

# RELAÇÃO ENTRE TENSÃO NEURAL ADVERSA E ESTUDOS DE CONDUÇÃO NERVOSA EM PACIENTES COM SINTOMAS DA SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO

Mahmud Ahmad Ismail Mahmud<sup>1</sup>, Álvaro Roberto Crespo Merlo<sup>2</sup>, Irênio Gomes<sup>3,4</sup>, Jefferson Becker<sup>3,4</sup>, Daniel Bocchese Nora<sup>3,4</sup>

**RESUMO** - O propósito deste estudo foi avaliar, através de uma série de casos, a relação entre tensão neural adversa do nervo mediano (TNAm) e o parâmetro eletrofisiológico em 38 pacientes com sintomas da síndrome do túnel do carpo (STC), submetidos a estudos de condução nervosa (ECN). As principais medidas foram a TNAm obtida no teste de provocação de tensão neural (TPTN) e parâmetros dos ECN, dividindo-se os braços avaliados em três grupos: normal, com alteração eletrofisiológica sem gravidade e com alteração eletrofisiológica grave. Correlação significativa entre TNAm e parâmetros dos ECN foram encontrados ( $p < 0,05$ ), bem como entre a TNAm e os três grupos definidos pela alteração eletrofisiológica ( $r_s = +0,437$ ,  $p = 0,002$ ). Valores de TNAm foram significativamente maiores nos braços com diagnóstico eletrofisiológico ( $p = 0,007$ ). Sugere-se que a TNAm tem participação na fisiopatologia da STC, indicando o uso de procedimentos terapêuticos que diminuam ou previnam a tensão neural.

**PALAVRAS-CHAVE:** síndrome do túnel do carpo, teste de tensão do membro superior, condução nervosa, terapia manual.

## Relationship between adverse neural tension and nerve conduction studies in patients with symptoms of the carpal tunnel syndrome

**ABSTRACT** - The purpose of this study was to evaluate, through a series of cases, the relationship between the adverse neural tension of median nerve (ANTm) and the electrophysiological involvement in 38 patients with symptoms of the carpal tunnel syndrome (CTS), submitted to nerve conduction studies (NCS). The main measures had been ANTm (in degrees) obtained through the test of neural tension provocation (TNTP) and parameters of the NCS, divided into three groups: normal, without severe electrophysiological alteration and with severe electrophysiological alteration. Significant correlations were found between ANTm and parameters of the NCS ( $p < 0,05$ ), as well as between ANTm and the three groups defined by the electrophysiologic alteration ( $r_s = +0,437$ ,  $p = 0,002$ ). The TNAm values were significantly higher in the arms with electrophysiologic diagnoses ( $p = 0,007$ ). It is suggested that the ANTm does have a participation in the physiopathology of the CTS, and the use of therapeutical procedures that diminish the development of neural tension.

**KEY WORDS:** carpal tunnel syndrome, upper limb tension test, nerve conduction, manual therapy.

A síndrome do túnel do carpo (STC) é considerada a mais comum entre as neuropatias por compressão. Causada por pressão elevada no túnel do carpo, o que produz isquemia no nervo mediano, resultando em parestesia, dor e comprometimento na estrutura de mielina com alterações eletrofisiológicas nos es-

tudos de condução nervosa (ECN)<sup>1-3</sup>. Quando há isquemia prolongada, ocorre lesão axonal e a disfunção nervosa pode ser irreversível, levando a prejuízo funcional da mão<sup>4-6</sup>. Incidência de 0,1% a 1,5% é encontrada na população geral norte-americana<sup>7,8</sup>, sendo realizadas aproximadamente 450000 cirurgias de

<sup>1</sup>Fisioterapeuta, Serviço de Fisiatria, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre RS, Brasil; <sup>2</sup>Médico do Trabalho, Doutor em Sociologia, Docente da Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e do Ambulatório de Doenças do Trabalho do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brasil; <sup>3</sup>Médico, Unidade de Eletro-neuromiografia e Potencial Evocado, Serviço de Neurologia, Hospital de Clínicas de Porto Alegre; <sup>4</sup>GPPA - Grupo de Pesquisa Porto Alegre em Doenças Neuromuscular, Porto Alegre, Brasil.

Recebido 18 Julho 2005, recebido na forma final 28 Outubro 2005. Aceito 1 Dezembro 2005.

