

Tema 2 Biomecânica e Traumatologia do Tênis

Dr. Filipe Rodrigues¹, Dr. Diogo Lino Moura², Prof. Dr. Fernando Fonseca³

¹Médico Interno Complementar de Ortopedia do Hospital Dr. Nélito Mendonça, Funchal, Madeira/ Centro Hospitalar do Porto; ²Especialista de Ortopedia do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra (CHUC), Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra (FMUC); ³Diretor do Serviço de Ortopedia do CHUC, FMUC.

RESUMO / ABSTRACT

O tênis é uma das modalidades desportivas mais praticadas no Mundo. Os seus arremessos são compostos por movimentos curtos e explosivos, repetidos centenas de vezes em cada treino e jogo. As lesões traumáticas agudas associadas ao tênis ocorrem mais frequentemente nos membros inferiores, enquanto as lesões de sobreuso predominam nos membros superiores. O stress repetitivo supra-fisiológico de alta intensidade sobre o membro superior, muitas vezes em amplitudes limite, são responsáveis por lesões no ombro, cotovelo e punho, enquanto as constantes mudanças de direção, rotações do tronco e saltos do tênis estão mais frequentemente associados a traumatologia da região lombar, joelhos e tornozelos. É essencial conhecer a incidência, o tipo e os mecanismos das lesões mais frequentes do tênis, assim como identificar fatores de risco individuais e ambientais, de modo a podermos desenvolver estratégias para a prevenção das mesmas.

Tennis is one of the most common practiced sports in the world. Its strokes are composed of short and explosive movements, repeated hundreds of times in each training and game. Tennis acute traumatic injuries occur more often at the lower limbs, while overuse lesions predominate at the upper limbs. High intensity repetitive supraphysiological stress over the upper limb, often in maximum range of motion, is responsible for shoulder, elbow and wrist injuries, while the constant tennis direction changes, trunk rotations and jumps are more frequently associated with lumbar, knee and ankle traumatology. It is essential to know the incidence, type and mechanism of tennis most frequent injuries, as well as to identify individual and environmental risk factors, in order to be able to develop injury prevention strategies.

PALAVRAS-CHAVE / KEYWORDS

Tênis, lesões traumáticas, ombro, cotovelo, punho, serviço, sobreuso
Tennis, traumatic injuries, shoulder, elbow, wrist, serve, overuse

backhand (Figura 1-B) com a palma da mão dominante para trás e o serviço (Figura 1-C).

O serviço é o arremesso mais complexo e laborioso, destacando-se pelas elevadas forças mecânicas geradas ao nível do ombro e antebraço dominantes aquando da sua execução.⁸ Pode ser dividido em três fases: a preparação (ocorre flexão do joelho, rotação do tronco, abdução e rotação lateral do ombro), a aceleração (ativação da cadeia cinética até o contacto com a bola) e desaceleração (imediatamente após contacto com a bola).⁹ A cadeia cinética descreve o trajeto e a direção do fluxo de energia nos arremessos do tênis.¹⁰ Tem origem nos pés e joelhos, projetando-se através da coluna vertebral ao ombro, cotovelo, punho e terminando na raquete.¹⁰ As articulações absorvem, gerem e transmitem energia ao segmento seguinte. Se a transferência de energia numa articulação não for efetuada corretamente, pode haver sobrecarga das articulações mais distais ao longo da cadeia.^{4,11} A manipulação técnica correta da cadeia cinética permite ao tenista gerar altas velocidades da raquete e da bola, minimizando a sobrecarga nas articulações do membro superior, aumentando a eficiência do movimento.³ Os movimentos repetidos de abdução e extensão durante o serviço podem alterar o arco rotacional do ombro dominante, provocando aumento da rotação lateral à custa da rotação medial.^{3,12} Apesar do aumento da rotação lateral contribuir para um serviço mais eficaz, a diminuição da rotação medial origina importantes alterações da cinética da articulação glenoumeral, nomeadamente o défice da rotação medial da glenoumeral, que vai favorecer ocorrência de lesões do ombro.¹³⁻¹⁵

Traumatologia do tênis

As lesões traumáticas desportivas dos tenistas levam não só à interrupção da prática desportiva de treino e competições¹⁶, como também têm um importante impacto na economia desportiva.¹⁷ As lesões traumáticas associadas ao tênis ocorrem mais frequentemente nos membros inferiores, seguido dos membros superiores e região lombar.⁷

