**09/02/2025**

# Running Injuries

Docenti: Cosimo Faniello; Ahmed Lahamar

Autori: Oronzo L. Revisore: Pizzi L.

L’obiettivo della lezione è:

* Definire la biomeccanica e la gait analysis della corsa
* Forze di reazione al suolo (GRF) nel cammino e corsa
* Analisi dettagliata delle variabili della corsa
* Gestione del runner infortunato
* Programma del ritorno alla corsa.

La corsa e i suoi benefici: l’attività cardiovascolare riduce il rischio di diabete di tipo 2, obesità malattie cardiovascolari e ha un effetto positivo sul metabolismo osseo come nell’osteoporosi. Riduce il rischio di artrosi, migliora il sonno e la salute mentale. Può arrivare a ridurre fino al 60%di tutte le cause di mortalità molto meglio anche di molti farmaci soprattutto in termini di effetti collaterali. Per finire favorisce la prevenzione di patologie muscoloscheletriche.

**Remind elementi chiave per la gait analysis**

* Cinetica: ramo della meccanica che studia le forze e i momenti che causano il movimento o lo stato di equilibrio di un corpo sia per le forze esterne applicate al corpo che per le forze interne generate dai muscoli e dai tessuti connettivi e come queste forze interagiscono per creare, sostenere o modificare il movimento.
* Cinematica: ramo della meccanica che descrive il movimento dei corpi senz considerare le cause che lo producono. Valuteremo velocità e accelerazione, traiettorie e spostamenti, angoli articolari e movimenti relativi tra segmenti del corpo.
* Variabili spaziotemporali: frequenza, lunghezza e larghezza del passo, tempo di contatto a suolo e di volo.

**Running gait analysis**

La running gait analysis è un metodo per analizzare la corsa suddividendo il ciclo della corsa in fasi e utilizzando strumenti avanzati per valutarne l’efficienza. In particolare, studia i movimenti umani analizzando le forze applicate sul terreno, il movimento del corpo come velocità, gli angoli articolari e le traiettorie; in contesti più specialistici permette di valutare anche l’attivazione muscolare che può essere monitorata con l’EMG durante le fasi del ciclo.

Il ciclo della corsa si divide in 3 fasi:Immagine che contiene Danza

Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto.

* Stance phase: fase di appoggio
* Swing phase: fase di oscillazione
* Float phase: fase di volo

**Stance phase**

La fase di appoggio copre circa il 40% del ciclo e si può suddividere a sua volta in 3 sottofasi:

* Initial contact: momento in cui il piede tocca il suolo
* Mid-stance: transizione del peso che avviene verso la metà della falcata
* Toe off: il piede lascia il terreno per iniziare la fase di oscillazione successiva

La fase di initial contact ha un ruolo importante nella corsa. In questa fase l’arto inferiore gioca un ruolo fondamentale per la distribuzione del carico che avviene attraverso una serie di strategie:

* Le strutture muscolari, tendinee e ossee dell’arto inferiore assorbono l’impatto
* Il piede si prona grazie alla sottoastragalica
* La fascia plantare si distendeassorbendo le forze di impatto
* Il ginocchio si flette e l’anca si muove per distribuire le forze lungo la catena cinetica
* Alla fine della fase di appoggio il piede supina per fornire una leva rigida utile alla propulsione

L’arto inferiore agisce come una singola unità funzionale che riesce ad ammortizzare il carico per poi restituirlo nella fase di spinta.

**Swing phase**

La fase di oscillazione comprende il 60% del ciclo della corsa e in questa fase il piede si prepara al contatto successivo (successivo initial contact) ed è essenziale per mantenere una cadenza efficace.

Abbiamo delle dinamiche muscolari da analizzare:

* Il retto femorale e il tibiale anteriore contribuiscono a spingere in avanti il piede
* Gli ischiocrurali e gli estensori dell’anca sono più attivi durante la fase terminale (subito precedente alla successiva initial contact) quando il piede si prepara a tornare al suolo. Gli ischiocrurali giocano un ruolo importante per controllare l’estensione di ginocchio alla fine dell’oscillazione con una contrazione eccentrica

**Float phase**

La float phase **è** la fase che differenzia la corsa dal cammino e in cui entrambi i piedi sono sollevati dal terreno. Per ogni ciclo troviamo 2 fasi di float una successiva al toe off e una precedente all’initial contact successivo. Immagine che contiene silhouette

Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto.Immagine che contiene testo, schermata, Carattere, numero

Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto.Immagine che contiene testo, schermata, Carattere

Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto.

