

ARTIGO DE PERSPECTIVA (PERSPECTIVES)

## O ENVOLVIMENTO DO TECIDO NEURAL NAS ENTORSES DE TORNOZELO

Bernardo Beltrame Rodrigues<sup>1</sup>, Fernando Diefenthaler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fisioterapeuta do Sport Club Internacional – Porto Alegre, RS

<sup>2</sup> Laboratório de Pesquisa do Exercício – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS

Address for correspondence:

Fernando Diefenthaler

Laboratório de Pesquisa do Exercício – ESEF - UFRGS

Rua: Felizardo, 750, Sala 212

Telefone: (51) 33085859

Bairro: Jardim Botânico

CEP: 90690-200

Porto Alegre – RS

fdiefenthaler@gmail.com

Submitted for publication: October 2007

Accepted for publication: June 2008

### RESUMO

RODRIGUES, B. B.; DIEFENTHAELER, F. O envolvimento do tecido neural nas entorses de tornozelo. Brazilian Journal of Biomotricity, v. 2, n. 3, p. 145-154, 2008. As entorses de tornozelo estão entre as lesões mais comuns do sistema musculoesquelético. Estas lesões ocorrem em sua grande maioria devido ao movimento de inversão, e acaba acometendo o compartimento lateral do tornozelo. Entre estas estruturas lesadas estão os ligamentos, a cápsula articular e possivelmente o tecido neural. Nas patologias neuromusculoesqueléticas, é essencial a identificação das estruturas acometidas antes da aplicação do tratamento fisioterapêutico ou da prescrição de exercícios. Este artigo fornece uma revisão bibliográfica de pesquisas sobre o envolvimento do tecido neural nas entorses de tornozelo por inversão, fundamentado na anatomia, biomecânica e neurodinâmica da articulação do tornozelo. O comprometimento do tecido neural em outras patologias e a realização de estudos experimentais, aparecem como sugestões para futuras pesquisas.

**Palavras-chave:** entorse, tornozelo, tecido neural

### ABSTRACT

RODRIGUES, B. B.; DIEFENTHAELER, F. O envolvimento do tecido neural nas entorses de tornozelo. Brazilian Journal of Biomotricity, v. 2, n. 3, p. 145-154, 2008. The ankle sprains are among the most common lesions of the musculoskeletal system. These lesions occurred in the great majority due to the inversion movement, and it ends up provoking the lateral compartment of the ankle. In the midst of these structures damaged are the ligaments, the articulate capsule and possibly the neural tissue. In the neuromusculoskeletal pathologies is essential the identification of the injured structures before the physiotherapeutic treatment application or the exercises prescription. This article supplies a bibliographical revision of researches about the involvement of the neural tissue during the ankle inversion sprains, fundament in the anatomy,

biomechanics and neurodynamic of the ankle articulation. The commitment of the neural tissue in others pathologies and the accomplishment of experimental studies, appear as suggestions for future researches.

**Key words:** sprain, ankle, neural tissue

## **INTRODUÇÃO**

As entorses da articulação do tornozelo são as lesões que mais acometem atletas durante as atividades físicas (NAWATA et al., 2005). As entorses são tipicamente classificadas em grau I, II ou III, baseado no modelo patoanatômico, que consiste na combinação de fatores detectados durante o exame físico (WHITMAN et al., 2005).

Conforme Collins et al. (2004), o compartimento lateral da articulação do tornozelo é a estrutura do corpo com maior vulnerabilidade a sofrer entorse. Nas entorses, o ligamento talofibular anterior é o mais frequentemente acometido, seguido pelo ligamento calcâneo fibular e pelo ligamento talofibular posterior.

Em um estudo realizado com 639 pacientes com entorse de tornozelo, a combinação de lesão do ligamento talofibular anterior e do ligamento calcâneo fibular ocorre em cerca de 34% dos casos, e o envolvimento dos três ligamentos ocorre em aproximadamente em 31% dos casos (FALLAT et al., 1998).