Introdução

O tênis surgiu como uma adaptação do jogo medieval *Jeu de Paume* ("jogo de palmo"), criado em França no século XI. Após a inclusão da raquete, do sistema de pontuação especial e da evolução do próprio nome para tênis, termo derivado do francês *tenez*, significando "segure / aqui vem", foram estabelecidas as regras e regulamentos na década de 1870 em Inglaterra.¹ A evolução desde então levou a que atualmente seja uma das modalidades desportivas mais praticadas no Mundo com mais de 75 milhões de participantes.²

De acordo com as regras atuais, o jogo de tênis termina quando se atinge um determinado número de pontos, podendo a partida durar várias horas.³⁻⁴ Deste modo, a modalidade é exigente a nível aeróbio e anaeróbio.⁴ Por outro lado, os seus arremessos são compostos

por movimentos curtos e explosivos, repetidos centenas de vezes em cada treino ou jogo.⁴⁻⁶ Face a isto, entende-se que os tenistas têm um perfil de lesões traumáticas único que está diretamente relacionado com as características biomecânicas deste desporto.⁶ As lesões de sobreuso associadas ao tênis ocorrem maioritariamente ao nível dos membros superiores, enquanto as lesões agudas atingem mais frequentemente os membros inferiores.⁵⁻⁶

Biomecânica do tênis

No tênis são realizados diversos tipos de arremessos de diferentes características biomecânicas que contribuem para o espetro de lesão do membro superior.⁷ Os mais frequentes são o *forehand* (Figura 1-A), realizado com a palma da mão para a frente durante o impacto, e o

Um estudo avaliou 162 tenistas federados com idade superior a 16 anos durante uma época, correspondendo a 8039 jogos. Foram registadas 199 lesões, perfazendo uma incidência de 1.25 lesões por 1000 horas de treino e 1.03 lesões por 1000 jogos oficiais. A maioria destas lesões ocorreu nos membros inferiores (37.2%), seguindo-se a região lombar (33.2%) e os membros superiores (29.6%). Cerca de 70% das lesões agudas registou-se nos membros inferiores (sendo a entorse a mais comum), enquanto que 45.9% das lesões crónicas manifestaram-se nos membros superiores.¹⁸ Christopher Gaw et al. registaram as lesões associadas ao ténis apresentadas aos serviços de urgência dos Estados Unidos da América (com base num serviço eletrónico nacional comum a 100 hospitais) entre 1990 e 2011. Os utentes apresentavam uma média de idade de 37.3 anos. Registou-se uma taxa de internamento de 3.4%. Cerca de 40% das lesões ocorreram nos membros inferiores (cerca de metade no tornozelo), 26.7% nos membros superiores, 19.6% na cabeça ou pescoço e 9.2% no tronco. Os tipos de lesões mais frequentes foram roturas musculares ou ligamentares parciais (44.1%) e fraturas (14.6%).¹⁹

O ténis provoca stress repetitivo supra-fisiológico de alta intensidade sobre o **ombro**, sujeitando esta articulação a amplitudes limite diversas vezes durante um treino ou jogo. Trata-se de um desporto *overhead*, isto é, com movimentos frequentes do membro superior acima do nível da cabeça, o que traz consequências em termos de patologias sobretudo do ombro e cotovelo.²⁰ Os movimentos repetidos de elevação anterior, abdução e rotação lateral do ombro, frequentes

durante o serviço e arremessos, provocam de forma progressiva aumento da rotação lateral do ombro e subluxação anterior da cabeça do úmero do tenista. O aumento da rotação lateral induz contratura da cápsula articular posterior e da banda posterior do ligamento glenoumeral inferior, o que tem como consequência o défice da rotação medial da glenoumeral. Esta condição típica dos tenistas define-se clinicamente por perda igual ou superior a 20° de rotação medial comparativamente ao ombro não dominante.^{3,12,13} Nestes atletas, o desequilíbrio entre músculos antagonistas da coifa dos rotadores, os rotadores laterais e os rotadores mediais, e o desgaste e laxidão desequilibrada dos ligamentos capsulares e do labrum glenoideu vão favorecer a ocorrência de instabilidade glenoumeral crónica. Estas situações de instabilidade permitem a ocorrência de movimentos translacionais excessivos e potencialmente lesivos da cabeça do úmero sobre a cavidade glenoideia, favorecendo roturas da coifa dos rotadores, do labrum, lesões da cartilagem articular e o desenvolvimento precoce de artrose glenoumeral.^{14,20} O conflito interno do ombro ocorre entre a face articular dos tendões supra e infraespinhoso da coifa e a porção pósterio-superior do rebordo glenoideu e labrum nos movimentos extremos de elevação anterior, abdução e rotação lateral do ombro, frequentemente executados no ténis.¹⁴ Este conflito mecânico entre tendões, labrum e osso é típico do ténis e pode conduzir a situações de tendinopatia da coifa dos rotadores, patologia prevalente nos tenistas, que vai desde tendinites a tendinopatias.

