fluida endoneurial e é acompanhada pelo edema e pela hemorragia dentro do GRD [64].

Os estudos de compressão, como aqueles descritos acima, fizeram um trabalho de base experimental para investigar como os discos intervertebrais herniados afetam a função da raiz nervosa. É clara a idéia de que um disco herniado poderia comprimir diretamente a RD ou o GRD, é direta. Recentemente, a pressão entre um disco herniado e a raiz nervosa foi medida em 34 seres humanos que submeteram-se à cirurgia para herniação de um disco lombar [65]. As pressões médias de 53 mm Hg (escala, 7 a 256 mm Hg) foram medidas. Uma segunda idéia descrevendo como os discos intervertebrais herniados poderiam afetar a função da raiz nervosa sugere que seus efeitos estão mediados indiretamente pela liberação de químicas neuroativas [66]. Este mecanismo ajudaria explicar a observação comum que, até na ausência da compressão, os discos herniados estão acompanhados por achados neurológicos. Estudos recentes demonstram que a aplicação do núcleo pulposo na raiz nervosa lombar causa a hiperalgesia mecânica no membro distal e causa inchaço e diminuição do fluxo sanguíneo ao GRD [67,68]. Em acréscimo, a fosfolípase A2 (PLA2), um mediador inflamatório associado com herniação discal [66,69], é neurotóxico em doses elevadas aos Grupos I, II, III e IV [61]. Em doses moderadas aumenta a sensibilidade mecânica das RDs, produzindo descarga de longa duração, e aumenta a descarga das células do GRD neutras [61,70].

Visto que a evidência crescente demonstra que as conseqüências mecânicas e químicas de um disco herniado podem afetar o tecido neural dentro do FIV, nenhum estudo foi encontrado que investigasse os efeitos da manipulação espinal no ambiente mecânico ou químico do FIV. É desconhecido se a manipulação espinal pode alterar a função neural mecanicamente mudando pressões de compressão ou reduzindo a concentração dos metabólitos no FIV. Entretanto, diversos estudos de caso [35,71,72] e os estudos clínicos aleatórios [73,74] mostram que a manipulação espinal dos pacientes com os discos intervertebral herniados podem apresentar melhoras clínicas. Estes achados autorizam uma investigação adicional. Sem estudos

científicos básicos adequados, será difícil determinar o mecanismo de ação subjacente as melhorias clínicas observadas.

3. Os efeitos da manipulação espinal na facilitação central

A facilitação central (chamada também de sensitização central) refere-se a excitabilidade aumentada ou a capacidade de resposta realçada dos neurônios do corno dorsal a uma entrada aferente. A facilitação central pode ser manifestada pela atividade neural central espontânea aumentada, pela descarga realçada dos neurônios centrais a uma entrada aferente ou por uma mudança nas propriedades do campo receptivo dos neurônios centrais [75].

Denslow et al. [76] foram um dos primeiros grupos de investigadores a estudar sistematicamente a organização neural de áreas sensíveis em tecidos paraespinais. Seus achados conduzem a um dos predominantes fundamentos para o uso clínico da manipulação espinal, isto é, a premissa que as alterações persistentes na entrada sensorial normal de uma unidade espinal funcional aumentam a excitabilidade das células ou de circuitos neuronais na medula espinal [25,36,76]. Eles observaram que os músculos com textura firme, que acompanham anormalidades posturais, mostram características eletromiográficas (EMG) diferentes dos músculos com textura normal. Ou a atividade espontânea do EMG estava presente ou a atividade do EMG poderia ser induzida diferentemente da área normal [77,78]. Em estudos subsequentes, Denslow et al. [76,79] mostraram que a atividade reflexa dos eretores espinais evocada pela pressão colocada contra aos tecidos paraespinais variou entre indivíduos e entre segmentos vertebrais. Os padrões que observaram sugeriram que os motoneurônios α poderiam estar presos em um estado facilitado por causa do bombardeio sensorial dos segmentos das estruturas paraespinais relacionadas. As limiares dos reflexos motores correlacionaram também com os limiares da dor, sugerindo ademais que alguns caminhos sensoriais foram sensibilizados ou facilitados também no segmento anormal [76].