Dr. Mahmud Ahmad Ismail Mahmud - Rua Veador Porto 540 / 301B - 90610-120 Porto Alegre RS - Brasil. E-mail: mmahmud@hcpa.ufrgs.br

liberação do túnel do carpo, com um custo de US\$ 2 bilhões<sup>9</sup>. Os nervos periféricos normalmente apresentam-se móveis em relação aos seus tecidos conectivos<sup>10-12</sup>. Alterações fisiopatológicas do tecido conectivo do nervo (fibrose) têm sido consideradas responsáveis pela mudança no fluxo sanguíneo e isquemia nas fibras nervosas, além de diminuir a capacidade de deslizamento e aumentar a tensão do nervo durante movimentos dos membros<sup>1</sup>. Na STC alterações na capacidade mecânica do nervo mediano (deslizamento longitudinal e transversal) têm sido demonstrada, *in vivo* e *in vitro*<sup>13,14</sup>.

A importância do movimento e deslizamento neural na extremidade tem sido recentemente enfatizada no manuseio clínico de pacientes com múltiplos níveis de compressão nervosa. Teste de provocação de tensão neural (TPTN) tem sido utilizado para avaliar a presença de restrição mecânica do nervo, quando submetido a posições específicas de teste<sup>15</sup>. Elvey, em 1979, desenvolveu um teste para exame físico do tecido neural nas síndromes de dor regional e dor no braço sendo popularizado, mais recentemente por David Butler, através do teste de tensão do membro superior (ULTT - *Upper limb tension test*)<sup>16,17</sup>. A avaliação da capacidade mecânica do nervo mediano realizada através de uma variante do ULTT (ULTT1), envolve aplicação de movimentos de depressão do ombro, abdução da glenoumeral, rotação externa do ombro, extensão do cotovelo, supinação do antebraço e extensão do punho e dedos<sup>18</sup>. Respostas anormais ao teste (tensão neural adversa do mediano - TNAm) são a redução da amplitude de movimento (ADM) do cotovelo e ou reprodução dos sintomas nas áreas inervadas pelo mediano<sup>18-20</sup>. Restrição no deslizamento dos nervos periféricos tem sido proposta como sendo um fator contribuinte na fisiopatologia das síndromes de compressão<sup>10</sup>. Trabalhos têm abordado a ocorrência de tensão neural adversa em pacientes com síndromes de superuso<sup>21</sup>.

O propósito deste estudo foi avaliar a relação da TNAm e o comprometimento eletrofisiológico do nervo mediano em pacientes com sintomas de STC submetidos à ECN.

## MÉTODO

*Desenho do estudo* – Foi realizado estudo de série de casos, com amostragem consecutiva de pacientes encaminhados (com sintomas característicos ou compatíveis com STC) a um hospital universitário público, para diagnóstico eletrofisiológico. Consentimento Informado foi obtido de cada paciente, antes da aplicação do TPTN (ULTT1). O avaliador do TPTN permaneceu cego, durante todo estudo, para os dados obtidos nos ECN. O estudo obteve aprovação

do Comitê de Ética do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), apoio e financiamento do Fundo de Incentivo de Pesquisa e Eventos (FIPE) do HCPA.

*Dados dos sujeitos* – Foram incluídos no estudo todos pacientes sintomáticos maiores de 16 anos encaminhados para a realização do ECN (no mínimo em um dos membros superiores), na Unidade de Eletromiografia e Potencial Evocado do Serviço de Neurologia do HCPA, entre julho e novembro de 2004. Após consentirem em participar do estudo, os pacientes responderam um questionário contendo informações demográficas e clínicas para excluir a presença de outras doenças relacionadas com a STC (diabetes, polineuropatia, ou doenças da tireóide). Um exame funcional foi aplicado para avaliar as condições articulares para a realização do TPTN. Foram excluídos os pacientes que não assinaram o consentimento, bem como os que não apresentaram condições para a realização do teste (limitação na ADM do membro superior e da cervical ou quadro algico desfavorável) e ou apresentassem doenças concomitantes. O questionário, o exame funcional e TPTN foram realizados no Serviço Fisioterapia do HCPA.