Segundo O'Neill et al. (2007), entorses de tornozelo por inversão colocam o nervo fibular superficial sob estiramento, enquanto Mauhart (1989) observa que um grande número de entorses por inversão do tornozelo tem um componente da mecânica do sistema nervoso alterado como parte de seus sintomas. De acordo com Hunt (2002), tem se dado muita ênfase na literatura para as lesões ligamentares ocorridas na entorse do tornozelo, e centrado menos atenção nas possíveis lesões neurais decorrentes dessas entorses.

De acordo com Butler e Gifford (1989), o sistema nervoso passou a merecer uma atenção especial dentro da fisioterapia nos últimos anos. Muitos fisioterapeutas, com formação orientada à ortopedia, voltaram-se para o entendimento do sistema neural, buscando respostas para os mecanismos subjacentes a sinais e sintomas e melhores tratamentos. Os novos conhecimentos acerca do sistema nervoso, seus aspectos mecânicos e funcionais, sua interferência com o organismo e sua importância nas disfunções e nas síndromes dolorosas, o colocaram como tendo um papel principal na prática fisioterápica.

A presente pesquisa se caracteriza por ser um estudo de revisão bibliográfica científica, com embasamento na anatomia, biomecânica e neurodinâmica da articulação do tornozelo. O benefício esperado é aprimorar os conhecimentos sobre possíveis alterações neurais decorrentes de entorses de tornozelo por inversão, proporcionando uma melhor atuação dos fisioterapeutas na avaliação clínica e no tratamento desta lesão.

## DESENVOLVIMENTO

O tornozelo, o pé e os dedos do pé consistem em um complexo de 34 articulações que, pela estrutura óssea, fixações ligamentares e contração muscular, são capazes de mudar, em um único passo, de uma estrutura flexível que se molda às irregularidades do solo para uma estrutura rígida de sustentação de peso (STAGNI et al., 2003). Segundo Rodgers (1995), o pé e o tornozelo formam uma conexão dinâmica entre o corpo humano e o solo.

Embora as articulações do tornozelo e do pé sejam discutidas separadamente, elas atuam como grupos funcionais, não como articulações isoladas. Como a parte terminal da cadeia cinética inferior, o tornozelo e o pé têm a capacidade de distribuir e dissipar as diferentes forças (compressivas, de cisalhamento, rotacionais e de tração) que atuam sobre o corpo por meio do contato com o solo (MORRISON e KAMINSKI, 2007).

Conforme Collins et al., (2004), o compartimento lateral do tornozelo é a estrutura do corpo com maior vulnerabilidade a sofrer entorse, sendo a entorse de tornozelo por inversão a lesão mais comumente sofrida durante a atividade atlética.

Fong et al. (2007) em sua revisão de estudos epidemiológicos sobre lesões nos esportes, realizada entre os anos de 1977 até 2005, incluindo 70 diferentes modalidades esportivas de 38 países, envolveu um total de 201.600 pacientes. Os resultados apontaram 32.509 casos de lesões na articulação do tornozelo, sendo a entorse de tornozelo a lesão mais comumente observada dentro das lesões que acometeram a articulação do tornozelo dos atletas, principalmente em esportes como o futebol, vôlei, handball, e o basquete.

As entorses de tornozelo acometem mais freqüentemente o compartimento lateral que o medial. Isso ocorre devido à estrutura de encaixe do tornozelo (VAN DIJK, 2002). Segundo (ANDERSON, 2002), o maléolo lateral se estende mais distalmente que o maléolo medial, formando uma "barreira anatômica" para o deslizamento lateral do talus; dificultando o movimento de eversão. De acordo com Beynnon et al. (2002) a cápsula articular e os ligamentos são mais fortes na face medial do tornozelo, devido a isso, as entorses por inversão envolvendo o estiramento ou a ruptura dos ligamentos laterais ocorrem com maior incidência que as entorses por eversão que envolvem os ligamentos mediais.