Nós sabemos atualmente que o fenômeno da facilitação central aumenta o campo receptivo dos neurônios centrais e permite o acesso mecânico inócuo dos estímulos aos caminhos centrais da dor [80]. Em outras palavras, um estímulo mecânico sublimiar pode iniciar a dor, porque os neurônios centrais tornaram-se sensibilizados. A remoção destes estímulos sublimiares deve ser clinicamente benéfica. Um mecanismo subjacente os efeitos clínicos da manipulação espinal pode ser a remoção dos estímulos sublimiares induzidos por mudanças no jogo articular ou do movimento articular (veja a seção precedente: Mecanismos neurofisiológicos e biomecânicos subjacentes os efeitos da manipulação espinal). Em acréscimo, as próprias entradas mecânicas não nocivas podem também ter um efeito terapêutico. A teoria de controle das comportas de Melzack e Wall [81] atraiu atenção ao papel ativo do corno dorsal da medula espinal. O corno dorsal não é simplesmente uma estação de transmissão passiva para mensagens sensoriais mas pode modular as mensagens também. Os estudos numerosos inspirados pela teoria de Melzack e Wall demonstram claramente que as entradas mecânicas não nocivas que viajam por meio dos neurônios grandes, mielinizados da fibra A podem inibir a resposta dos neurônios do corno dorsal aos estímulos nociceptivos das fibras C (revisado em [82]). Ativação natural das fibras do A- α e da A- β (Tabela 1) foi mostrado a reduzir a dor crônica e aumentar os níveis dos limiares da dor (revisados dentro [82]). Se tal mecanismo das comportas contribui aos efeitos da manipulação espinal, os meios pelos quais uma entrada mecânica não nociva de tão curta duração produz um efeito de longa duração necessita ser compreendido.

Efeitos na dor e no processamento da dor

Numerosos estudos sugerem que a manipulação espinal altera processamento central dos estímulos mecânicos inócuos, porque os níveis de tolerância da dor ou da limiar aumentam. Nos pacientes com lombalgia, Glover et al. [83] examinaram áreas de pele na região lombar que eram dolorosas a uma pontada de agulha. Quinze minutos após a manipulação espinal da região lombar, o tamanho da área que as pontadas de agulha evocaram dor foi reduzido comparado com o grupo de controle que recebeu terapia de curta onda desarmonizada. Terrett e Vernon [84] quantificaram a redução na sensibilidade da dor após a manipulação espinal. Estabeleceram um modelo de sensação de dor usando classificação, estimulação elétrica de tecidos cutâneos paraespinais. Um observador vendado (neutro) valiou a corrente mínima necessária para evocar a dor (limiar da dor) e o máximo de corrente tolerável que evocou a dor (tolerância da dor) nos indivíduos com regiões sensíveis da coluna torácica. A manipulação espinal aumentou significativamente os níveis de tolerância de dor (1.5-a mais) dentro de 30 segundos. Durante os 9.5 minutos seguintes, os níveis de tolerância aumentaram progressivamente (até 2.4 - a mais; Fig. 3).

Esforços contínuos para determinar e quantificar os efeitos da manipulação espinal no processamento nociceptivo empregaram o algómetro da pressão. A confiabilidade e a validade deste calibre de pressão foram demonstradas [85,86]. Vernon [87] mediu mudanças no limiar de pressão/dor após a manipulação espinal usando este dispositivo de sensação. O limiar de pressão/dor representa a magnitude da pressão que o indivíduo relata que a sensação da dor muda para uma sensação de sensibilidade. Neste estudo de caso, a manipulação espinal aumentou o limiar médio de pressão/dor de seis pontos sensíveis na região da cervical aproximadamente 50% (de 2 kg/cm² para 2.9 kg/cm). Em um estudo da coluna lombar, nem a manipulação espinal nem a mobilização espinal mudaram os limiares de pressão/dor em três posições estandardizadas nos pacientes com lombalgia mecânica crônica [88]. As posições padronizadas eram pontos miofasciais dos pontos-gatilho associados com a lombalgia mas não eram necessariamente relevantes clinicamente (ie, sensível) ao paciente. Esses últimos resultados, quando comparados com aqueles do estudo de Vernon [87], poderiam sugerir que respostas fisiológicas à manipulação espinal são específicas às regiões da coluna vertebral. Alternativamente, os resultados sugerem que os efeitos neurofisiológicos das manipulações espinais no processamento da dor serão compreendidos somente quando os locais sintomáticos são escolhidos baseados no seu grau de sensibilidade ou de dor ao paciente. Sobretudo, os achados são provocativos e autorizam a investigação continuada. Se a manipulação espinal iniciar mudanças no estado facilitatório central da medula espinal, então compreendendo a relação entre entradas biomecânicas e respostas neurofisiológicas dos tecidos paraespinais nos permitirá a otimização a entrega (da aceitação) destas manipulações.