*Estudos de condução neural* – Os estudos de condução nervosa foram realizados por dois neurofisiologistas clínicos, no local acima descrito, seguindo protocolo pré-estabelecido, que constou das seguintes técnicas: (a) neurocondução sensitiva ortodrômica dos nervos ulnar e mediano, com registro no punho e estímulo no 5º e 3º dedo, respectivamente, e na palma (8 cm distalmente ao eletrodo de registro (E-1)) em ambos os nervos; (b) neurocondução motora do mediano, com estímulo no punho (8 cm do E-1) e fossa antecubital e registro no músculo abdutor curto do polegar (ACP); (c) latências motoras distais do mediano ao 2º lumbricóide e ulnar ao 2º interósseo com distâncias iguais (10 cm do E-1); (d) eletromiografia e outras técnicas neurofisiológicas, a depender do caso estudado. Todos os registros foram realizados com eletrodos de superfície, com as extremidades aquecidas se a temperatura cutânea estivesse abaixo de 32º. Os exames foram realizados em um ou ambos os lados, na dependência da solicitação do médico assistente, usando o equipamento de eletromiografia Medelec-Oxford Synergy.

*Aplicação do teste de provocação de tensão neural* – O método de avaliação adotado foi o ULTT1 preconizado por Butler<sup>18</sup> com modificações para se conseguir repetitividade das manobras entre os diferentes pacientes, sendo aplicado nos braços sintomáticos, por um mesmo avaliador durante todo estudo. Os pacientes foram posicionados em supino na borda de uma mesa de avaliação, numa posição confortável, com as pernas estendidas e o braço não testado ao lado do corpo com a mão repousando no abdômen. O braço a ser testado foi posicionado inicialmente em 90 graus de abdução da glenoumeral com auxílio de um posicionador de madeira. Uma órtese rígida feita de termoplástico foi fixada no antebraço e mão para manter a posição de extensão do punho (20 graus) e dedos (0 grau). A elevação do ombro durante o teste foi contida pelo avaliador, para

*Tabela 1. Critérios eletrofisiológicos para classificação dos braços sintomáticos para síndrome do túnel do carpo. Distribuição dos braços com sintomas da síndrome do túnel do carpo em três grupos com base nos achados eletrofisiológicos.*

Grupos	Achados eletrofisiológicos
Normal	DLSMU menor ou igual a 0,5 ms
Sem gravidade	DLSMU maior do que 0,5 ms e LMD menor ou igual a 4,5 ms
Com gravidade	DLSMU maior do que 0,5 ms e LMD maior do que 4,5 ms

DLSMU, Diferença entre os registros da latência de condução sensitiva do nervo mediano e do nervo ulnar; LMD, Latência motora distal do nervo mediano.

manter posição neutra da cintura escapular. Realizada rotação externa do ombro pelo examinador, o ângulo de extensão do cotovelo foi medido através de um goniômetro universal preso ao braço, tendo como pontos de referência o processo estilóide, epicôndilo medial do úmero e o processo coracóide. A medida da amplitude de movimento (ADM) do cotovelo foi obtida na posição máxima de extensão. A ADM do cotovelo foi avaliada em dois estágios, utilizando-se diferentes posições sensibilizadoras: com coluna cervical posicionada no final de seu movimento numa flexão ipsilateral (FIL) ou flexão contralateral (FCL) ao lado avaliado. Um assistente manteve a cabeça nestas posições. No estágio I a coluna cervical foi posicionada e mantida em FIL durante a aplicação do teste. No estágio II a coluna cervical foi posicionada em FCL. O procedimento dos estágios I e II foram repetidos apenas uma vez com um intervalo de 2 minutos entre cada um deles.

*Variáveis do estudo* – O banco de dados foi desenvolvido no Epiinfo 2000. Foram considerados para análise os braços que apresentavam sintomas com padrão clássico, provável ou possível para STC de acordo com o diagrama de Katz<sup>22</sup>. Variáveis antropométricas e relacionadas aos sintomas dos pacientes foram obtidas através de um questionário. Foram utilizados para análise de correlação os parâmetros obtidos nos ECN (neurocondução sensitiva do nervo mediano e do nervo ulnar e latência motora distal do nervo mediano). O diagnóstico eletrofisiológico foi determinado pela diferença, entre os registros da latência de condução sensitiva do nervo mediano e do nervo ulnar, maior do que 0,5 ms (estímulo na palma, 8 cm distalmente ao eletrodo de registro do punho, nos territórios dos nervos ulnar e mediano). Com base nas alterações eletrofisiológicas encontradas nos ECN, os braços com sintomas de STC foram divididos em três grupos (Tabela 1). A variável TNAm foi obtida do TPTN, através da diferença entre as ADM dos estágios I e II.

