

# Técnica Cirúrgica: Neoligamentoplastia para o Tratamento das Lesões Ligamentares Puras das Articulações Intercuneiformes e Tarsometatársicas.

Nery, C.\*; Réssio, C.\*\*; Marion Alloza, J. F.\*\*\*

UNIFESP – Escola Paulista de Medicina – São Paulo – Brasil

\*Professor Associado Livre Docente, Chefe da Disciplina de Ortopedia

\*\*Pós-graduanda em Ortopedia / Assistente do Setor de Medicina e Cirurgia do Pé

\*\*\*Pós-graduando em Ortopedia / Assistente dos Setores de Medicina e Cirurgia do Pé e Traumatologia Desportiva

Os autores não receberam ou receberão qualquer incentivo ou honorário relativo ao tema abordado neste trabalho.

Fecha de Recepción: 02/02/11

## Introdução

As fraturas e luxações das articulações intercuneiformes e tarsometatársicas não são freqüentes quando comparadas com outras fratura-luxações do tornozelo e pé<sup>(1-19)</sup>. A incidência deste tipo de lesão é de 1:60.000 pacientes por ano e aproximadamente 20% delas não são diagnosticadas no momento do trauma.<sup>(10)</sup>

Quando focamos nas lesões ligamentares puras do mediopé, a situação fica ainda mais crítica. Sua incidência é desconhecida, o diagnóstico é difícil e não há consenso sobre a melhor forma de tratamento.

Nosso objeto de estudo consiste nas lesões causadas por trauma indireto, de baixa energia, combinado com movimentos rotacionais. O exemplo típico é o "entorse do pé" que ocorre ao correr ou jogar na areia macia ou a torção do antepé ao pisar em um buraco no solo.<sup>(20)</sup>

O sistema proposto por Nunley e Vertullo<sup>(21)</sup> classifica as lesões sutis dos ligamentos inter-tarsais, acompanhadas ou não de pequenas fraturas-arrancamento. Segundo estes autores, no estágio I observa-se a distensão dos ligamentos tarso metatársicos, sem diástase entre os ossos ou redução da altura da abóbada plantar do pé nas radiografias com carga – o complexo de Lisfranc é estável; no estágio II existe uma diástase de até 5mm entre a cunha medial e a base do segundo metatársico, sem a perda da altura da abóbada do pé – o ligamento de Lisfranc pode estar rto mas ainda restam ligamentos suficientes para manter o complexo articular em sua posição normal; no estágio III as lesões resultam em diástases superiores a 5mm, acompanhadas de redução da altura da abóbada plantar – ambos os ligamentos de Lisfranc e em "Y" estão lesados.

As opções de tratamento disponíveis na literatura são a redução fechada com bota gessada sem carga<sup>(2, 12, 17)</sup>, redução fechada com fixação percutânea com fios de Kirschner<sup>(4, 6, 7, 9, 11, 17, 22)</sup>, redução aberta com fixação interna (parafusos)<sup>(2,3,8,10)</sup>, placas-ponte com ou sem reparação ligamentar<sup>(23)</sup>, fixação com endo-botons e artrodese.<sup>(22,25-27)</sup>

Embora existam relatos de bons resultados com as alternativas apresentadas, algumas vezes o tratamento parece excessivo ou pouco racional, especialmente quando tratamos de lesões ligamentares puras. Acreditamos que, mesmo em articulações com movimentos bastante restritos como as da região do mediopé, é preferível manter sua mobilidade e estabilidade funcionais de modo que a reconstrução anatômica dos ligamentos regionais pode trazer melhores resultados do que a fixação percutânea, a fixação interna com fios ou parafusos ou artrodeses.<sup>(28, 30)</sup>

O objetivo deste trabalho é apresentar detalhadamente a técnica utilizada para a neoligamentoplastia da região tarsica e tarso-metatársica.