O efeito da manipulação espinal na dor poderia também ser mediado pelo sistema neuroendócrino. O sistema endógeno do opioide é conhecido por modificar os processos da dor [89], e um número das modalidades terapêuticas, incluindo acupuntura [90], estimulação transcutânea nervosa [91] e exercício [92], são cogitados a exercer efeitos de aliviar a dor através da ativação desse sistema. Diversos estudos investigaram o efeito na manipulação espinal em níveis circulantes da β -endorfina. Os achados foram inconsistentes por possíveis razões discutidas por Rosner [93]. Vernon et al. [94] relatou um aumento de 8% em níveis das β -endorfinas do plasma 5 minutos após a manipulação espinal mas não após as intervenções do controle. Christian et al. [95] não encontraram nenhuma mudança nos níveis das β -endorfinas no plasma, mas sua experiência seria incapaz de detectar um aumento de 8% porque sua variação entre experiências era maior do que 8%. Por outro lado, Sanders et al. [96] não encontraram nenhuma mudança em níveis da β -endorfina do plasma apesar de uma redução na escala análoga visual da dor no grupo que recebeu a manipulação espinal. Os efeitos contra dor produzidos pela β -endorfina podem ser mediados pela habilidade de ligar-se aos receptores de membrana limitadas nas terminações nervosas sensoriais na periferia, bem como, aos receptores na medula espinal e no cérebro. Entretanto, o relacionamento entre níveis circulantes de β -endorfina e a liberação da β -endorfina na medula espinal não é conhecido [97]. Assim, enquanto as experiências citadas podem indicar uma resposta mediada pelos receptores periféricos, os efeitos da manipulação espinal na liberação da β -endorfina dentro do sistema nervoso central são desconhecidos.

4. Os efeitos da manipulação espinal em reflexos somatosomáticos (do músculo)

A evidência substancial demonstra que a manipulação espinal produz reflexos dos músculos paraespinais e altera a excitabilidade do motoneurônio. Em pacientes assintomáticos. O grupo de Herzog [98,99] mostrou que os tratamentos manipulativos espinais aplicados de posterior para anterior às regiões da coluna lombar, cervical, torácica e sacroilíaca aumentou a atividade do EMG de um padrão relacionado às regiões paraespinais que foram manipuladas. As latências da resposta do EMG ocorrem dentro de 50 a 200 ms após a iniciação do impulso (thrust) manipulativo. Similarmente, a manipulação espinal utilizando um Ativador aplicado à um processo transversal provoca a atividade EMG do paraespinal no mesmo nível segmental mas dentro de 2 a 3 ms [22]. Colloca e Keller [100] confirmaram estes últimos achados em pacientes sintomáticos com lombalgia. Em acréscimo, eles relataram que a atividade aumentada do EMG, enquanto começou dentro de 2 a 3 ms da manipulação, alcançou seu pico dentro de 50 a 100 ms. A atividade do EMG representando uma resposta reflexa forte nos termos do pico da amplitude foi relativamente de longa vida (maior do que de 273 ms), enquanto que a atividade do EMG que representando respostas reflexas fracas foi mais de curta vida (menos do que 273 ms). As respostas paraespinais do EMG foram maiores em magnitude quando a manipulação foi aplicada perto do local do eletrodo e, interessante, que quanto mais crônica a lombalgia, menor foi a resposta do EMG. É importante notar que os eletrodos do EMG não foram colocados relativos algum achado físico associado com a lombar, por exemplo, um local presumido de espasmo muscular ou local de dor ou de sensibilidade muscular.

O efeito da manipulação espinal na atividade do músculo paraespinal não é somente excitatório. Em um paciente sintomático com atividade espontânea muscular na coluna torácica, Suter et al. [99] observaram atividade reduzida do EMG paraespinal dentro de 1 segundo após uma manipulação espinal torácica. De-Vocht obteve achados similares em um paciente sintomático com lombalgia (Fig. 4, observações não publicados). Ele colocou eletrodos do EMG nos músculos lombares palpavelmente tensos paraespinais e observou freqüentemente uma diminuição na atividade espontânea do EMG após a manipulação espinal usando o Ativador e o protocolo de tratamento. A atividade diminuída do músculo não ocorreu instantaneamente.

