Tennis • Biomeccanica del piede • Pressione plantare • Superfici di gioco

Parole chiave

Piede, carico dinamico e superfici di gioco nel tennis

Implicazioni per gli infortuni da sovraccarico

Il tennis alterna accelerazioni brevi, frenate, *split step*, spostamenti laterali, cambi di direzione e atterraggi dopo il servizio. In pochi secondi il complesso piede-caviglia deve passare da una struttura relativamente adattabile, capace di attenuare l'impatto, a una leva più rigida per la propulsione. La ripetizione di questi compiti, spesso in condizioni di affaticamento e su superfici differenti, espone fascia plantare, tendini, articolazioni e strutture ossee a sollecitazioni molto variabili (*Kovacs, 2007; Fu et al., 2018*).

Gli infortuni da sovraccarico non dipendono però da un singolo fattore. Si sviluppano quando l'esposizione meccanica ripetuta supera la capacità del tessuto di recuperare e adattarsi. Volume di allenamento, densità delle partite, precedenti sintomi, sonno e recupero, tecnica, calzatura e caratteristiche del campo modificano lo stesso problema. Per questo è riduttivo affermare che un piede pronato, un arco alto o una determinata superficie siano di per sé la causa di una patologia. L'obiettivo di questo contributo è proporre una lettura integrata del rapporto tra morfologia del piede, funzione dinamica e superficie di gioco. Le indicazioni sono rivolte a fisioterapisti, medici, preparatori e allenatori che devono interpretare i segni clinici e programmare il carico, evitando sia il determinismo anatomico sia la sottovalutazione delle richieste specifiche del tennis.

La morfologia descrive, ma non predice da sola

Altezza dell'arco, allineamento del retropiede e struttura dell'avampiede influenzano l'area di contatto e la distribuzione delle pressioni. Un arco elevato può ridurre la superficie di appoggio e concentrare il carico su tallone e avampiede; un arco più basso può accompagnarsi a una diversa progressione del centro di pressione e a maggiore richiesta sulle strutture mediali. Le associazioni osservate negli

Nel tennis il piede deve assorbire, stabilizzare e restituire energia durante accelerazioni, frenate, cambi di direzione e atterraggi. Morfologia, funzione neuromuscolare, capacità dei tessuti, calzatura e superficie interagiscono nel determinare il carico. Le evidenze non sostengono un rapporto causale semplice tra tipo di piede, campo e infortunio: la valutazione deve integrare sintomi, compito motorio, esposizione e adattamento alle transizioni di superficie.

abstract



Claudio Zanetti
• Responsabile Osteopatia e Terapia Manuale della Federazione Italiana Tennis e Padel (FITP).
• Laureato in Scienze Motorie e in Fisioterapia, Osteopata D.O. ROI.



Francesco Paperini
• Responsabile nazionale fisioterapia e osteopatia della Federazione Italiana Tennis e Padel (FITP).



Michelangelo Dell'Edera
• Direttore dell'Istituto Superiore di Formazione "Roberto Lombardi" FITP e Team Manager delle nazionali italiane di Coppa Davis e Billie Jean King Cup. Laureato in Scienze Motorie.

autori
mail claudio@balancelab.it

Elisabetta Parra
• Medico referente di Club Italia, Federazione Italiana Tennis e Padel (FITP).

Luca Farinelli
• Responsabile fisioterapia di Club Italia, Federazione Italiana Tennis e Padel (FITP).

studi sono tuttavia eterogenee e dipendono dal compito analizzato (*Buldt et al., 2018; Queen et al., 2009*).
In tennisti di alto livello sono state descritte differenze morfologiche e di cammino, compresi quadri con arco alto e atteggiamento supinato (*Chow & Hsu, 2022*). Si tratta di informazioni utili per descrivere l'atleta, non di test capaci di prevedere da soli chi si farà male. Due giocatori con la stessa altezza dell'arco possono infatti utilizzare strategie completamente differenti per forza, coordinazione, mobilità, calzatura, esperienza e storia clinica.
La valutazione statica conserva quindi un ruolo, ma deve aprire l'esame e non concluderlo. L'osservazione in carico, la mobilità della caviglia, la capacità del polpaccio e dei muscoli del piede, l'equilibrio monopodalico e la risposta a salti, frenate e cambi di direzione forniscono un quadro più vicino alle reali richieste di gioco.