**Forze di reazione al suolo (GRF)**

La GRF rappresenta la forza che il suolo esercita sul corpo durante il contatto del piede e risulta fondamentale per analizzare la differenza tra cammino e corsa.

Nel cammino essa ha un andamento bifasico con 2 picchi:

* Tallone impatta il suolo (heel strike)
* Spinta del piede (initial swing)

Nel cammino la sua intensità è di 1-1,2 volte il peso corporeo e il piede ha un contatto di un tempo maggiore col suolo che permette una distribuzione più uniforme delle forze nel tempo.

Nella corsa invece l’intensità è di 2-3 volte il peso corporeo. L'andamento della forza varia in base al tipo di appoggio del piede:

* **Rear foot Strike**: tipico di molti runner, presenta l’impact peak dovuto al contatto del tallone con il terreno, e questo comporta un tasso di caricamento più rapido con uno stress maggiore su ginocchio e retropiede
* **Forefoot strike**: corridore che ha tendenza ad approcciare il terreno con l’avampiede, si ha una riduzione dell’impact peak. Il lavoro eccentrico di caviglia e TA contribuisce maggiormente all’assorbimento delle forze, spostando parte del carico dalle articolazioni del ginocchio al piede e alla caviglia.

Immagine che contiene attrezzo per l'allenamento, Forma fisica, persona, articolazione

Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto. Immagine che contiene sport, attrezzo per l'allenamento, Forma fisica, attrezzature sportive

Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto.

In termini di fase di contatto con il suolo nella corsa questa è più breve rispetto al cammino con una concentrazione di forze in un tempo ridotto. Questo dettaglio rende la corsa biomeccanicamente più impegnativa ma ciò non vuol dire che sia pericolosa o dannosa o più stressante con un’accezione negativa.

Sarà importante una valutazione accurata per proporla al paziente in virtù di questo impegno maggiore.

Il cammino con GRF moderate e carico graduale sarà più adatto a programmi di riabilitazione iniziale, mentre la corsa va bene per fasi più avanzate in quanto richiede valutazione accurata delle forze in gioco a causa dei tassi di caricamento più elevati e al maggior rischio di lesioni come fratture da stress o tendinopatie.

Queste informazioni aiutano a guidare il trattamento di runner infortunati sia nell’adattamento del tipo di appoggio sia nella modifica delle variabili biomeccaniche per ridurre il rischio di recidive.

GRF si compone di 3 componenti principali:

* Componente verticale: la più grande durante la corsa, responsabile del maggior carico sulle articolazioni, maggiore in corridori con appoggio RFS e con un picco netto che aumenta il rischio di infortuni
* Componente anteroposteriore: fase di frenata durante l’impatto e la fase di propulsione (spinta in avanti). Un eccessivo momento frenante può aumentare il rischio di lesioni a ginocchia e caviglia
* Componente medio-laterale: stabilizza il corpo lateralmente durante il movimento ed è importante in terreni irregolari e cambi di direzioni

Tutto questo ha delle implicazioni biomeccaniche all’interno della corsa:

* Carico articolare: GRF elevate aumentano il carico sul ginocchio e sul femore favorendo l’insorgenza di patologie a carico del ginocchio. L’appoggio di avampiede riduce lo stress sul ginocchio ma aumenta il carico sul TA e sull’arco plantare predisponendo a tendinopatie e fascite plantare.
* Efficienza biomeccanica: il miglioramento della cadenza o della lunghezza passo può ridurre i picchi di GRF e migliorare l’efficienza favorendo una migliore economia di corsa
* Prevenzione degli infortuni: ridurre il tasso di caricamento verticale (loading rate) e distribuire meglio le forze durante la fase di stance è fondamentale per prevenire lesioni da sovraccarico.

In sintesi, la GRF svolge un ruolo cruciale nella biomeccanica della corsa, influenzando sia la performance che il rischio d’infortunio. Importante è capire la composizione della GRF (verticale, anteroposteriore e mediolaterale), le differenze tra il cammino e la corsa e le implicazioni biomeccaniche legate al tipo di appoggio e al tasso di caricamento.

Inoltre, modificare variabili come l’appoggio (RFS vs FFS), la cadenza e la lunghezza del passo può ridurre significativamente il carico articolare e migliorare l’efficienza del movimento, garantendo una maggiore gestione e prevenzione degli infortuni legati alla corsa.