Os efeitos da manipulação espinal na atividade somatomotora podem ser bem complexos, produzindo efeitos excitatórios e inibitórios. Vale a pena notar que vários estudos dos casos individuais citados acima, foram executados em indivíduos sintomáticos ou assintomáticos mas não em ambos. Em acréscimo, as gravações do EMG foram obtidas, às vezes, dos locais estandardizados e em outros estudos foram obtidas relativas aos achados clínicos das fibras musculares tensas. Os achados paradoxais podem ser reconciliados se os estudos futuros compararem os efeitos da manipulação espinal em indivíduos sintomáticos versus assintomáticos e em locais anatômicos com sinais clínicos identificados ou quantificados. Claramente, o potencial para que a manipulação espinal iniba a atividade motora pode ser determinado somente sob as circunstâncias experimentais onde a atividade muscular está presente espontaneamente ou evocada.

Os efeitos da manipulação espinal na atividade do EMG paraespinal podem ser associados com os aumentos na força muscular medida após a manipulação espinal. Suter et al. [101] estudaram pacientes sintomáticos com disfunção da articulação sacrílica, dor no joelho anterior e evidência da inibição motora aos músculos extensores do joelho. Uma manipulação espinal de decúbito lateral (side posture) aplicada à articulação sacrílica diminuiu significativamente a inibição dos extensores do joelho no lado do corpo em que a manipulação foi aplicada. Similarmente, Keller e Colloca encontraram que a força isométrica dos eretores da coluna (avaliada usando a atividade do EMG) esteve aumentada depois de uma manipulação espinal comparada com a manipulação simulada [102]. Em termos neurofisiológicos, estes dois estudos indicam que a manipulação espinal melhora a função muscular através da facilitação ou da desinibição dos caminhos neurais.

Uma série de estudos procurou compreender como a manipulação espinal afeta o processamento central da informação de controle motor. Os estudos indicam que a manipulação espinal pode aumentar a excitabilidade dos caminhos motores na medula espinal quanto deprimir a entrada da informação sensorial dos fusos musculares. Em pacientes assintomáticos, Dishman et al. [103] mostraram que a manipulação espinal aumenta a excitabilidade central motora (Fig. 5). A atividade do EMG do músculo gastrocnêmico evocada pela ativação direta dos tratos descendentes corticoespinais usando a estimulação magnética transcranial foi maior em seguida da manipulação espinal lombar quando comparado com simples posicionamento do paciente, porém não aplicando a manipulação. A manipulação espinal deprecia também o reflexo H. A manipulação aplicada à articulação sacrílica no sentido posterior para anterior diminuiu a magnitude do reflexo H do nervo tibial por até 15 minutos nos seres humanos assintomáticos [104]. Similarmente, a manipulação lombar em decúbito lateral (side posture) da articulação de L5-S1 inibiu o reflexo H do nervo tibial [105]. Os efeitos somente de mobilização, aplicados à mesma articulação eram similares, mas os efeitos da manipulação tenderam ser maiores. Após somente a manipulação, a inibição durou por aproximadamente 20 segundos, porém durou até 1 minuto quando a manipulação foi precedida pela mobilização espinal. Estes efeitos contrastes na atividade do EMG, entre metodologias usando potenciais motores evocados contra o reflexo H, podem refletir os efeitos diferenciais da entrada sensorial evocada pela manipulação espinal nos processos pós-sinápticos versus a inibição pré-sináptica, respectivamente (veja, para a discussão extensiva, o Dishman et al. [103]).

Um mecanismo possível que contribui aos efeitos inibitórios da manipulação espinal no reflexo H e na atividade espontânea do EMG do paraespinal é sugerido por experiências recentes. A entrada sensorial dos tecidos das articulações facetárias estimuladas durante a manipulação espinal pôde reflexivamente diminuir a atividade do músculo paraespinal. Indahl et al. [106] provocaram a atividade (EMG) reflexa dos músculos longísimos e multifídeos eletricamente estimulando o disco intervertebral em uma preparação porcine. Esticando a articulação facetária pela injeção de 1 ml de salino fisiológico aboliu a atividade do EMG.

Há uma razão para acreditar que a tensão da cápsula da articulação facetária e os tecidos circunvizinhos ocorre provavelmente durante a manipulação espinal, ainda que esse recebeu pouca pesquisa [107]. Usando varreduras de imagem de ressonância magnética em indivíduos humanos, Cramer et al. [108] demonstraram que uma manipulação espinal em decúbito lateral (side-posture), acompanhada pela

cavitação, abre as articulações facetárias. O espaço sinovial das articulações facetárias lombares aumentou na largura por até 0,7 mm nos indivíduos que receberam a manipulação comparando com os indivíduos controles não manipulados. O período de tempo entre a manipulação e a varredura de imagem da ressonância magnética não foi relatado. Em um estudo da articulação metacarpofalangiana, 5 minutos após da cavitação a separação articular permaneceu aumentada por 0,4 mm e não retornou às dimensões da pré-cavitação até 10 minutos após “o estralo” [109]. Remanesce ser mostrado se as separações articulares destas magnitudes são suficientes para carregar os tecidos articulares facetários. Se assim, isto levanta a possibilidade que os tecidos que cercam a articulação facetária poderiam ser esticados por períodos de tempo maiores do que o tempo da duração da manipulação em si. A entrada sensorial nivelada dos tecidos que cercam a articulação facetária [50] poderia trazer à tona as respostas reflexas dos músculo similares àquele medido por Indahl et al. [106].