Il piede come sistema dinamico

I muscoli intrinseci partecipano al controllo della deformazione dell'arco longitudinale e, insieme alla muscolatura estrinseca, contribuiscono alla transizione tra assorbimento e propulsione (*Kelly et al., 2014*). Il comportamento del piede non è quindi soltanto il risultato di legamenti e geometria ossea: è una risposta neuromuscolare dipendente dalla velocità, dalla direzione e dall'anticipazione del compito.
Durante un cambio di direzione non previsto, i peronieri contribuiscono al controllo laterale della caviglia; il tibiale posteriore partecipa alla gestione del retropiede e dell'arco mediale. Alterazioni di attivazione, pressione e cinematica sono state osservate in popolazioni sintomatiche, ma non dimostrano automaticamente che lo stesso schema provochi una lesione nel tennista asintomatico (*Imhauser et al., 2004; Bavdek et al., 2018*).
Anche la capacità del tessuto è specifica. Fasciopatia plantare, tendinopatia achillea e lesione da stress osseo non sono manifestazioni equivalenti di un generico "piede sovraccarico". Evidenziano tempi biologici, fattori di rischio e criteri di gestione differenti. Il dato morfologico acquista significato solo se collegato alla sede dei sintomi, alla risposta al carico e alla diagnosi clinica.

Tre quadri clinici, tre problemi di carico differenti

Il dolore plantare del tallone mostra bene perché la morfologia non possa coincidere con la diagnosi. Nella fasciopatia plantare il sintomo è tipicamente legato al carico, spesso più evidente nei primi passi dopo il riposo e con l'aumento dell'esposizione. L'arco può modificare la distribuzione locale, ma nella stessa presentazione entrano anche cambi recenti di allenamento, capacità del complesso polpaccio-piede, calzatura e recupero. Prima di correggere l'appoggio è necessario confermare la fonte del dolore e individuare quali attività eccedano la tolleranza corrente.
La tendinopatia achillea richiede di distinguere inserzione e porzione media e di escludere altre cause di dolore posteriore. Nel tennis il tendine è sollecitato da accelerazioni, arresti, ripetute azioni di flessione plantare e atterraggi. Prono-supinazione e altezza dell'arco possono modulare

il carico, ma non identificano la patologia. Sono più utili l'andamento dei sintomi, la risposta alle prove di forza e salto, la tolleranza alla seduta e la capacità di recuperare tra esposizioni consecutive.
La lesione da stress osseo impone maggiore prudenza. Nel tennis d'élite sono state riportate localizzazioni al navicolare, ai metatarsi, alla tibia e in altri distretti. Il dolore può iniziare come fastidio aspecifico durante l'attività, ma focalità, progressione con l'impatto, dolorabilità ossea e persistenza dopo la seduta devono orientare a un approfondimento medico tempestivo. In questa situazione una spiegazione basata soltanto su superficie o pressione plantare rischia di ritardare la diagnosi.

Pressioni plantari: misurare senza trasformare il dato in diagnosi

Le solette o pedane baropodometriche consentono di descrivere la distribuzione delle pressioni plantari e di misurare parametri quali il picco di pressione, l'integrale pressione-tempo e la durata del contatto, oltre a rilevare la traiettoria del centro di pressione. Questi dati contribuiscono a caratterizzare l'appoggio del piede, ma non costituiscono, da soli, una diagnosi. Nel servizio e negli spostamenti in campo emergono distribuzioni specifiche che non possono essere dedotte dall'appoggio in stazione eretta (*Girard et al., 2010*). Il valore principale della misura è confrontare lo stesso atleta nel tempo o in condizioni differenti. Il test dovrebbe riprodurre il problema reale: accelerazione, frenata, cambio di direzione programmato e reattivo, atterraggio del servizio, gesto ripetuto in affaticamento. Una mappa colorata non identifica da sola una regione patologica e non esiste una soglia universale di pressione capace di predire un futuro infortunio nel tennis professionistico. Inoltre sistemi diversi presentano differenze di campionamento, calibrazione e precisione, che devono essere considerate nell'interpretazione (*Burnie et al., 2024*). La domanda clinica non è pertanto "Dove appoggia di più?", ma "Quando, durante quale compito e con quali sintomi cambia la strategia di carico?". Un dato pressorio diventa utile quando conferma o mette in discussione un'ipotesi costruita con anamnesi, esame clinico e osservazione del movimento.

Il sistema scarpa-superficie

Il carico attribuito al campo dipende in realtà dall'interazione tra la scarpa e la superficie. Il disegno e il materiale della suola ne influenzano l'aderenza alla superficie; intersuola e costruzione influenzano deformazione e comfort; calzata e tomaia incidono sulla stabilità. A loro volta manutenzione, umidità, temperatura e usura modificano il comportamento della superficie. Due campi classificati entrambi come *hard* possono quindi offrire condizioni meccaniche diverse. Anche il passaggio improvviso a un nuovo modello può modificare una strategia ormai automatizzata. Ammortizzazione e controllo del movimento non devono essere considerati dispositivi preventivi universali: comfort, familiarità, compito e tempo di adattamento restano elementi centrali (*Nigg & Wakeling, 2001*).