pode ainda progredir para rotura degenerativa da coifa dos rotadores, patologia frequentemente com indicação para reparação cirúrgica.^{7,20} Por outro lado, os típicos movimentos *overhead* do ténis proporcionam forças de cisalhamento sobre a porção superior do labrum glenoideu e como tal também favorecem a sua rotura.^{6,7} Estas lesões são conhecidas por SLAP (roturas ântero-posteriores superiores do labrum) e consistem na rotura da porção superior do labrum ao nível da inserção do tendão da longa porção do bicipite braquial, podendo estar também associada à inflamação e rotura deste tendão.^{6,7}

As lesões mais comuns do **cotovelo** associadas ao ténis são a epicondilopatia lateral (80-90%) e medial (10-20%).²¹ A epicondilopatia lateral, também conhecida como o *cotovelo do tenista*, afeta mais frequentemente os jogadores de nível amador.⁶ Estes tendem a realizar os *backhands* com o punho em flexão, ao contrário dos tenistas de nível profissional que fazem extensão do punho antes do contacto com a bola.²²⁻²⁵ A técnica incorreta leva a que jogadores menos experientes realizem contrações excêntricas excessivas dos músculos extensores-supinadores (sobretudo do extensor radial curto do carpo), causando microtrauma repetido e inflamação crónica da sua origem muscular no epicôndilo lateral por sobreuso.^{22,26,27} Por sua vez, a epicondilopatia medial é mais frequente nos jogadores de nível profissional.^{6,8} Kibler et al demonstraram que durante o serviço o cotovelo move-se dos 116° aos 20° de flexão em 0.21s, ocorrendo o impacto na bola aproximadamente aos 35° de flexão.²⁸ A repetição deste movimento explosivo pode conduzir a cargas excêntricas excessivas dos flexores-pronadores do punho (sobretudo do flexor radial do carpo e redondo pronador), provocando inflamação crónica na sua origem no epicôndilo medial por sobreuso.⁸

Um estudo em 50 lesões do **punho** associadas ao ténis verificou que mais de 75% destas se apresentavam com queixas na porção medial do punho e que dois terços de todas as lesões envolviam o extensor ulnar do carpo.²⁹ A tendinopatia do extensor ulnar do carpo está associada aos

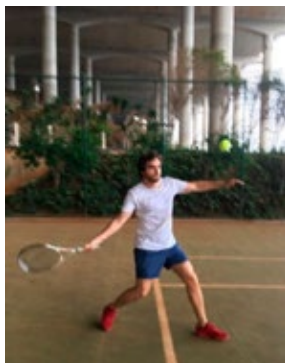


Figura 1-A - Forehand



Figura 1-B - Backhand com duas mãos

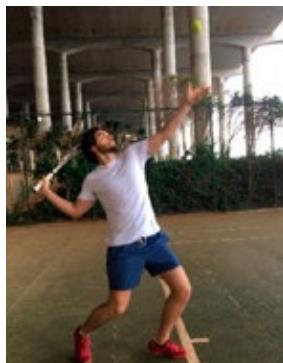


Figura 1-C - Serviço – fase de preparação

arremessos mais comuns do ténis, o *forehand* (na mão dominante) e o *backhand* (na mão não dominante)¹¹, ocorrendo por sobrecarga repetida de forças em extensão e desvio ulnar transmitidas ao punho durante o impacto com a bola.²⁹ A repercussão tendinosa destas cargas é influenciada pela musculatura da mão, força e tipo de pega utilizada²⁹⁻³¹, tamanho da raquete e localização de impacto da bola na raquete.³⁰ Apesar de menos prevalente, pode também ocorrer a rotura traumática da bainha tendinosa do extensor ulnar do carpo após movimento súbito de flexão volar e desvio ulnar do punho, que pode provocar a subluxação do tendão.³² A tenossinovite de De Quervain é também uma das tendinopatias mais frequentes nos tenistas.²⁹ Trata-se da inflamação das bainhas sinoviais dos tendões do 1º compartimento extensor do punho, nomeadamente do longo abductor e curto extensor do polegar, ao atravessarem o processo estilóide do rádio.³³