Geralmente o ligamento talofibular anterior (estabilizador primário do tornozelo) é a estrutura mais acometida nas entorses por inversão. Pahor e Toppenberg (1996) afirmam que fatores biomecânicos anormais como hiperlaxidão ligamentar, déficit proprioceptivo, fraqueza e/ou desequilíbrios musculares podem contribuir para que ocorram as entorses da articulação do tornozelo.

Conforme Hunt (2003), a classificação das entorses de tornozelo varia de acordo com a literatura. Já Beynnon et al. (2006) classificam as entorses de tornozelo por inversão em três graus de acordo com as suas características. As lesões de grau I são leves com edema e equimose mínima e discreta perda de função, o tornozelo é estável com provas de gaveta anterior e inclinação lateral do talo negativas. Nesses casos, há lesão parcial dos ligamentos, mas não

chegando a causar insuficiência. As lesões de grau II são classificadas como moderadas com edema difuso e equimose mais ampla, o tornozelo é instável sendo positiva para prova de gaveta anterior, sendo o grau de incapacidade funcional mais extenso. Já o grau III desta lesão é classificado como grave, apresentando edema e equimose mais intensos; o tornozelo se torna instável com a prova de gaveta anterior positiva, havendo perda completa da função do tornozelo.

Segundo O'Neil et al. (2007), as entorses de tornozelo por inversão, colocam o nervo fibular superficial sob estiramento. Estas lesões podem acarretar em acometimentos dos nervos fibular e/ou tibial posterior, principalmente quando estas entorses são de grau II ou III (KLEINRENSINK et al., 1994). Raikin (2002) relata que lesões do tecido neural do pé e da articulação do tornozelo estão entre as mais difíceis de serem tratadas e diagnosticadas.

O nervo periférico é uma estrutura que contém redes vasculares no epineuro, perineuro e no endoneuro. Uma vez que a propagação de impulsos e o transporte axonal dependem de um aporte de oxigênio local, as fibras nervosas necessitam de um suprimento sanguíneo ininterrupto para desempenhar uma função normal (BUTLER e COPPIETERS, 2005).

Os nervos periféricos são estruturas complexas, que consistem em fibras nervosas, tecido conjuntivo e vasos sanguíneos. Camadas sucessivas de tecido conjuntivo envolvem as fibras nervosas, denominadas endoneuro, perineuro e epineuro. Estas camadas têm como função a proteção das fibras nervosas (LUNDBORG, 1975).

O tecido neural é uma estrutura forte com considerável resistência a trações. Os tecidos conjuntivos que compõe o nervo são estruturas principalmente longitudinais. Quando é aplicada uma tensão a um nervo, o alongamento inicial do mesmo é seguido por um intervalo no qual o stress e o alongamento apresentam uma reação linear, característica de um material elástico. À medida que o limite da região linear é atingido, as fibras nervosas começam a se romper dentro tubos endoneurais e dentro do perineuro intacto. Depois deste ponto há uma desintegração das propriedades elásticas, e o nervo se comporta mais como um material plástico; ou seja, sua resposta para liberação das cargas é uma recuperação incompleta (LUNDBORG e RYDEVIK, 1973).

Uma das características mais notáveis da biomecânica do sistema nervoso é a mobilidade que o mesmo possui. Sua mobilidade é tal, que ele pode agir dependente ou independentemente das estruturas que cruza, ou seja, as interfaces mecânicas. Uma interface mecânica pode ser definida como aquele tecido ou material adjacente ao sistema nervoso que pode se mover independentemente do sistema. A introdução de um fluido tal como edema ou sangue ao redor do sistema nervoso poderia gerar uma interface patológica (BUTLER e COPPIETERS, 2005).

Segundo Schacklock (1995), a interação entre a fisiologia e a mecânica do sistema nervoso, é denominada neurodinâmica. Sendo assim, uma lesão no tecido neural, implica em alterações de suas propriedades mecânicas (movimento e elasticidade) e fisiológicas; alterando sua neurodinâmica. Tais lesões podem resultar em disfunções nos tecidos que recebem sua inervação.