*Confiabilidade do TPTN* – Oito pacientes com STC foram convidados a participar desta avaliação e após darem seu consentimento foram submetidos (no mesmo dia) ao TPTN, realizado por dois avaliadores independentes para avaliar a homogeneidade quando administrado ao mesmo pacien-

te por diferentes avaliadores (confiabilidade inter-avaliadores). Após três dias consecutivos estes mesmos pacientes foram novamente testados para avaliar o teste quanto a sua capacidade de não diferir nos resultados em diferentes tempos (confiabilidade teste-reteste).

*Análise estatística* – Os dados foram analisados usando o SPSS<sup>®</sup> versão 10. As variáveis contínuas foram submetidas ao teste de Kolmogorov-Smirnov para análise de normalidade, a fim de definir a utilização de teste paramétrico ou não-paramétrico nas análises. Coeficientes de correlação foram calculados para investigar a relação entre a gravidade do comprometimento eletrofisiológico e os valores obtidos de TNAm (teste da correlação de Spearman), e o teste de correlação de Pearson para avaliar a confiabilidade do TPTN. As diferenças entre as medianas da tensão neural adversa foram avaliadas com o teste de Kruskal-Wallis, para comparação entre os três grupos determinados pelos ECN. Para comparações de medianas entre duas amostras, foi utilizado o teste U de Mann-Whitney. Para todos os testes mencionados acima,  $p < 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo.

## RESULTADOS

*Estudo de confiabilidade* – Foram avaliados 8 sujeitos (15 braços), com sintoma clínico de STC, média de idade 46,38 anos (DP=9,93) e IMC 27,75 kg/m<sup>2</sup> (DP=4,70). O teste de correlação de Pearson apresentou grau de correlação forte para a confiabilidade interavaliador de 0,817 ( $P < 0,001$ ) e muito forte para confiabilidade teste-reteste de 0,909 ( $P < 0,001$ ). A confiabilidade intra-avaliador não foi realizada porque a repetição do teste para coletar dados suficientes para análise poderia mostrar inconsistências devido a resposta fisiológica (dor) para o teste, e não devido a imprecisão da avaliação.

*Características da população amostral* – 52 sujeitos foram encaminhados para realização do ECN, no período do estudo, 6 sendo excluídos por não apresentarem condições para o TPTN, 1 sujeito não consentiu sua participação no estudo e 7 foram excluídos por apresentarem doença concomitante (4 com diabetes e 3 com hipotireoidismo), restando 38 sujeitos, com 54 braços sintomáticos para STC. Foram avaliados 2 homens (5,3%) e 36 mulheres (94,7%). A média de idade foi 43,26 anos (DP=9,15) e o índice de massa corpórea (IMC) foi 29,21 kg/m<sup>2</sup> (DP=4,46). Quanto aos sintomas, 31 (81,6%) dos sujeitos apresentavam sintomas há mais de 12 meses, sendo 16 (42,1%) bilaterais, 31 (81,6%) referiam sintomatologia noturna com perturbação do sono. Diagnóstico eletrofisiológico foi encontrado em 25 braços sintomáticos (46,3%); sendo a mediana da diferença entre os registros da latência de condução sensitiva do nervo

Tabela 2. Correlação entre os achados do teste de provocação de tensão neural (TPTN) e os parâmetros dos estudos de condução nervosa, nos braços sintomáticos.

TPTN		LCSM <sup>†</sup>	DLSMU <sup>†</sup>	VCSM <sup>†</sup>	DVCSMU <sup>†</sup>	LMDM <sup>†</sup>
População amostral	Coefficiente de correlação	0,259	0,346	-0,256	0,235	0,300
	p*	0,058	0,010	0,062	0,087	0,043
	n <sup>‡</sup>	54	54	54	54	46

\*valor p obtido do teste de correlação de Spearman, com nível de significância de 0,05 (bidirecional); <sup>‡</sup>números de braços válidos; <sup>†</sup>registros de neuroconduções utilizados na análise: LCSM (latência da condução sensitiva do nervo mediano); DLSMU (diferença entre a latência sensitiva do nervo mediano e do nervo ulnar); VCSM (velocidade da condução sensitiva do nervo mediano); DVSMU (diferença entre a velocidade de condução sensitiva do nervo mediano e o nervo ulnar); LMDM (latência motora distal do nervo mediano).