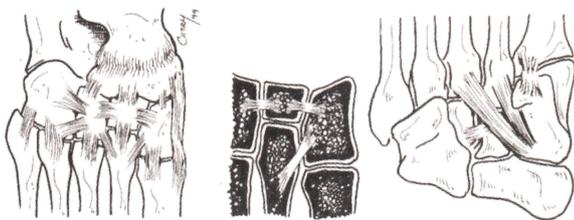
## Anatomia e Fisiopatologia

É muito importante lembrar a anatomia local<sup>(32, 33)</sup> bem como os mecanismos de trauma mais freqüentes<sup>(7, 28, 30, 33, 34)</sup> já que a lógica do tratamento cirúrgico apresentado é baseada neste conhecimento.

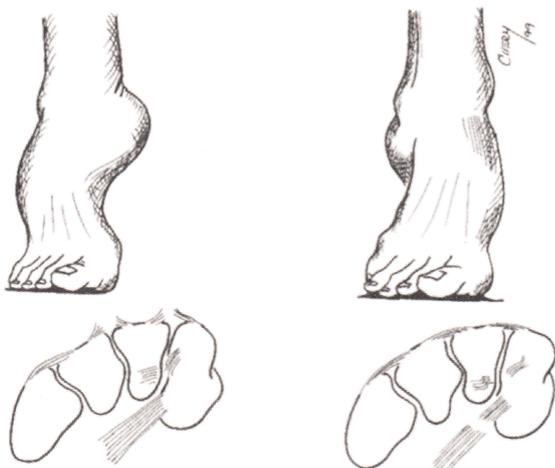
Os ligamentos que estabilizam os ossos cuneiformes e o cubóide entre si e às bases dos metatársicos são distribuídos em três camadas: dorsal, interóssea e plantar.

## PALAVRAS CHAVE

Ferimento de Lisfranc, ligamento de Lisfranc, complexo de Lisfranc do tratamento, reconstrução do ligamento.



**Fig. 1** | Ligamentos das articulações intercuneiformes e tarsometatársicas: camada dorsal (esquerda), camada interóssea (centro) e camada plantar (direita). Veja o texto para maiores detalhes.



**Fig. 2** | Mecanismos de Lesão segundo Jeffreys: Esquerda - inversão + rotação externa da perna; Direita - eversão + rotação interna da perna.

**Camada Dorsal:** Na região mediotársica, existem dois ligamentos dorsais caracterizados por bandas retangulares, orientadas transversalmente e que fixam a cunha medial (C1) à cunha intermédia (C2) e esta à cunha lateral (C3).

Existem sete ligamentos tarsometatársicos dorsais. A base do primeiro metatársico (M1) é fixada à cunha medial (C1) por um forte ligamento dorso-medial. A base do segundo metatársico (M2) é estabilizada por três ligamentos para o dorso das cunhas medial, intermédia e lateral. A base do terceiro metatársico (M3) é conectada ao dorso da cunha lateral por um ligamento dorsal, assim como as bases do quarto e quinto metatársicos (M4 e M5) são unidas ao cubóide (Cu) por dois ligamentos dorso-laterais. (FIG. 1- esquerda).

**Camada Interóssea:** Existem apenas dois ligamentos interósseos ligando as cunhas. Ambos se caracterizam por bandas curtas e fortes, orientadas transversalmente unindo os três cuneiformes. O ligamento cuneiforme interósseo medial localiza-se na metade posterior da face lateral da cunha medial (C1), a 8mm de borda anterior deste osso. O ligamento cuneiforme interósseo lateral situa-se anteriormente às facetas articulares entre a cunha intermédia (C2) e a cunha lateral (C3).

O ligamento interósseo tarsometatársico mais forte e mais importante é o ligamento de Lisfranc situado entre a cunha medial (C1) e a base do segundo metatársico (M2). O ligamento de Lisfranc nasce na face lateral da cunha medial (C1), logo abaixo da faceta articular para a cunha intermédia (C2) e distal ao ligamento intercuneiforme medial. Ele se orienta obliquamente, no sentido plantar e lateral, inserindo-se na metade inferior da face medial da base do segundo metatársico (M2), a 5mm da extremidade proximal deste osso. (FIG. 1- centro).