Como consequência, estruturas músculoesqueléticas podem estar comprometidas numa disfunção de origem neural.

A fibrose é o estágio final da maioria dos mecanismos de lesão neural. De acordo com o estudo realizado por Beel et al. (1984) nervos periféricos lesados em ratos aumentaram a rigidez e exibiram uma diminuição da elasticidade. Estes sintomas podem ser causados devido a propriedades mecânicas alteradas em uma área do sistema nervoso periférico, e assim uma relação alterada com a interface mecânica, poderia levar a danos posteriores no tecido neural e na própria interface mecânica.

Conforme Chiarello e Johnson (1997), os testes de tensão neural são componentes indispensáveis de um exame neuro-ortopédico. Visto que o sistema nervoso forma uma rede complexa por todo corpo, um sistema de testes básicos de fácil repetição, com respostas normais conhecidas, se faz necessário na avaliação de pacientes. Entre os testes mais executados estão o teste de flexão passiva do pescoço, teste da elevação da perna estendida e o slump test.

Pahor e Toppenberg (1996) em seu estudo utilizaram o slump test para avaliar a neurodinâmica de 18 indivíduos que haviam sofrido entorse de tornozelo em inversão, no mínimo seis meses antes da coleta dos dados. A resposta sensorial e a restrição da extensão do joelho no slump test foram avaliadas. Três posições diferentes da articulação do tornozelo foram utilizadas durante o teste; posição neutra, dorsiflexão e inversão. Os resultados indicaram que houve uma redução significativa da extensão do joelho no lado acometido, comparado com o membro contra lateral, nas três diferentes posições do tornozelo. A maior restrição na extensão do joelho ocorreu com o tornozelo na posição de inversão, teste este que enfatiza o trato neural fibular. O slump test associado com a inversão de tornozelo, produziu sintomas na face lateral da porção inferior da perna, e do tornozelo; se estendendo até o dorso do pé. Esta distribuição corresponde ao nervo fibular superficial. A liberação da flexão cervical resultou em uma redução significativa dos sintomas em cada teste. Estes resultados podem indicar uma função da neurodinâmica alterada em indivíduos que sofreram entorse de tornozelo em inversão, tendo implicações para sua avaliação e tratamento.

Em um trabalho pioneiro Nitz et al. (1985) identificaram a presença de anormalidades na eletromiografia nos nervos tibial posterior e fibular, em pacientes que haviam sofrido entorse de tornozelo. Foram avaliados 66 pacientes, destes 30 haviam sofrido entorse grau II do tornozelo e 36 haviam sofrido entorse grau III. Os resultados demonstraram que dos pacientes com entorse grau II, 17% apresentaram sinais de denervação do nervo fibular, enquanto 10% evidenciaram denervação do nervo tibial posterior. Dos pacientes com entorses grau III, 86% apresentaram denervação do nervo tibial e 83% demonstraram denervação do nervo fibular. Esses resultados evidenciam que uma alta porcentagem de entorses de tornozelo grau III, possuem uma alteração neural significativa envolvida na lesão.

## DISCUSSÃO

A presente pesquisa demonstrou que as entorses de tornozelo podem ser classificadas tipicamente em três graus. Esta classificação pode ocorrer somente de acordo com o acometimento ligamentar ou baseado em um modelo patoanatômico da lesão. Hockenbury et al. (2001) classificam as entorses de tornozelo por inversão em grau I, onde ocorre somente lesão do ligamento talofibular anterior. Lesões grau II onde há o acometimento dos ligamentos talofibular anterior e calcâneo fibular; e entorses grau III onde os ligamentos talofibular anterior, calcâneo fibular e talofibular posterior estão envolvidos.