mediano e do nervo ulnar 1,85 ms (amplitude interquartil = 1,525–2,575 ms). Destes com diagnóstico eletrofisiológico, 12 braços apresentaram gravidade (44%). A mediana da TNAm obtida nos braços sintomáticos foi 5 graus (amplitude interquartil = 0–8 graus), sendo que nos braços com alteração eletrofisiológica a mediana da TNAm encontrada foi 7 graus (amplitude interquartil = 5–8 graus).

*Relação TNAm e parâmetros dos ECN* – Analisando-se os valores obtidos do TPTN e os parâmetros dos

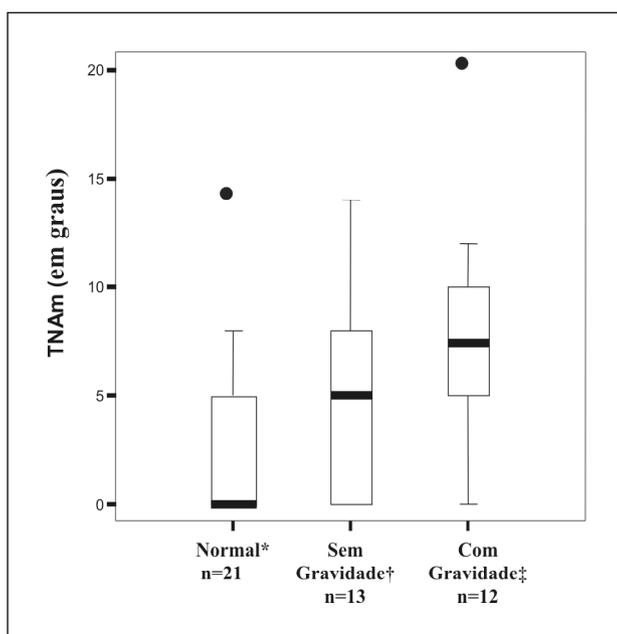


Fig 1. Distribuição da tensão neural adversa do mediano (TNAm) encontrada nos braços sintomáticos, nos três grupos definidos com base nas alterações eletrofisiológicas. \*Braços sintomáticos sem alteração eletrofisiológica (md=0, AIQ=0-5); †Braços sintomáticos com alteração eletrofisiológica não severa (md=5, AIQ=0-9); ‡Braços sintomáticos com alteração eletrofisiológica severa (md=7,5, AIQ=5-11).

ECN, correlação moderada foi encontrada entre os valores obtidos de TNAm e a diferença entre a latência da condução sensitiva do nervo mediano e do nervo ulnar, nos braços sintomáticos ( $r_s = +0,346$ ;  $p = 0,010$ ). Correlação fraca foi encontrada entre a TNAm e a latência motora distal do mediano ( $r_s = +0,300$ ;  $p = 0,043$ ). A Tabela 2 mostra que não há relação estatisticamente significativa quando analisados outros parâmetros de registros obtidos no ECN (latência da condução sensitiva do nervo mediano, velocidade da condução sensitiva do nervo mediano, e diferença entre a velocidade da condução sensitiva do nervo mediano e ulnar). Cabe, porém, comentar que os resultados não estatisticamente significantes, são limitrofes. Considerando-se a presença de diagnóstico eletrofisiológico, foi encontrada, utilizando o teste U de Mann-Whitney, diferença altamente significativa ( $p = 0,007$ ), na distribuição da mediana dos valores obtidos de TNAm entre os braços com diagnóstico eletrofisiológico (mediana=6 graus, amplitude interquartil=2.5–9.0) e os braços sem diagnóstico eletrofisiológico (mediana = 0 grau, amplitude interquartil=0–6).

Analisando os três grupos definidos pelas alterações eletrofisiológicas, foi encontrada correlação moderada e significativa, com os valores obtidos de TNAm ( $r_s = 0,437$ ,  $p = 0,002$ ). Também diferença significativa, quando analisados pelo teste de Kruskal-Wallis, foi encontrada entre os valores medianos da TNAm ( $p = 0,014$ ). A Fig 1 mostra a distribuição das medianas em cada grupo, onde se pode visualizar um aumento gradativo nos valores da TNAm com o incremento de alterações eletrofisiológicas.