**Camada Plantar:** Na face plantar existe um ligamento curto mas muito forte que se origina no canto pósterolateral da cunha medial (C1) e se insere na crista da cunha intermédia (C2) - o ligamento intercuneiforme plantar.

O cuneiforme medial (C1) é fixado à base do primeiro metatársico (M1) por um ligamento largo que nasce em sua face plantar e se insere na metade lateral da base do primeiro metatársico.

O ligamento plantar mais resistente, considerado como a "pedra-angular" do arco tarsometatársico<sup>(7)</sup> se origina na face lateral do cuneiforme medial (C1) e se divide em duas bandas: a banda superficial é a mais espessa e mais forte, inserindo-se de forma ampla na base do terceiro metatársico (M3); a banda profunda, mais frágil, se insere na base do segundo metatársico (M2) - é o ligamento em "Y" (figura 1 - direita).

Não existe ligamento plantar entre a cunha intermédia (C2) e a base do segundo metatársico (M2).

Anatomicamente, o ligamento mais resistente é o ligamento de Lisfranc (C1-M2) na camada interóssea, seguido pelo ligamento em "Y" da camada plantar (C1-M2+M3) e, finalmente, pela camada dorsal mais delicada. A porção lateral da articulação de Lisfranc (Cu-M4 e Cu-M5), dotada de ligamentos mais finos e delicados é menos propensa às lesões ligamentares em virtude de sua maior mobilidade e flexibilidade. <sup>(32)</sup> De acordo com Jeffreys, o padrão de lesão dos ligamentos intercuneiformes e tarsometatársicos deve-se às forças rotacionais aplicadas ao pé fletido enquanto o antepé encontra-se firmemente aderido ao solo. <sup>(7)</sup>

Na presença de forças de inversão atuando no retropé (rotação externa da perna e tornozelo) os ligamentos dorsais rompem-se primeiro. Com a persistência da força, a lesão progride e envolve os ligamentos interósseos. Neste caso, o ligamento plantar em "Y" atua como fulcro do movimento e as subluxações ocorrem ao redor dele (FIG. 2). Este mecanismo foi o responsável por 40% das lesões em nossa casuística. <sup>(30)</sup>

Se uma força em eversão é aplicada ao retropé (rotação interna da perna e tornozelo), a lesão atinge inicialmente a camada ligamentar plantar com ruptura do ligamento em "Y" ou fratura avulsão das bases do segundo e terceiro metatársicos ou da borda plantar do cuneiforme medial. Com a progressão da força, os ligamentos interósseos são atingidos. Neste caso, os ligamentos dorsais atuam como fulcro do movimento e são preservados<sup>(34)</sup>. Em nossa observação, este mecanismo foi o responsável por 60% dos casos. <sup>(30)</sup>

## Planejamento Cirúrgico

O principal dado clínico, além da referência ao acidente e ao movimento traumático, é a dor na região do mediopé. Nos casos agudos, podem aparecer edema difuso e equimoses, especialmente na planta do pé (FIG. 3). A dor pode ser exacerbada pela pronação e supinação do antepé com o retropé fixo. Essa manobra é especialmente útil no esclarecimento do possível movimento traumático. <sup>(28, 30)</sup>

Quando desaparecem os sinais da lesão aguda, o paciente torna-se incapaz de andar longas distâncias e não consegue ficar nas pontas dos pés. <sup>(20, 25, 26)</sup>