A classificação proposta por Beynnon et al. (2006), que está evidenciada no desenvolvimento do presente trabalho, considera não somente os ligamentos acometidos, como também a presença de equimose, edema, instabilidade articular, perda da função e grau de ruptura das fibras ligamentares. Devido a estes fatores a classificação das entorses se torna mais fidedigna e abrangente.

As entorses da articulação do tornozelo ocorrem em 85% dos casos devido ao movimento de inversão (HINTERMANN et al., 2004). Durante o desenvolvimento da presente pesquisa foram apontados os principais fatores responsáveis pela ocorrência dessa lesão. Porém, de acordo com Willems et al. (2004), a etiologia das entorses de tornozelo por inversão é multifatorial. Fatores intrínsecos como a idade, instabilidade articular, tipo de pé, tempo de reação muscular e marcha estão presentes. Assim como existem fatores extrínsecos como nível de prática esportiva, tipo de solo, equipamento utilizado e calçado. Os fatores tanto intrínsecos como extrínsecos influenciam um ao outro ou podem aparecer independentes nestas lesões.

O presente trabalho não considerou os fatores extrínsecos em seu desenvolvimento pelo fato de não ser uma pesquisa experimental e sim de revisão bibliográfica. Desta forma não é de total importância para este trabalho, quais fatores levam a entorse; e sim, quais são as estruturas acometidas em consequência desta lesão.

O comprometimento do tecido neural durante as entorses de tornozelo por inversão foi descrito por poucos autores, levando-se em conta a gama de trabalhos envolvendo essa patologia. Conforme Hayes et al. (2000), as patologias neurais decorrentes das entorses de tornozelo são uma das menos frequentemente descritas na literatura. Foi demonstrado durante o desenvolvimento deste artigo que existem trabalhos recentes e antigos abordando este assunto, porém em pequena quantidade.

Os estudos realizados nesta área apresentam metodologias distintas, porém podemos destacar duas: (1) testes de tensão neural; e (2) o uso da eletromiografia. Os exames clínicos e a avaliação eletromiográfica têm como objetivo determinar a causa da dor subjetiva do paciente e o grau da ativação elétrica da musculatura lesada, para que seja dado o diagnóstico e prescrito as opções apropriadas de tratamento. Testes provocativos (tensão neural) são testes passivos que são aplicados com o objetivo de estressar seletivamente os tecidos neurais, para avaliar sua sensibilidade à provocação mecânica

(ELVEY et al., 1998). Enquanto a eletromiografia (EMG), segundo De Luca (1993), é uma técnica de fácil acesso ao processo fisiológico da geração da contração muscular, produção de movimentos e condução neural.

Ambas as formas de avaliação estão bem reportadas na literatura, devendo estar minuciosamente descritas na metodologia do trabalho. Como exemplo, podemos citar a avaliação eletromiográfica realizada no estudo de Nitz et al. (1985), que não descreve a frequência de amostragem utilizada para obtenção dos dados de EMG. Porém este detalhe não tira o mérito da pesquisa, pois a mesma foi uma das pioneiras neste assunto.

Estudos utilizando a eletroneuromiografia fornecem valores concretos da condutibilidade dos tecidos neurais avaliados, além de ser uma técnica razoavelmente acessível e de grande fidedignidade. Em contrapartida este instrumento de avaliação não fornece informações como, por exemplo, níveis de restrição articular, local e intensidade da dor.

Os testes de tensão neural também devem possuir uma metodologia bem específica e principalmente uma descrição completa da execução do teste. Apesar de utilizarem diferentes testes provocativos, a descrição dos mesmos está muito bem evidenciada nos trabalhos de Pahor e Toppenberg (1996) que utilizaram o slump test e Coppieters et al. (2006) e Boland et al. (2000) que utilizaram o teste de elevação da perna estendida.