Cemento, terra ed erba: cosa sappiamo davvero

Le superfici dure offrono generalmente trazione prevedibile e consentono meno scivolamento prolungato rispetto alla terra (**tabella A**). Studi sul campo hanno rilevato differenze nelle pressioni plantari e nella distribuzione del carico tra superfici (*Girard et al., 2007*). È plausibile che frenate più brusche e carichi ripetuti aggravino tessuti con capacità ridotta di assorbimento; non è però dimostrato che il campo duro causi direttamente fasciopatia plantare, tendinopatia achillea o fratture da stress.
La terra battuta permette di distribuire la decelerazione su una distanza maggiore attraverso lo scivolamento. Questo può ridurre

alcune componenti d'impatto, ma richiede al giocatore di controllare forze di taglio e le rotazioni, recuperando un appoggio stabile al termine dello scivolamento. Il risultato dipende dalla competenza tecnica del giocatore e dalle condizioni di attrito tra suola e superficie.
Sull'erba, l'adereanza è generalmente minore e più variabile, rendendo necessari rapidi passi di aggiustamento; i dati comparativi specifici per il piede sono però limitati.
Più che la categoria di superficie, può essere decisiva la transizione. Il giocatore professionista cambia campo in periodi brevi, mentre viaggi, tornei e carico complessivo rimangono elevati. Una strategia efficace su una superficie può risultare inizialmente poco economica su un'altra. L'esposizione progressiva e l'allenamento delle tecniche di frenata e scivolamento sono razionali, anche se la loro efficacia preventiva non è ancora stata dimostrata in studi controllati.

Dalla valutazione alla prevenzione

L'esame dovrebbe integrare storia dei sintomi, precedenti infortuni, variazioni recenti di carico e superficie, calzatura, mobilità di caviglia, capacità del tricipite surale, funzione dei muscoli intrinseci ed estrinseci, equilibrio, salti ripetuti e compiti specifici. L'obiettivo non è normalizzare ogni variante anatomica, ma riconoscere una discrepanza modificabile tra domanda e capacità di assorbimento.
Particolare attenzione va riservata ai segnali che richiedono diagnosi tempestiva. Dolore osseo focale, peggioramento con l'impatto o persistenza dopo l'attività possono indicare una lesione da stress e non devono essere spiegati soltanto con la superficie o l'appoggio. Dolore plantare ai primi passi, rigidità tendinea mattutina e riduzione progressiva della tolleranza necessitano invece di una valutazione specifica e un programma di carico coerente con il tessuto coinvolto (*Maquirriain & Ghisi, 2006; Coppola et al., 2022*).
La prevenzione più difendibile è un processo di monitoraggio e adattamento. Nelle settimane di cambio superficie è conveniente documentare sintomi e misure funzionali di base, introdurre progressivamente frenate e scivolamenti, evitare cambi simultanei e non necessari di scarpa e carico, oltre a rivalutare precocemente l'atleta se compare una riduzione di tolleranza. Medico, fisioterapista, preparatore, allenatore e responsabile della calzatura dovrebbero condividere la stessa lettura del problema.

Una proposta operativa nelle transizioni di superficie

Nei primi giorni sulla nuova superficie il volume specifico dovrebbe crescere prima dell'intensità massima. È utile iniziare con spostamenti prevedibili, passare a frenate e cambi di direzione più rapidi e introdurre infine compiti reattivi, sequenze prolungate e situazioni di punteggio.

Tabella A
Interpretazione pratica delle superfici e del carico piede-caviglia.

Superficie	Caratteristica	Risposta probabile	Lettura clinica
Duro	Aderenza relativamente costante; scivolamento limitato	Frenate più brusche	Differenze biomeccaniche documentate; causalità diagnostica non dimostrata
Terra	Aderenza minore; possibilità di scivolamento controllato	Decelerazione più lunga	Il carico dipende da tecnica e interazione scarpa-superficie
Erba	Aderenza generalmente bassa e variabile	Passi rapidi di aggiustamento	Dati specifici per il piede ancora scarsi
Transizione	Cambio rapido delle richieste	Ricalibrazione di frenata e rigidità	Esposizione progressiva razionale, efficacia preventiva da verificare