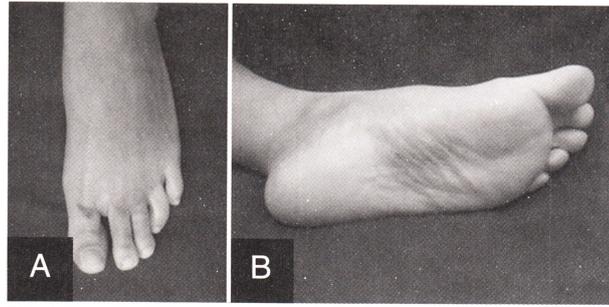
Nas radiografias simples em ortostase - incidências ântero posterior (AP) e lateral (L) de ambos os pés - procuramos identificar a presença de fraturas, pequenas assimetrias articulares, o relacionamento anatômico entre as peças ósseas e a simetria das inclinações dos ossos metatársicos (pitch). A diástase superior a 5mm entre as cunhas medial e intermédia (C1-C2) ou entre as bases do primeiro e segundo metatársicos (M1-M2) na incidência AP com carga, caracteriza o sinal da "chama de vela" descrito por Turco<sup>(16)</sup>. Este sinal, embora indicativo de lesão ligamentar importante mostrou-se positivo em apenas 55% dos casos. <sup>(30)</sup>

A ressonância magnética permite a visibilização de todos os ligamentos lesados, a sub-luxação articular e a existência de possíveis fraturas (FIG. 5). O correto planejamento da cirurgia depende da identificação de todas as estruturas lesadas. Por sua alta acuracidade (100%) <sup>(30)</sup>, recomendamos a obtenção de uma ressonância magnética de todo paciente com história de "entorse do pé" que tenha radiografias simples normais, não importando o tempo transcorrido desde o traumatismo.

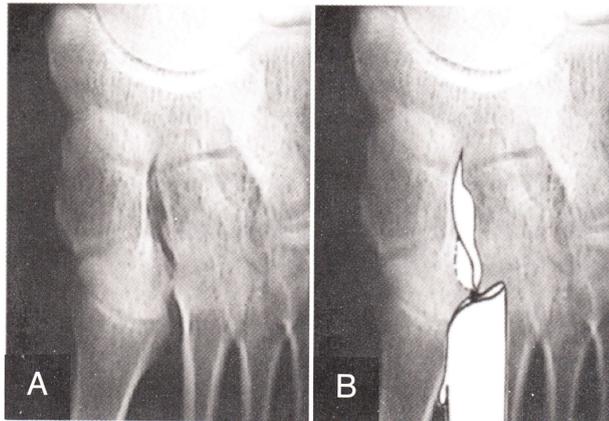
## Técnica Cirúrgica

Através de uma incisão transversa dorsal a região das articulações intercuneiformes e tarsometatársica é exposta. A artéria dorsal do pé e o nervo fibular profundo são identificados e afastados para reduzir a possibilidade de lesões acidentais. <sup>(37)</sup> Um dos mais importantes tempos do procedimento é a confirmação e identificação cuidadosa de todas as estruturas lesadas. Ao mesmo tempo em que a integridade dos ligamentos é testada com um "probe", é bastante útil aplicar forças rotacionais ao antepé, tentando reproduzir o mecanismo de trauma. Todos os resíduos ligamentares interpostos nas articulações devem ser criteriosamente removidos, especialmente na camada interóssea<sup>(28, 30)</sup> já que eles podem dificultar a redução das sub-luxações além de ser fonte da dor crônica observada em pacientes não tratados (FIG. 6). Todas as estruturas mencionadas na revisão anatômica que acabamos de apresentar devem ser checadas e sua integridade confirmada.