Este método de avaliação requer uma boa prática do terapeuta que está realizando a avaliação, para que a mesma ocorra igualmente em toda a amostra. Com os testes de tensão são executados manualmente pelos avaliadores, torna-se um recurso de baixo valor financeiro para a pesquisa. Esta técnica avaliativa fornece informações subjetivas do paciente como, por exemplo, o grau de tensão sentido durante o teste; e informações objetivas, como graus de restrições articulares. Fatores estes que contribuem para os testes provocativos sejam vastamente utilizados em pesquisas.

## **CONCLUSÃO**

Tendo em vista a revisão bibliográfica realizada no presente artigo, deve-se evidenciar a existência do envolvimento do tecido neural nas entorses de tornozelo por inversão. Este achado leva a uma revisão de conceitos tanto na parte de avaliação quanto no tratamento dessas lesões.

O conhecimento acerca da anatomia, fisiologia e fisiopatologia do sistema nervoso periférico é clinicamente essencial para que o terapeuta possa realizar uma avaliação correta e prescrever o tratamento adequado nos casos de entorses de tornozelo.

A partir da presente pesquisa, interferências podem ser realizadas no que diz respeito à condução do tratamento fisioterapêutico nas entorses de tornozelo, demonstrando ser fundamental uma abordagem com enfoque no sistema neural, além do tratamento músculo-esquelético segmentado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON S. J. Acute ankle sprain. Keys to Diagnosis and Return to Play. *Phys Sportsmed* v. 30, n. 12, 2002. [www.physsportsmed.com/issues/2002/12\\_02/anderson](http://www.physsportsmed.com/issues/2002/12_02/anderson) acesso em 22/03/07.

BEEL, J. A.; LUTTGES, M. W.; STODIECK, L. S. Postinjury changes in the biomechanics of nerves and roots in mice. *J Manipulative Physiol Ther* v. 9, n. 2, p. 89-98, 1986.

BEYNNON, B. D.; MURPHY, D. F.; ALOSA, D. M. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *J Athl Train* v. 37, p. 376-380, 2002.

BEYNNON, B. D.; RENSTRÖM, P. A.; HAUGH, L.; UH, B. S.; BARKER, H. A prospective, randomized clinical investigation of the treatment of first-time ankle sprains. *Am J Sports Med* v. 34, p. 1401-1412, 2006.

BOLAND, R.; ADAMS, R. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Aust J Physiother* v. 46, p. 191-200, 2000.

BUTLER, D.; COPPIETERS, M. W. Neurodynamics in a broader perspective. *Man Ther* v. 10, p. 175-179, 2005.

CHIARELLO, C. M.; JOHNSON E. K. The slump test: the effects of head and lower extremity position on knee extension. *J Orthop Sports Phys Ther* v. 26, p. 310-317, 1997.

COLLINS, N.; TEYS, P.; VICENZINO, B. The initial effects of a Mulligan's mobilization with movement technique on dorsiflexion and pain in subacute ankle sprains. *Man Ther* v. 9, p. 77-82, 2004.

COPPIETERS, M. W.; ALSHAMI, A. M.; BABRI, A. S.; SOUVLIS, T.; KIPPERS, V.; HODGES, P. W. Strain and excursion of the sciatic, tibial and plantar nerves during a modified straight leg raising test. *J Orthop Res* v. 24, p. 1883-1889, 2006.

De LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech* v. 13, p. 135-163, 1993.

ELVEY, R. L.; ZUSMAN, M.; HALL, T. Adverse mechanical tension in the nervous system? Analysis of straight leg raise. *Man Ther* v. 3, p. 140-146, 1998.

FALLAT, L.; GRIMM, D. J.; SARACCO, J. A. Sprained ankle syndrome: prevalence and analysis of 639 acute injuries. *J Foot Ankle Surg* v. 37, p. 280-285, 1998.

FONG, D. T.; HONG, Y.; CHAN, L. K.; YUNG, P. S.; CHAN, K. M. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med* v. 37, p. 73-94, 2007.

HAYES, D. W.; MANDRACCHIA, V. J.; WEBB, G. E. Nerve injury associated with plantarflexion – inversion ankle sprains. *Clin Podiatr Med Surg* v. 17, p. 361-369, 2000.