As mudanças na entrada dos fusos musculares produzidas pela manipulação espinal poderiam também contribuir à inibição de reflexos somatosomáticos. Usando estimulação magnética, o Zhu et al. [110,111] estimularam os músculos lombares paraespinais e gravaram os potenciais cerebrais evocados. Estimulação dos fusos musculares paraespinais usando vibração reduziu a magnitude dos potenciais cerebrais. Similarmente, os espasmos musculares em pacientes humanos reduziu a magnitude dos potenciais cerebrais evocada pelo músculo paraespinal. A manipulação espinal inverteu estes efeitos, melhorando o espasmo muscular e restaurando a magnitude dos potenciais cerebrais evocados [111], sugerindo que a entrada sensorial aumentada dos fusos musculares paraespinais durante o espasmo muscular contribua para redução da magnitude dos potenciais cerebrais evocados. Vale a pena lembrar as idéias de Korr [36] que a manipulação espinal aumenta mobilidade articular produzindo um bombardeio dos impulsos em fusos musculares aferentes e em aferentes do pequeno-diâmetro, silenciando finalmente motoneurônios do tipo γ facilitados (veja a seção precedente: Os efeitos da manipulação espinal nos neurônios sensoriais que inervam tecidos paraespinais; Grupo I e II aferentes [aferentes proprioceptivos]).

No início parece contra-intuitivo que a descarga do fuso muscular está aumentada durante o espasmo muscular, porque um poderia antecipar a encurtamento do músculo e descarregamento do fuso durante o espasmo. Entretanto, os estudos extensivos do laboratório de Proske (revisto em [112]) mostram que uma posição articular mantida ou um encurtamento mantido do músculo, até por durações curtas, alteram a sensibilidade do fuso muscular à movimento articular subsequente ou alongamento muscular. Por exemplo, de um dado comprimento muscular, os fusos musculares respondem mais a um estiramento lento quando um músculo da perna tem sido preso previamente em um comprimento encurtado, do que quando comparado com previamente ter sido preso em um comprimento longo por o tão pouco quanto 10 segundos [113]. Recentemente, Pickar e Kang [114] observaram o mesmo fenômeno nos músculos lombares longísimos e dos multifídeos (Fig. 6). A atividade do fuso muscular em resposta a uma translação vertebral lenta que alongou o fuso muscular dependeu se o músculo tinha sido encurtado previamente por o tão pouco quanto 5 segundos (deslocando linearmente a vértebra L6 em direção dorsal) ou foi previamente esticado (deslocando linearmente a vértebra L6 em direção ventral). Se o espasmo muscular paraespinal resulta no encurtamento do músculo, ou se o desabamento segmental resulta no encurtamento do músculo ipsilateral e o alongamento do músculo contralateral, então para a mesma mudança no comprimento do músculo estirado subsequente ou a vibração subsequente dos músculos afetados aumentariam a descarga do fuso mais do que esperado. Devido a manipulação espinal vir mostrando que estimula fusos musculares (Fig. 7), manipulação espinal pode normalizar a biomecânica do fuso e retornar a descarga do fuso muscular ao normal.

5. Os efeitos da manipulação espinal em reflexos somatoviscerais

Um número de experiências animais fornecem evidência que suporta a ligação entre as entradas sensoriais paraespinais alteradas e uma mudança somatovisceral mostrada na Fig. 1. A entrada sensorial dos tecidos paraespinais pode evocar os reflexos viscerais que afetam o sistema nervoso simpático e pode alterar a função do órgão terminal. Em geral, a entrada sensorial paraespinal não nociva aparenta ter um efeito inibitório na saída simpática, enquanto que, a entrada nociva aparenta ter um efeito excitatório. Entretanto, experimentos insuficientes têm sido conduzidos para determinar a variação regional desses efeitos, isto é, a mudança na saída simpática a diferentes órgãos. Todavia, os dados são provocativos, indicando que a entrada neural dos tecidos axiais podem evocar reflexos somatoviscerais.