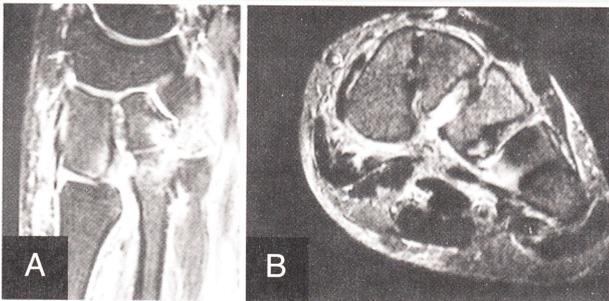
Quando o correto alinhamento articular é restabelecido, realizam-se orifícios ósseos de 3mm de diâmetro com a



**Fig.3** | Achados clínicos em caso agudo: A. edema dorsal; B. equimose plantar.



**Fig.4** | A. Radiografia simples; B. A mesma radiografia sobre a qual desenhamos o esquema do sinal da "chama de vela".

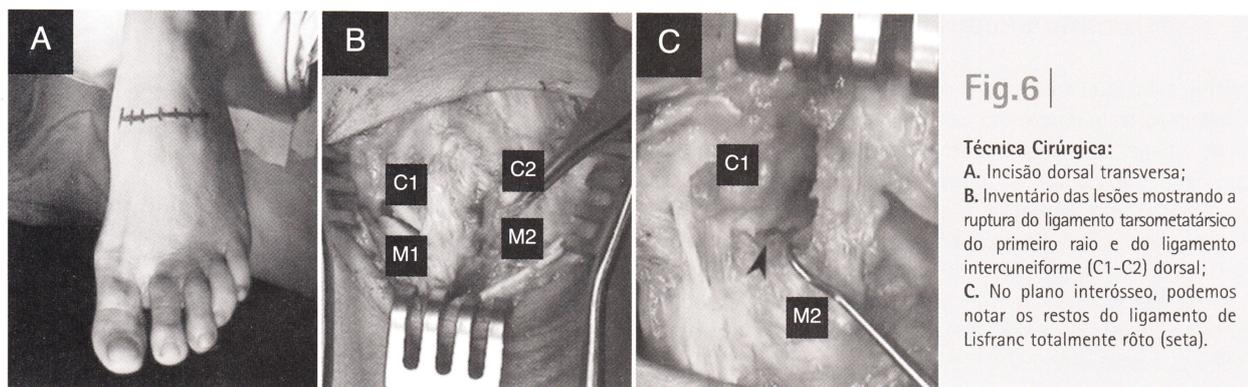


**Fig.5** | Imágenes de RMN: A. subluxación de la primera articulación cuneo-metatarsiana; B. lesión típica del mecanismo de eversion + rotación = ligamentos plantares.

finalidade de reproduzir a anatomia e isometria dos ligamentos lesados. Neste tempo da cirurgia é muito útil a utilização de um arco de radioscopia e um fio de Kirschner externo para determinar a correta orientação tridimensional dos túneis ósseos a ser perfurados.

São três os principais túneis que podem ser necessários para a reconstrução dos ligamentos da região intercuneiforme e tarsometatársica. (FIG. 7)

O primeiro é um tunel transversal que corre do ponto mais



**Fig.6 |**

**Técnica Cirúrgica:**

A. Incisão dorsal transversa;  
 B. Inventário das lesões mostrando a ruptura do ligamento tarsometatarsico do primeiro raio e do ligamento intercuneiforme (C1-C2) dorsal;  
 C. No plano interósseo, podemos notar os restos do ligamento de Lisfranc totalmente rto (seta).

profundo da depressão da face medial da cunha medial (C1) até o ponto médio da borda lateral da cunha lateral (C3). Quando corretamente orientado, este tunel atravessa o centro geométrico da cunha medial (C1), a metade distal da cunha intermédia (C2) e o centro geométrico da cunha lateral (C3), preservando todas as facetas articulares dos três ossos. Com este tunel, pretendemos recriar os ligamentos intercuneiformes da camada interóssea.

O segundo tunel corre obliquamente da face medial da cunha medial (C1) até a metáfise proximal do segundo metatársico (M2) e pretende reproduzir o trajeto do ligamento de Lisfranc. Quando corretamente orientado, este tunel cruza a região de contato entre a cunha medial (C1) e a base do segundo metatársico (M2).