Sulla terra va allenata la gestione dell'ingresso e dell'uscita dallo scivolamento; su erba e campi a trazione variabile acquistano importanza i passi di aggiustamento; sul duro va controllata l'esposizione cumulativa alle frenate ad alta intensità.
Il monitoraggio può essere semplice. Dolore durante e dopo la seduta, rigidità al mattino successivo, percezione di fatica locale, qualità dei salti monopodalici e tolleranza alle accelerazioni costituiscono segnali facilmente ripetibili. Se disponibili, dinamometria e misure plantari aggiungono informazioni, ma non sostituiscono la risposta dell'atleta nelle 24 ore successive. Un peggioramento progressivo richiede riduzione o modifica del carico e rivalutazione, non l'automatica attribuzione del sintomo al nuovo campo.
Anche la scelta della scarpa dovrebbe evitare cambi multipli contemporanei. Conservare un modello familiare durante le prime esposizioni può facilitare l'interpretazione della risposta; se la suola deve cambiare per adattarsi al campo, è prudente introdurla in allenamento prima della competizione. La decisione finale deve bilanciare trazione, libertà di scivolamento, stabilità, comfort e storia individuale, senza cercare una scarpa universalmente protettiva.

Limiti delle evidenze e prospettive

Gran parte della letteratura disponibile è trasversale o di laboratorio; diversi studi includono giovani, amatori o atleti di altri sport. Definizioni di infortunio e misure di esposizione non sono uniformi, mentre sono pochi i lavori prospettici che seguono tennisti professionisti durante l'intera stagione. Anche le revisioni recenti confermano l'eterogeneità delle evidenze sui fattori di rischio e sulla prevenzione nel tennis di alto livello (*Amor-Salamanca et al., 2025*). Servono studi che combinino sorveglianza clinica standardizzata, dati sulla superficie e sulla scarpa, carico esterno, pressioni plantari, cinematica, forza e misure neuromuscolari. L'analisi dovrebbe cercare interazioni e cambiamenti individuali, non un unico fattore di rischio valido per tutti.

Conclusioni

Nel tennis il piede è un sistema adattativo inserito in un problema più ampio. Morfologia, controllo neuromuscolare, capacità dei tessuti, esposizione, calzatura e superficie concorrono a determinare il carico. La postura statica può orientare l'esame, ma non possiede da sola valore predittivo sufficiente. Le superfici modificano trazione, scivolamento, tempo di contatto e pressioni plantari, ma le differenze biomeccaniche non equivalgono a una relazione causale con una specifica diagnosi. La strategia più solida è integrare valutazione dinamica, monitoraggio dei sintomi e del carico, scelta ragionata della calzatura e adattamento progressivo ai cambi di superficie.

biblio

• Amor-Salamanca MS, Rodríguez-González EM, Rosselló D, et al. Risk factors and prevention of musculoskeletal injuries in adolescent and adult high-performance tennis players: a systematic review. Sports. 2025;13:336. • Bavdek R, Zdolšek A, Strojnik V, Dolenec A. Peroneal muscle activity during different types of walking. J Foot Ankle Res. 2018;11:50. • Buldt AK, Allan JJ, Landorf KB, Menz HB. The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: a systematic review. Gait Posture. 2018;62:56-67. • Burnie L, Chockalingam N, Holder A, et al. Testing protocols and measurement techniques when using pressure sensors for sport and health applications: a comparative review. Foot. 2024;59:102094. • Chow TH, Hsu CC. Elite tennis players experiencing high-arched supination and cuboids dropped foot syndromes in daily normal gait. Int J Environ Res Public Health. 2022;19:8897. • Coppola M, Sgadari A, Marasco D, et al. Treatment approaches for plantar fasciopathy in elite athletes: a scoping review. Orthop J Sports Med. 2022;10:23259671221136496. • Fu MC, Ellenbecker TS, Renström PA, Windler GS, Dines DM. Epidemiology of injuries in tennis players. Curr Rev Musculoskelet Med. 2018;11:1-5. • Girard O, Eicher F, Fourchet F, Micallef JP, Millet GP. Effects of the playing surface on plantar pressures and potential injuries in tennis. Br J Sports Med. 2007;41:733-738. • Girard O, Eicher F, Micallef JP, Millet GP. Plantar pressures in the tennis serve. J Sports Sci. 2010;28:873-880. • Imhauser CW, Siegler S, Abidi NA, Frankel DZ. The effect of posterior tibialis tendon dysfunction on plantar pressure characteristics and kinematics. Clin Biomech. 2004;19:161-169. • Kelly LA, Cresswell AG, Racinais S, Whiteley R, Lichtwark G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. J R Soc Interface. 2014;11:20131188. • Kovacs MS. Tennis physiology: training the competitive athlete. Sports Med. 2007;37:189-198. • Maquirriain J, Ghisi JP. The incidence and distribution of stress fractures in elite tennis players. Br J Sports Med. 2006;40:454-459. • Nigg BM, Wakeling JM. Impact forces and muscle tuning: a new paradigm. Exerc Sport Sci Rev. 2001;29:37-41. • Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. Gait Posture. 2009;29:582-586.