## DISCUSSÃO

A estrutura de mielina do nervo na STC, quando lesada, produz alterações eletrofisiológicas no estudo

de condução nervosa (ECN)<sup>20</sup>. Nas síndromes de compressão nervosa, a ocorrência de restrição no deslizamento dos nervos periféricos tem sido considerada como fator contribuinte na fisiopatologia<sup>11</sup>. A presença de restrição de movimento impõe tensão ao nervo durante alguns movimentos<sup>15</sup>, podendo ser avaliada clinicamente pelo TPTN<sup>14-18</sup>. O presente estudo investigou a relação da TNAm e os resultados dos ECN.

Alteração eletrofisiológica para STC pode ser estabelecida quando nos ECN forem encontradas diferenças entre os registros da latência de condução sensitiva do nervo mediano e do nervo ulnar maior do que 0,5 ms<sup>23</sup>. Segundo Becker et al.<sup>24</sup> o registro de latência motora distal do mediano maior do que 4,5 ms no eletrodiagnóstico para STC representa presença de gravidade nas alterações eletrofisiológicas. As alterações encontradas nos ECN dizem respeito a estrutura de mielina, onde o incremento dos parâmetros diagnósticos indicam o aumento no processo de desmielinização<sup>1,2,20</sup>.

Nossos achados demonstraram a ocorrência de correlação positiva entre os valores de TNAm e os parâmetros referentes ao diagnóstico eletrofisiológico para a STC. Valores semelhantes têm sido encontrados por outros estudos relacionando sintomas, sinais e achados de ECN. Fraca correlação foi encontrada quando considerada a duração dos sintomas ( $r=0,24$ ,  $p<0,05$ )<sup>25</sup> e moderada correlação considerando-se o teste de discriminação de dois pontos ( $r_s=0,40$ ,  $p<0,05$ )<sup>26</sup>.

A diminuição da extensão do cotovelo durante o TPTN tem sido proposto ser devido ao aumento da atividade muscular, diretamente relacionada a uma resposta de dor, como um mecanismo protetor para o tecido nervoso<sup>27</sup>. Byng<sup>21</sup> avaliando TPTN em digitadores sintomáticos, digitadores assintomáticos e não-digitadores, mostrou que a limitação na extensão do cotovelo foi maior nos sintomáticos quando comparados à digitadores assintomáticos e não-digitadores. Nossos resultados mostraram que, braços sintomáticos para STC e que tenham diagnóstico eletrofisiológico, apresentaram maior limitação no TPTN, ou seja, maior TNAm, em relação aos braços sem alteração eletrofisiológica, indicando uma progressão fisiopatológica.

O delineamento deste estudo (série de casos) nos limitou pela ausência de um grupo de comparação (braços assintomáticos) bem como pelo caráter temporal da amostragem, restringindo o seu valor como meio de estudo de causa e efeito. Porém, consideramos essas limitações pouco relevantes diante de nosso

objetivo. Um possível viés a ser considerado poderia ser a realização do TPTN por um único avaliador; para controlá-lo realizamos estudo de confiabilidade interavaliador e teste-reteste, que apresentou fortes correlações. Para melhor acurácia do teste o avaliador foi mantido cego quanto aos resultados do ECN.

Os achados deste estudo têm implicação sobre o teste de provocação de tensão neural no membro superior em pacientes com síndrome do túnel do carpo. Eles fornecem um melhor entendimento da relação entre tensão neural adversa do mediano e alterações nos registros obtidos nos estudos de condução nervosa, apontando para ocorrência de correlação entre os achados, bem como a existência de maior tensão neural adversa na presença de alterações eletrofisiológicas. A compreensão destes achados fortalece a posição de que um aumento na limitação da capacidade de deslizamento e tensionamento do nervo mediano na STC, influenciando seu processo de desmielinização. Estes resultados mostram a necessidade da utilização de procedimentos que venham a prevenir e diminuir o desenvolvimento de tensão neural adversa sofrida pelo nervo mediano na STC.