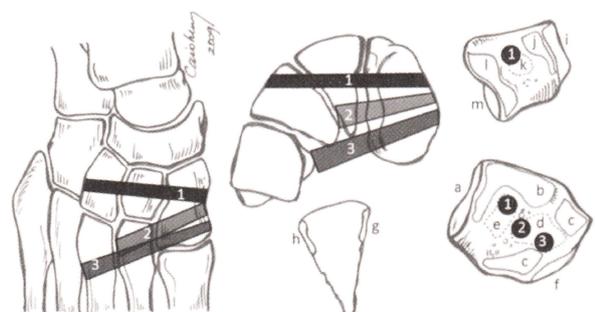
O terceiro tunel, o mais anterior e plantar, corre obliquamente da cunha medial (C1) à base do terceiro metatársico (M3), reproduzindo os ligamentos plantares profundos.

Durante o planejamento da cirurgia, tomando-se como base o mecanismo de trauma e as imagens da ressonância magnética, devemos decidir quais tuneis serão necessários bem como a seqüência ideal para a passagem do neoligamento através deles para obter o arranjo mais estável possível. Em algumas circunstâncias, não é necessário utilizar os três tuneis descritos. Algumas vezes, pode ser necessária a realização de pequenos tuneis acessórios conectando os tuneis principais, de forma a estabilizar a primeira articulação cuneo-metatársica (C1-M1) ou para reforçar os ligamentos da camada dorsal. Para a realização desta neoligamentoplastia recomendamos a utilização do tendão extensor longo do terceiro artelho que é tomado como enxerto livre e reforçado com um fio Fiber-wire 2.0. É necessário contar com, pelo menos 9cm de enxerto de tendão para completar a reparação ligamentar da forma que foi exposta neste trabalho.

O neoligamento é conduzido através dos túneis com o auxílio de um passador de tendão e a tensão correta é aplicada às extremidades do fio Fiber-wire que reforça o enxerto de forma a garantir a estabilidade pretendida e a flexibilidade normal das articulações. Antes de dar por encerrado o procedimento,

são realizadas as manobras de pronosupinação do antepé a fim de confirmar a eficiência e estabilidade do conjunto. Como cuidado final, tentamos acomodar os nós na massa da musculatura interóssea ou no interior dos tuneis, reduzindo a possibilidade de irritação dos tecidos vizinhos pelo atrito.

A incisão é fechada da maneira convencional e aplica-se uma tala gessada suro-podálica que será utilizada por três semanas. As suturas cutâneas são removidas no 21 dia pós-operatório e a manutenção do paciente "sem apoio" sobre o pé operado se prolonga até completada a 8a semana. Segue-se um período de reabilitação de três meses de duração.



**Fig.7 |**

**Planejando a cirurgia:** Os três túneis desenhados para reproduzir a anatomia e isometria dos ligamentos (veja o texto): Na figura inferior, podemos ver à direita, a face lateral da cunha medial, a cunha intermédia bem abaixo e à direita a face medial da cunha lateral. As principais áreas anatómicas foram identificadas como se segue: a. faceta articular da cunha medial (C1) para o osso navicular; b. faceta articular para a cunha intermédia (C2); c. Facetas articulares para o segundo metatársico (M2); d. Zona de inserção do ligamento de Lisfranc; e. Zona de inserção do ligamento interósseo entre as cunhas medial e intermédia (C1-C2); f. Faceta articular para o primeiro metatársico (M1); g. Faceta articular para o cuneiforme medial (C1); h. Faceta articular para o cuneiforme lateral (C3); i. faceta articular para o osso navicular; j. faceta articular para o cuneiforme intermédio (C2); k. zona de inserção do ligamento interósseo entre as cunhas intermédia e lateral (C2-C3); l. faceta articular para o segundo metatársico (M2), m. faceta articular para o terceiro metatársico; 1. orifícios e trajeto do primeiro túnel; 2. orifícios e trajeto do segundo túnel; 3. orifícios e trajeto do terceiro túnel.