As roturas parciais dos músculos paravertebrais a nível **lombar** são a causa mais frequente de dor no tronco nos tenistas, seguindo-se as roturas ligamentares e roturas do anel fibroso do disco intervertebral.⁶ Um estudo demonstrou que 38% de 143 tenistas profissionais já faltaram a um torneio por dor lombar.³⁴ Ocorrem devido aos repetidos movimentos de hiperextensão e rotação do tronco, sobretudo durante o serviço, no qual estes são efetuados de forma explosiva.⁶ Estes mesmos movimentos colocam os discos intervertebrais lombares em risco de roturas do anel fibroso, lesões que podem conduzir a hérnias discais ou mesmo ao desencadear do processo



Figura 2 – Sweet spots

- Zona de ressalto máximo
- Centro de Percussão
- Vibration node
- Dead spot – zero ressalto, não desejado

degenerativo discal e da coluna vertebral em geral.³⁵

As lesões traumáticas no **joelho** associadas ao ténis ocorrem devido aos frequentes movimentos de torção dos joelhos exigidos pelas constantes mudanças de direção e saltos do ténis e incluem a instabilidade patelofemoral, a tendinopatia patelar (*jumper's knee* ou “joelho do saltador”), as roturas meniscais e bursites.³⁶

O conceito *tennis leg* ou “perna do tenista” foi descrito para a típica rotura parcial ao nível da transição músculotendinosa proximal do gastrocnémio medial.³⁷⁻³⁹ O seu mecanismo de lesão envolve a dorsiflexão súbita de um tornozelo previamente em flexão plantar num joelho em extensão, que pode ocorrer por exemplo num *sprint*.³

As lesões mais frequentes a nível do **tornozelo** são as entorses, sendo mais frequentes por mecanismo de supinação e atingindo maioritariamente o complexo ligamentar colateral lateral.^{3,6}

As **raquetes** evoluíram recentemente para modelos de maior dimensão, mais resistentes e mais leves.^{6,40} A raquete mais rígida ou de tamanho incorreto leva ao aumento de vibrações transmitidas ao membro superior, aumentando o risco de lesões no mesmo.^{6,41} A pega da raquete afeta a biomecânica dos arremessos e as próprias forças transmitidas ao membro superior.^{6,41} Por sua vez, a zona de impacto na raquete tem influência direta na velocidade da bola e nas vibrações transmitidas ao membro superior.⁶ Existem três *sweet spots* estratégicos numa raquete de ténis (Figura 2): a zona de ressalto máximo, útil para jogadas mais agressivas, e outros dois locais onde se verifica uma menor transmissão de vibrações para a mão, logo de menor risco de lesão, o centro de percussão e o *vibration node*. Da mesma maneira, quando a zona de impacto se encontra mais afastada do eixo central da raquete gera-se um movimento de rotação da mão, sendo este compensado por contrações excêntricas excessivas dos músculos do antebraço, o que favorece a ocorrência de tendinopatias por sobreuso.^{40,42}

A biomecânica do ténis varia também de acordo com a **superfície do terreno** em que este é praticado.⁵

Em campos de cimento ou asfalto o coeficiente de fricção é maior e há menor absorção de choque. O deslizamento é menor, a velocidade da bola é maior e as forças aplicadas aos membros superiores são superiores.⁴³ Em terra batida o jogo é mais lento, havendo maior absorção de choque da bola e perda de velocidade desta.⁵ O menor coeficiente de fricção leva a que haja maior deslizamento na superfície por parte do tenista, sujeitando-o a novas agressões.⁴⁴ Um estudo feito em 3656 tenistas amadores não encontrou uma associação entre taxa de lesão e superfície do campo quando a prática do desporto ocorria primariamente numa só superfície. No entanto, registou uma taxa superior de lesões traumáticas de sobreuso quando a prática desportiva era alternada entre diferentes superfícies, sendo a mudança de superfície considerada fator de risco para lesão ao nível dos membros inferiores associada ao ténis.⁴³