## REFERÊNCIAS

- Mackinnon SE. Pathophysiology of nerve compression. *Hand Clin* 2002;18:231-341.
- Werner RA, Andary M. Carpal tunnel syndrome: pathophysiology and clinical neurophysiology. *Clin Neurophysiol* 2002;113:1373-1381.
- Kouyoumdjian JA. Síndrome do túnel do carpo: aspectos atuais. *Arq Neuropsiquiatr* 1999;57:504-512
- Katz JN, Simmons BP. Carpal tunnel syndrome. *N Engl J Med* 2002;346:1807-1812.
- Szabo RM, Madison M. Carpal tunnel syndrome. *Orthop Clin N Am* 1992;23:103-109.
- Sesto ME, Radwin RG, Salvi FJ. Functional deficits in carpal tunnel syndrome. *Am J Ind Med* 2003;44:133-140.
- Stevens JC, Sun S, Beard CM, O'Fallon WM, Kurland LT. Carpal tunnel syndrome in Rochester, Minnesota, 1961 to 1980. *Neurology* 1988;28:153-158.
- Tanaka S, Wild DK, Seligman PJ, Behrens V, Cameron L, Putz-Anderson V. The US prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome: 1988 national health interview survey data. *Am J Public Health* 1994; 84:1846-1848.
- Falkiner S, Myers S. When exactly can carpal tunnel syndrome be considered work-related? *ANZ J Surg* 2002;72:204-209.
- Mc Lellan DL, Swash M. Longitudinal sliding of the median nerve during movements of the upper limb. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976;39:566-570.
- Wright TW, Glowczewskie F, Wheeler D, Miller G, Cowin D. Excursion and strain of median nerve. *J Bone Joint Surg* 1996;78:1897-1903.
- Hough AD, Moore AP, Jones MP. Peripheral nerve motion measurement with spectral Doppler sonography: a reliability study. *J Hand Surg* 2000; 25:585-589.
- Nakamichi K, Tachibana S. Restricted motion of the median nerve in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg* 1995;20:460-464.
- Erel E, Dilley A, Greening J, Morris V, Cohen B, Lynn B. Longitudinal sliding of the median nerve in patients with carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg* 2003;28:439-443.
- Ekström RA, Holden K. Examination of and intervention for a patient with chronic lateral elbow pain with signs of nerve entrapment. *Phys Ther* 2002;82:1077-1086.

16. Lewis J, Ramot R, Green A. Changes in mechanical tension in the median nerve: possible implications for the upper limb tension test. *Physiotherapy* 1998;84:254-261.
17. Byl C, Puttlitz C, Byl N, Lotz J, Topp K. Strain in the median and ulnar nerves during upper-extremity positioning. *J Hand Surg* 2002;27:1032-1040.
18. Butler DS. Mobilisation of the nervous system. New York: Churchill Livingstone, 1991.
19. Van der Heide B, Allison GT, Zusman M. Pain and muscular responses to a neural tissue provocation test in the upper limb. *Manual Therapy* 2001;6:154-162.
20. Szabo RM, Slater RR, Farver TB, Stanton DB, Sharman WK. The value of diagnostic testing in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg* 1999;24:704-714.
21. Byng J. Overuse syndromes of the upper limb and the upper limb tension test: a comparison between patients, asymptomatic keyboard workers and asymptomatic non-keyboard workers. *Manual Therapy* 1997;2:157-164.
22. Katz JN, Stirrat CR. A self-administered hand diagram for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg* 1990;15:360-363.
23. Heybel N, Kutluhan S, Demirci S, Kerman M, Mumcu EF. Assessment of outcome of carpal tunnel syndrome: a comparison of electrophysiological findings and a self-administered Boston questionnaire. *J Hand Surg* 2002;27:259-264.
24. Becker J, Nora DB, Gomes I, et al. An evaluation of gender, obesity, age and diabetes mellitus as risk factors for carpal tunnel syndrome. *Clin Neurophys* 2002;113:1429-1434.
25. Longstaff L, Milner RH, O'Sullivan, Fawcett P. Carpal tunnel syndrome: the correlation between outcome, symptoms and nerve conduction study findings. *J Hand Surg* 2001;26:475-480.
26. Levine DW, Simmons BP, Koris MJ, et al. A self-administered questionnaire for the assessment of severity of symptoms and functional status in carpal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg* 1993;75:1585-1592.
27. Sterling M, Treleaven J, Jull G. Responses to a clinical test of mechanical provocation of nerve tissue in whiplash associated disorder. *Manual Therapy* 2002;7:89-94.