HINTERMANN, B.; VALDERRABADO, V.; BOSS, A.; TROUILLIER, H.; DICK, W. Medial ankle instability. *Am J Sports Med* v. 32, p. 183-190, 2004.

HOCKENBURRY, R. T.; SAMMARCO, G. J. Evaluation and treatment of ankle sprains: Clinical recommendations for a positive outcome. *Phys Sportsmed* v. 29, p. 57-64, 2001.

HUNT, G. C. Injuries of peripheral nerves of the leg, foot and ankle: an often unrecognized consequence of ankle sprains. *The Foot* v. 13, p. 14-18, 2003.

KLEINRESKINK, G. J.; STOECKART, R.; MEULSTEE, D. M.; VLEEMING, A.; SNIJDERS, C. J.; VAN NOORT, A. Lowered motor conduction velocity of the peroneal nerve after inversion trauma. *Med Sci Sports Exerc* v. 26, p. 877-883, 1994.

LUNDBORG, G.; RYDEVIK B. Effects of stretching the tibial nerve of the rabbit: a preliminary study of the intraneural circulation and the barrier function of the perineurium. *J Bone Joint Surg* v. 55-B, p. 390-401, 1973.

LUNDBORG, G. Structure and function of the intra-neural microvessels as related to trauma, edema formation and nerve function. *J Bone Joint Surg* v. 57, p. 938-948, 1975.

MAUHART, D. The effect of chronic inversion ankle sprains on the plantarflexion/inversion straight leg raise test. South Australian Institute of Technology, 1989.

MORRISON, K. E.; KAMINSKI T. W. Foot characteristics in association with inversion ankle injury. *J Athl Train* v. 42, p. 135-142, 2007.

NAWATA, K.; NISHIHARA, S.; HAYASHI, I.; TESHIMA, R. Plantar pressure distribution during gait in athletes with functional instability of the ankle joint: a preliminary report. *J Orthop Sci* v. 10, p. 298-301, 2005.

NITZ, A. J.; DOBNER, J. J.; KERSEY, D. Nerve injury and grades II and III ankle sprains. *Am J Sports Med*. V. 13, p. 177-182, 1985.

O'NEILL, P. J.; PARKS, B. G.; SIMMONS, L. M.; MILLER, S. D. Excursion and strain of the superficial peroneal nerve during inversion ankle sprain. *J Bone Joint Surg Am* v. 89, p. 979-986, 2007.

PAHOR, S.; TOPPENBERG R. An investigation of neural tissue involvement in ankle inversion sprains. *Man Ther* v. 1, p. 192-197, 1996.

RAIKIN; S. M. Nerve injuries to the foot and ankle in the industrial setting. *Foot Ankle Clin* v. 7, p. 351-366, 2002.

RODGERS, M. Dynamic Foot Biomechanics. *J Orthop Sports Phys Ther* v. 21, p. 306-315, 1995.

SHACKLOCK, M. O. Neurodynamics. *J Physiother* v. 81, p. 9-16, 1995.

STAGNI, R.; LEARDINI, A.; O'CONNOR, J. J.; GIANNINI, S. Role of passive structures in the mobility and stability of the human subtalar joint: a literature review. *Foot Ankle Int* v. 24, p. 402-409, 2003.

VAN DIJK, C. N. Management of the sprained ankle. *Br J Sports Med* v. 36, p. 83-84, 2002.

WHITMAN, J. M.; CHILDS, J. D.; WALKER, V. The use of manipulation in a

patient with an ankle sprain injury not responding to conventional management: a case report. *Man Ther* v. 10, p. 224-231, 2005.

WILLEMS, T.; WITVROUW, E.; DELBAERE, K.; DE COCK, A.; DE CLERCQ, D. Relationship between gait biomechanics and inversion sprains: a prospective study of risk factors. *Gait Posture* v. 21, p. 379-387, 2004.