Sato e Swenson [115] aplicaram um estímulo mecânico não nocivo a diversas vértebras na coluna torácica e lombar dos ratos aplicando uma força aos aspectos laterais de seus processos espinhosos. As atividades simpáticas renais e adrenais do nervo foram gravadas. Como a musculatura paraespinal foi removida, a entrada sensorial foi provavelmente extraída das articulações facetárias, dos discos intervertebrais

e/ou dos ligamentos intervertebrais. O estímulo mecânico diminuiu reflexivamente o nível da atividade simpática dos nervos renal e adrenal por 25% a 40%. Os estímulos eram curtos na duração (aproximadamente 30 segundos), e as respostas atenuaram rapidamente. A entrada sensorial dos tecidos paraespinhais tiveram acesso aos centros no mínimo tão alta quanto a medula espinhal cervical superior, porque transecção da medula espinhal de C1-C2 aboliu a inibição. Sato e Swenson concluíram que os estímulos mecânicos não nocivos aplicados à coluna inibem reflexivamente o nível da atividade simpática nervosa por meios do reflexo supraespinhal.

Budgell et al. [116,117] estimularam também as estruturas paraespinhais usando estímulos químicos nocivos e não nocivos. As injeções foram colocadas nas facetas lombares ou nos tecidos interespinhosos lombares. A pressão sanguínea e o fluxo sanguíneo do nervo ciático foram mensurados [116]. Um volume pequeno (20 μ l) de um produto químico não nocivo (0.9% salino fisiológico) injetado no ligamento interespinhoso produziu uma resposta depressora e uma diminuição concomitante no fluxo sanguíneo do nervo ciático. Um volume similar de dose baixa do capsaicin (2 μ g), que ativa os neurônios nociceptivos [118], causou um aumento inicial na pressão sanguínea e fluxo sanguíneo do nervo ciático. Entretanto, quando injetado na articulação facetária, o capsaicin produziu uma resposta depressora. Os resultados do ligamento interespinhoso são consistentes com a sugestão oferecida por Sato e Swenson [115] que essa estimulação dos terminais receptivos sensíveis aos estímulos mecânicos inócuos dos tecidos paraespinhais produz reflexos somáticos simpáticos inibitórios. Os achados das articulações facetárias sugeriu aos autores que o capsaicin poderia produzir, de uma maneira mais eficaz, mudanças mecânicas inócuas na articulação facetária comparado com o ligamento interespinhoso por aumentar a permeabilidade da microvasculatura da membrana sinovial. Similar aos efeitos cardiovasculares produzidos pela injeção do capsaicin no ligamento interespinhoso lombar, a injeção do capsaicin nos tecidos interespinhosos lombares aumentou também a atividade do nervo simpático adrenal e a secreção de catecolamina [117], visto que a injeção salino fisiológico não teve nenhum efeito. Assim, a estimulação nociva dos tecidos paraespinhais pode produzir reflexos somático-simpático excitatórios.

Mais recentemente, Pickar et al. [119], em um relatório preliminar, mostraram que óleo de mostarda, uma substância nociceptiva que produz também inflamação, injetada no músculo multifídeo lombar aumenta a descarga dos nervos simpáticos ao rim e ao baço. A resposta é um reflexo mediado por ramos segmentais dos ramos dorsais e é integrada por centros no mínimo tão alta quanto a medula espinhal cervical superior. Essa organização reflexa é similar àquela encontrada por Sato e Swenson [115] para os nervos simpáticos aos rins e à glândula adrenal. É interessante que os estudos animais mostraram também que a descarga simpática do nervo esplênico aumentada é imunossupressiva, diminuindo o número de células assassinas naturais liberadas. A estimulação do reflexo somatovisceral da saída simpática ao baço pode contribuir aos níveis diminuídos das células naturalmente assassinas mensuradas nos indivíduos com lombalgia [120].

A estimulação mecânica dos tecidos paraespinhais pode ser suficiente para inibir a motilidade gástrica. A atividade mioelétrica da parede do trato gastrointestinal em coelhos conscientes foi diminuída pelas entradas mecânicas sustentadas (2.5 minutos) [121]. Nestas experiências, não ficou claro se a estimulação mecânica era nociva ou inócua, mas a inibição da motilidade gástrica era maior quando a estimulação mecânica era aplicada a sexta vértebra torácica, e diminuiu enquanto a estimulação mecânica foi aplicado mais cranialmente ou caudalmente. Esses resultados foram confirmados por Budgell e Suzuki [122]. Estimulação química nociva inibiu a motilidade gástrica, e o efeito tendeu a ser maior quando o estímulo foi aplicado à região torácica média comparada com a região lombar. Em acréscimo, a resposta inibitória foi mostrada ser um reflexo predominado pelas mudanças na saída simpática e, num grau a menos, a saída vagal.