Conclusão

O ténis é uma das modalidades desportivas mais praticadas no Mundo. Os tenistas têm um perfil de lesões único que está estreitamente relacionado com as características biomecânicas desta modalidade. É fundamental conhecer a incidência, os tipos e os mecanismos das lesões mais frequentes, bem como identificar fatores de risco individuais e ambientais relacionados especificamente com o ténis. Só assim podemos desenvolver estratégias de prevenção e diminuir a incidência das lesões mais típicas durante a prática desportiva desta modalidade. O reforço do ensino da técnica de jogo adequada e desenvolvimento de programas para correção de desequilíbrios musculares poderão ser úteis para redução do índice de lesões traumáticas no ténis.

Os autores declaram não haver conflitos de interesse ou económicos.

Correspondência:
Dr. Filipe Rodrigues
Serviço de Ortopedia do Hospital Dr. Nélito Mendonça, Funchal, Madeira
filipejrod@hotmail.com

Restante Bibliografia em:
www.revdesportiva.pt (A Revista Online)

Bibliografia

- https://www.olympic.org/news/a-brief-history-of-tennis
- Pluim BM, Miller S, Dines D, Renström PA, Windler G, Norris B, Martin K. *Sport science and medicine in tennis*. British Journal of Sports Medicine. 2007; 41(11):703-704.
- Perkins RH, Davis D. *Musculoskeletal injuries in tennis*. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2006; 17(3):609-31.
- Kovacs MS. *Applied physiology of tennis performance*. Br J Sports Med. 2006; 40:381-386.
- Fu MC, Ellenbecker TS, Renstrom PA, Windler GS, Dines DM. *Epidemiology of injuries in tennis players*. Curr Rev Musculoskelet Med. 2018Mar; 11(1):1-5.
- Dines JS, Bedi A, Williams PN, Dodson CC, Ellenbecker TS, Altchek DW, Windler G, Dines DM. *Tennis Injuries: Epidemiology, Pathophysiology, and Treatment*. J Am Acad Orthop Surg. 2015; 0:1-9.
- Chung KC, Lark ME. *Upper Extremity Injuries in Tennis Players: Diagnosis, Treatment, and Management*. Hand Clin. 2017Feb; 33(1):175-186.
- Elliott B, Fleisig G, Nicholls R, Escamilla R. *Technique effects on upper limb loading in the tennis serve*. J Sci Med Sport. 2003; 6(1):76-87.
- Kovacs M, Ellenbecker T. *An 8-Stage Model for Evaluating the Tennis Serve: Implications for Performance Enhancement and Injury Prevention*. Sports Health. 2011Nov; 3(6):504-513.
- Eyngendaal D, Rahussen FT, Diercks RL. *Biomechanics of the elbow joint in tennis players and relation to pathology*. Br J Sports Med. 2007; 41(11):820-823.
- Johnson CD, McHugh MP, Wood T, et al. *Performance demands of professional male tennis players*. Br J Sports Med. 2006; 40(8):696-9.
- Ellenbecker T, Roetert EP. *Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players*. J Sci Med Sport. 2003; 6(1).
- Kibler WB, Kuhn JE, Wilk K, et al. *The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology-10-year update*. Arthroscopy 2013; 29(1):141-161 e126.
- Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, et al. *Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers*. Am J Sports Med 2011; 39(2):329-35.
- Mihata T, Gates J, McGarry MH, et al. *Effect of posterior shoulder tightness on internal impingement in a cadaveric model of throwing*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015; 23(2):548-54.
- Pluim BM, Staal JB, Windler GE, Jayanthi N. *Tennis injuries: Occurrence, aetiology, and prevention*. Br J Sports Med 2006; 40(5):415-423.
- Cumps E, Verhagen E, Annemans L, Meeusen R. *Injury rate and socioeconomic costs resulting from sports injuries Flanders: data derived from sports insurance statistics 2003*. British Journal of Sports Medicine. 2008; 42(9):767-2.