## Resultados

Ao final do tempo médio de observação de 8 anos (mínimo de 2 e máximo de 13 anos), 17 pacientes (85%) foram classificados como excelentes e bons resultados e 3 pacientes (15%) foram considerados como resultados regulares ou maus.<sup>(30)</sup>

## Conclusão

A despeito dos bons resultados obtidos por outros autores com diferentes métodos de tratamento, a neoligamentoplastia parece ser uma boa opção terapêutica que mantém a função das articulações do mediopé.

## Referencias

- Aitken AP, Poulson D. Dislocations of the Tarsometatarsal Joint. *J. Bone and Joint Surg.* 45- A (2): 246-60, 1963.
- Collett HS, Hood TK, Andrews RE. Tarsometatarsal Fracture Dislocations. *Surg., Gynecology and Obstetrics.* may:623-26, 1958.
- Faciszewski T, Burks RT, Manaster BJ. Subtle Injuries of the Lisfranc Joint. *J. Bone Joint Surg.* 72-A (10): 1519-22, 1990.
- Goossens M, Stoop N. Lisfranc's Fracture-Dislocations: Etiology, Radiology and Results of Treatment. A Review of 20 Cases. *Clin. Orthop. and Related Research.* 176: 154-62, 1983.
- Groshar D, Alpers M, Mendes DG, Barsky V, Liberson A. Bone Scintigraphy Findings in Lisfranc Joint Injury. *Foot and Ankle.* 16 (11): 710-11, 1995.
- Hardcastle PH, Reschauer R, Kutscha-Lissberg E, Schoffmann W. Injuries to the Tarsometatarsal joint. *J. Bone Joint Surgery.* 64-B (3): 349-56, 1982.
- Jeffreys TE. Lisfranc's Fracture-Dislocation. *J. Bone Joint Surg.* 45-B (3): 546-51, 1963.
- Lynch JR, Cooperstein LA, DiGioia AM. Plantar Medial Subluxation of the Medial Cuneiform: Case Report of an Uncommon Variant of the Lisfranc Injury. *Foot and Ankle.* 16 (5): 299-301, 1995.
- Markowitz HD, Chase M, Whitelaw GP. Isolated Injury of the Second Tarsometatarsal Joint. *Clin. Orthop. and Related Research.* 248: 210-12, 1989.
- Myerson MS, Fisher RT, Burgess AR, Kenzora JE. Fracture Dislocations of the Tarsometatarsal Joints: End Results Correlated with Pathology and Treatment. *Foot and Ankle.* 6(5): 225-42, 1986.
- Morris KL, Giacomelli JA, Granoff DP. Medial Column Instability in the Lisfranc's Fracture Dislocation Injury. *The Journal of Foot Surgery.* 30 (5): 513-23, 1991.
- Narat JK. An Unusual Case of Dislocation of Metatarsal Bones. *American Journal of Surgery.* VI (2): 239-41, 1929.
- Pelland, PO. Complete Dislocation of the Bases Metatarsals, Without Fracture. *J. Bone J. Surg.* 17: 214-6, 1935.
- Quénu E, Küss G. Étude sur les luxations du métatarse (luxations métatarso-tarsiennes). *Rev. de Chir.* 39: 281-336; 720-91; 1093-134, 1909.
- Shapiro MS, Wascher DC, Finerman GAM. Rupture of Lisfranc's Ligament in Athletes. *Am. J. of Sports Medicine.* 22 (5): 687-91, 1994.
- Turco VJ. Diastasis of First and Second Tarsometatarsal Rays: A Cause of Pain in the Foot. *Bull NY Acad Med.* 49: 222-5, 1973.
- Vuori JP, Aro HT. Lisfranc Joint Injuries: Trauma Mechanisms and Associated Injuries. *The Journal of Trauma.* 35 (1): 40-5, 1993.