É importante notar que estes estudos não fornecem evidência para o potencial original dos tecidos paraespinhais a provocar reflexos somatosimpáticos. Evidência substancial mostra que a estimulação nociva dos tecidos do esqueleto apendicular evoca também os reflexos somatosimpáticos [123], mas nada é conhecido sobre as magnitudes relativas dos reflexos somatosimpáticos eliciados por tecidos axial ou apendiculares. Embora os dados na motilidade gástrica sugiram especificidade segmental, não estão absolutamente certos o grau que cada entrada segmental dos tecidos paraespinhais produzem mudanças específicas regionais na atividade simpática nervosa.

Pouquíssimos laboratórios ou estudos básicos clínicos orientados cientificamente foram conduzidos para determinar os efeitos da manipulação espinhal no sistema nervoso simpático. Recentemente, Budgell e Hirano [124] mediram mudanças na variabilidade dos batimentos cardíacos após a manipulação espinhal da cervical alta em relação a uma manipulação simulada. A análise espectral de poder da variabilidade dos batimentos cardíacos mostrou que a manipulação aumentou a relação da baixa frequência aos componentes de

alta frequência que indicou um deslocamento possível no equilíbrio do controle autonômico do coração para o sistema nervoso parassimpático.

A manipulação espinal pode alterar a resposta das células imunológicas tanto quanto a produzir citocinas imunomodulatórias e neuromodulatórias. Em uma série de estudos em assuntos humanos nos 1990s, Brennan et al. [120,125,126] mostraram que a manipulação espinal mas não a manipulação simulado nem a massagem dos tecidos moles aprimoraram leucócitos polimorfonucleares (PMNs) e monócitos. A manipulação espinal realçou o sopro respiratório (um marcador para a atividade fagocítica) destas células sanguíneas brancas a um desafio particular. O mecanismo não é claro, embora a especulação no papel da substância P seja discutido. A manipulação espinal aprimorou também os leucócitos polimorfonucleares para a produção realçada dos citocinas como determinada pela liberação do fator de necrose tumoral em resposta ao desafio do endotoxina. O efeito do aprimoramento foi de curta duração, sendo uns 15 minutos a mais após a manipulação comparada com os 30 e 45 minutos. A consequência biológica dessas mudanças há de ser investigada, mas as mudanças sugeriram o seu uso potencial, ao menos, como marcadores da manipulação espinal bem sucedida.

Conclusão

Uma estrutura teórica foi apresentada para compreender os efeitos neurofisiológico da manipulação espinal. As razões subjacentes as mudanças biomecânicas na coluna vertebral são hipotizados a afetar a entrada neural, alterando subseqüentemente o processamento central e afetando o reflexo somatomotor ou a saída somatovisceral. A Tabela 2 resume a evidência para os relacionamentos teóricos apresentados nesta revisão. A manipulação espinal evoca mudanças no sistema neuromúsculoesquelético. A evidência experimental indica que a carga do impulso (thrust) de uma manipulação espinal impacta os neurônios aferentes primários proprioceptivos dos tecidos paraespinais. Em acréscimo, a manipulação espinal pode afetar o processamento da dor, possivelmente alterando o estado facilitado central da medula espinal, e pode afetar o sistema de controle motor. As experiências animais mostram que a entrada sensoria dos tecidos paraespinais têm a capacidade de alterar reflexivamente a saída neural ao sistema nervoso autonômico. Entretanto, os efeitos da manipulação espinal no sistema nervoso autonômico não são tão bem investigados. A evidência neurofisiológica que demonstra os efeitos fisiológicos produzidos pela manipulação espinal está crescendo. Mais de um mecanismo explica provavelmente os efeitos da manipulação espinal. Durante os últimos 10 a 20 anos, novas aproximações experimentais foram desenvolvidas para investigar os efeitos da manipulação espinal e dos mecanismos subjacentes. Estudos neurofisiológicos da coluna usando animais como modelos são difíceis, se por nenhuma outra razão, os tecidos paraespinais do interesse sobrepõem diretamente o sistema nervoso central e as distâncias curtas entre os tecidos paraespinais e a medula espinal. Diversos modelos experimentais ofereceram soluções a esta dificuldade. O trabalho continuado nesta área nos ajudara a compreender melhor os mecanismos terapêuticos impactados através da manipulação espinal.