- Pérez VM, Sanchez SH, Fernandez JF, Del Coso J, Garcia FJ. *Incidence and conditions of musculoskeletal injuries in elite Spanish tennis academies: a prospective study*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2018; Jun 27. doi: 10.23736/S0022-4707.18.08513-4.
- Gaw CE, Chounthirath T, Smith GA. *Tennis-related injuries treated in united states emergency departments, 1990 to 2011*. Clin J Sport Med. 2014; 24:226-232.
- Jobe F, Bradley J. *The diagnosis of non-operative treatment of shoulder injuries in the athlete*. Clin Sports Med 1989; 8:419-38.
- Baumgard SH, Schwartz DR. *Percutaneous release of the epicondylar muscles for humeral epicondylitis*. Am J Sports Med 1982; 10(4):233-6.
- Blackwell JR, Cole KJ. *Wrist kinematics differ in expert and novice tennis players performing the backhand stroke: Implications for tennis elbow*. J Biomech 1994; 27(5):509-516.
- Marx R, Sperling J, Cordasco F. *Overuse injuries of the upper extremity in tennis players*. Clin Sports Med 2001; 20:439-51.
- Peters T, Baker C. *Lateral epicondylitis*. Clin Sports Med 2001;20(3):549-63.
- Kandemir U, Fu F, McMahon P. *Elbow injuries*. Curr Opin Rheumatol 2002; 14:160-7.
- Riek S, Chapman AE, Milner T. *A simulation of muscle force and internal kinematics of extensor carpi radialis brevis during backhand tennis stroke: Implications for injury*. Clin Biomech (Bristol, Avon) 1999; 14(7):477-483.
- Bunata RE, Brown DS, Capelo R. *Anatomic factors related to the cause of tennis elbow*. J Bone Joint Surg Am 2007; 89(9):1955-63.
- Eyngendaal D, Rahussen FTG, Diercks RL. *Biomechanics of the elbow joint in tennis players and relation to pathology*. Br J Sports Med 2007; 41:820-823.
- Tagliafico AS, Ameri P, Michaud J, et al. *Wrist injuries in nonprofessional tennis players: relationships with different grips*. Am J Sports Med. 2009; 37(4):760-7.
- King MA, Kentel BB, Mitchell SR. *The effects of ball impact location and grip tightness on the arm, racquet and ball for onehanded tennis backhand groundstrokes*. J Biomech. 2012; 45(6):1048-52.
- Elliott BC. *Tennis: the influence of grip tightness on reaction impulse and rebound velocity*. Med Sci Sports Exerc. 1982; 14(5):348-52.
- Montalvan B, Parier J, Brasseur JL, Le Viet D, Drape JL. *Extensor carpi ulnaris injuries in tennis players: a study of 28 cases*. Br J Sports Med. 2006; 40(5):424-429.
- Ritu Goel and Joshua M. Abzug. *Quervain's tenosynovitis: a review of the rehabilitative options*. Hand (N Y). 2015 Mar; 10(1):1-5.
- Marks MR, Haas SS, Wiesel SW. *Low back pain in the competitive tennis player*. Clin Sports Med 1988;7(2):277-287.
- Hainline B. *Low back injury*. Clin Sports Med 1995; 14:241-65.
- Gecha S, Torg E. *Knee injuries in tennis*. Clin Sports Med 1988; 7(2):435-52.
- Bianchi S, Martinoli C, Abdelwahab IF, et al. *Sonographic evaluation of tears of the gastrocnemius medial head (tennis leg)*. J Ultrasound Med 1998; 17:157-62.
- Delgado G, Chung C, Lektakul N, et al. *Tennis leg: clinical US study of 141 patients and anatomic investigation of four cadavers with MR imaging and US*. Radiology 2002; 224:112-9.
- Blue J, Matthews L. *Leg injuries*. Clin Sports Med 1997;16(3):467-78.
- Miller S. *Modern tennis rackets, balls, and surfaces*. Br J Sports Med 2006; 40(5):401-405.
- Rossi J, Vigouroux L, Barla C, et al. *Potential effects of racket grip size on lateral epicondylalgia risks*. Scand J Med Sci Sports 2014; 24(6):e462-470.
- Hennig EM. *Influence of racket properties on injuries and performance in tennis*. Exerc Sport Sci Rev 2007; 35(2):62-66.
- Pluim BM, Clarsen B, Verhagen E. *Injury rates in recreational tennis players do not differ between different playing surfaces*. Br J Sports Med. 2018 May; 52(9):611-615.
- Dragoo JL, Braun HJ. *The effect of playing surface on injury rate: a review of the current literature*. Sports Med. 2010; 40(11):981-90.