- Wilson DW. Injuries of the Tarso-Metatarsal Joints. *J. Bone J. Surg.* 54-B (4): 677-86, 1972.
- Yamashita F, Sakakida K, Hara K, Senpo K. Diastasis Between the Medial and the Intermediate Cuneiforms. *J. Bone J. Surg.* 75-B (1): 156-7, 1993.
- DeOrio M, Erickson M, Usulli FG, Easley M. Lisfranc Injuries in Sport. *Foot Ankle Clin N Am* 14: 169-86, 2009.
- Nunley JA, Vertullo CJ. Classification, investigation, and management of midfoot sprains: Lisfranc injuries in the athlete. *Am J Sports Med* 30: 871-8, 2002.
- Granberry, WM; Lipscomb, PR: Dislocation of the Tarsometatarsal Joints. *Surg., Gynecology and Obstetrics.* April: 467-9, 1962.
- Aranow MS. Treatment of the missed Lisfranc injury. *Foot Ankle Clin.* 11(1): 127-42, 2006.
- Panchbhavi VK, Vallurupalli S, Yang J, Andersen CR. Screw fixation compared with suture-button fixation of isolated Lisfranc Ligament injuries. *J Bone Joint Surg* 91(5A): 1143-8, 2009.
- Coetzee JC. Making sense of Lisfranc Injuries. *Foot Ankle Clin.* 13(4):695-704, 2008.
- Desmond EA, Chou LB. Current Concepts Review: Lisfranc Injuries. *Foot Ankle Int.* 27(8): 653-60, 2006.
- Henning JA, Jones CB, Sietsema DL, Bohay DR, Anderson JG. Open reduction internal fixation versus primary arthrodesis for Lisfranc injuries: a prospective randomized study. *Foot Ankle Int* 30(10): 913-22, 2009.
- Nery C, Barroco R, Magalhães AAC, Bruschini S. Diástase traumática dos ossos cuneiformes do tarso. *Rev Bras Ortop.* 31(7): 531-6, 1996.
- Nery C, Réssio C, Alloza JFM. Lesões Sutís das Articulações Intercuneiformes e tarsometatársicas tratadas através da neoligamentoplastia. *Rev ABTPé* 1(1): 51-8, 2007.
- Nery C, Réssio C, Alloza JFM. Neoligamentoplasty for the treatment of subtle ligament lesions of the intercuneiform and tarsometatarsal joints. *Tech Foot & Ankle* 9(3): 92-9, 2010.
- Sarrafian SK. Anatomy of the Foot and Ankle. Descriptive, Topographic, Funcional. Second Edition. 203-10, 1993.
- Johnson A, Hill K, Ward J, Ficke J. Anatomy of the Lisfranc Ligament. *Foot Ankle Spec.* 1(1): 19-23, 2008.
- Wiley, JJ: The Mechanism of Tarso-Metatarsal Joint Injuries. *The J. Bone J. Surg.* 53-B (3): 474-82, 1971.
- Kaar S, Femino J, Morag Y. Lisfranc Joint Displacement following sequential ligament sectioning. *J Bone Joint Surg* 89A(10): 2225-32, 2007.
- Raikin SM, Elias I, Dheer S, Besser MP, Morrison WB, Zoga AC. Prediction of midfoot instability in the subtle Lisfranc Injury. Comparison of magnetic resonance imaging with intraoperative findings. *J Bone Joint Surg.* 91A(4): 892-9, 2009.
- MacMahon PJ, Dheer S, Raikin SM, Elias I, Morrison WB, Kavanagh EC, Zoga A. MRI of injuries to the first interosseous cuneometatarsal (Lisfranc) Ligament. *Skeletal Radiol.* 38(3): 255-60, 2009.
- Mann RA, Prieskorn D, Sobel M. Mid-tarsal and TMT arthrodesis for primary degenerative osteoarthritis or osteoarthritis after trauma. *J Bone Joint Surg* 78A: 1376-82, 1996.