As Figuras e as Referências são juntos no artigo original anexado:

Fig. 1. O modelo teórico que mostra os componentes que descrevem os relacionamentos entre a manipulação espinal, a biomecânica segmental, o sistema nervoso e a fisiologia. Os efeitos neurofisiológicos da manipulação espinal poderiam ser mediados em qualquer uma das caixas numeradas.

Fig. 2. O diagrama esquemático mostra os caminhos sensorios que poderiam modular a descarga do motoneurônio γ . A descarga de alta frequência da entrada dos fusos musculares pode afetar a entrada descendente aos motoneuronios γ . Em acréscimo, a entrada do Grupo III e IV dos neurônios de pequeno diâmetro pode afetar os motoneurônios γ .

Fig. 3. O limiar da tolerância de dor aumentado após a manipulação espinal. Limiar determinado pela corrente elétrica necessária para evocar a dor máxima tolerável. (de [84], re-impresso com permissão).

Fig. 4. Os dados originais de um indivíduo que mostra a atividade espontânea do músculo paraespinal na coluna lombar inferior e a sua resposta à manipulação espinal. A atividade do electromiografia (EMG) (traço superior) diminuído em resposta à manipulação espinal usando Ativador e o protocolo de tratamento. Um eletrodo tripolar, descartável, adesivo do EMG foi colocado aproximadamente 2 a 3 cm à direita do processo

espinhoso da L4 sobre o músculo paraespinhal que estava tenso quando palpado. O traço inferior é a saída de um acelerômetro unido à cabeça do Ativador . Os picos grandes do acelerômetro representam o início de cada impulso manipulativo espinhal. A manipulação espinhal foi aplicada três vezes à base sacral (terceira manipulação não obtida do acelerômetro) e aplicada sucessivamente aos processos mamilares de L5, L4 e L3. Os picos grandes no traço superior são provavelmente artefatos mecânicos do impulso manipulativo. (Observações não publicadas.)

Fig. 5. Os efeitos da manipulação espinhal nas potenciais motores evocados no músculo gastrocnêmio. A atividade do músculo foi evocada usando a estimulação magnética transcranial aplicada perto do vértice do crânio. A manipulação espinhal em decúbito lateral (side posture) foi aplicada direita a L5-S1. Durante o controle, os indivíduos foram posicionados em decúbito lateral mas não manipulados. MEP = potencial motora evocada; Pre = antes da manipulação ou posicionamento; SM = manipulação espinhal. (re-impreso com permissão de J Manipulativo Physiol Ther [103]).

Fig. 6. A sensibilidade do fuso muscular paraespinhal às mudanças idênticas no deslocamento vertebral é determinada pela história de curto prazo precedente do comprimento do seu músculo. O campo receptivo do fuso muscular estava no músculo lombar multifídeo. O painel superior mostra a frequência gravada da descarga aferente do fuso muscular da raiz dorsal de L6. A frequência instantânea da descarga foi calculada a média de 25 ms. O painel inferior mostra a quantidade que a vértebra L6 esteve deslocada durante a flexão (deslocamento negativo) e a extensão (deslocamento positivo). Estes deslocamentos encurtaram e tensionaram o músculo multifídeo, respectivamente, porque prender a vértebra L6 em uma posição prolongada (12 a 15 segundos) aumentou a frequência da descarga do fuso comparada com o controle. Inversamente, prender a vértebra L6 em uma posição flexionada (11 a 15 segundos) diminuiu a frequência da descarga do fuso comparada com o controle. A descarga do fuso era a mesma no início dos protocolos (controle, 0 a 2 os segundos). As extensões e as flexões rápidas no início de cada protocolo forneceram as mesmas circunstâncias iniciais. (A descarga do fuso não é mostrada durante estes deslocamentos). O painel superior mostra a mudança na sensibilidade do fuso muscular à extensão vertebral lenta (18.5 a 40 segundos) após ter prendido o músculo do multifídeo nas posições de encurtamento e tensionamento. Note que a posição vertebral esteve presa por tão pouco quanto 5 segundos. (Re-imprensa com permissão de J Neuromusculoskel Sys, Data Trace Publishing Company [114]).

Fig. 7. Traçado original de uma resposta do fuso muscular a uma carga tipo manipulativa espinhal. A atividade da unidade singular foi obtida de um aferente do fuso muscular na raiz dorsal da L6. O fuso muscular foi achado nos músculos lombares paraespinhais. A inserção mostra a descarga do fuso em uma escala de tempo expandida imediatamente antes, durante e logo após do impulso. (Do [47] re-impreso com permissão.)