**ANALISI VARIABILI DELLA CORSA**

L’analisi della corsa si basa su cadenza, velocità e lunghezza del passo, nonostante siano interconnesse possono essere regolabili indipendentemente l’una dall’altra per ottimizzare la performance e ridurre il rischio degli infortuni. Approfondire quindi le relazioni tra le variabili permette di gestire il training e prevenire le lesioni.

**Cadenza**

La **cadenza** rappresenta il numero di passi effettuati al minuto ed è una delle variabili più facilmente modificabile.

Esistono dei valori tipici in base alla popolazione; troviamo nei runner ricreativi una cadenza compresa tra 150 e 170 step al min, mentre negli atleti d’élite si stabilizza sui 180.

In termini di implicazioni biomeccaniche l’aumento della cadenza mantenendo costante la velocità induce una minor lunghezza del passo e una riduzione del tempo di contatto con il suolo. Tutto questo si traduce in una diminuzione delle forze d’impatto e dello stress sulle articolazioni, in particolare su ginocchia e anche, favorendo la prevenzione di lesioni da sovraccarico.

In letteratura troviamo modifiche in termini di cadenza eseguibili in un range sicuro. Infatti, aumentare la cadenza di 10-15 % rispetto alla baseline è un range sicuro che permette di ridurre il carico articolare biomeccanico senza perdere la performance.

**Velocità**

La **velocità** è definita come il prodotto tra cadenza e lunghezza del passo.

Essa presenta una relazione con la cadenza e la lunghezza del passo: la velocità può essere aumentata sia incrementando la cadenza, sia allungando il passo, o una combinazione delle due. L'aumento della velocità, inoltre, non comporta per forza un aumento proporzionale della cadenza e questo rafforza il concetto di indipendenza tra le variabili.

In termini di implicazioni biomeccaniche una maggiore velocità implica un incremento delle forze di reazione al suolo e del tasso di caricamento, aumentando il rischio di infortuni, e quindi, come abbiamo detto per la cadenza, anche qui è importante controllare gradualmente la velocità per limitare il sovraccarico.

**Lunghezza del passo**

La **lunghezza del passo** è definita come la distanza percorsa tra due appoggi successivi dello stesso piede.

Nella lunghezza del passo è importante parlarne degli effetti dell’overstride, ovvero di un'eccessiva lunghezza del passo che viene al di fuori del baricentro e che comporta aumento del momento frenante e quindi anche un aumento delle forze di impatto verticali con una maggior sollecitazione su tibia, ginocchio e bacino, condizione a scopo preventivo che è cruciale evitare.

A livello biomeccanico una riduzione della lunghezza del passo, combinata con un incremento della cadenza è associata ad una migliore distribuzione delle forze e ad una riduzione del tasso di caricamento verticale. L’evitamento dell’overstriding è cruciale per migliorare l’efficienza della corsa e prevenire lesioni da sovraccarico.

**Indipendenza tra le variabili**

Un aspetto fondamentale della biomeccanica è che queste tre variabili possano essere regolate indipendentemente.

Tra **cadenza e velocità** la velocità non dipende solo dalla cadenza, ma ad esempio un runner può aumentare la velocità mantenendo costante la cadenza e incrementando solo la lunghezza del passo.

Tra la **lunghezza del passo e la cadenza** un aumento della cadenza è solitamente associato ad una riduzione della lunghezza del passo ma entrambe le variabili possono essere modificate separatamente in base agli obiettivi del training.

Tra **velocità e lunghezza del passo** incrementi di velocità possono essere ottenuti senza modificare in modo significativo la lunghezza del passo e ciò dimostra che queste variabili sono solo parzialmente interdipendenti.

**Range di sicurezza di prevenzione**

Le ricerche suggeriscono che rispettare un range di sicurezza per ogni variabile biomeccanica riduce il rischio di lesioni e migliora la biomeccanica.

Per la cadenza incrementi graduali del 5-10% rispetto alla baseline sono sicuri ed efficaci per ridurre il carico.

Per la lunghezza del passo una ottimale e calibrata sulla biomeccanica individuale evita l’overstriding e riduce il momento frenante individuale.

Per la velocità Incrementi settimanali sotto al 10% del volume di corsa sono associati ad una riduzione delle lesioni da sovraccarico.

Le variabili sono strettamente correlate tra di loro ma possono essere regolabili indipendentemente l’una dall’altra.

Questa flessibilità consente un approccio personalizzato per ottimizzare la performance, prevenire infortuni e favorire il recupero.

Adattare un range di sicurezza per ciascuna variabile basato sulle evidenze scientifiche permette di ridurre lo stress biomeccanico e migliorare l’efficienza complessiva del movimento rendendo la corsa un’attività più sicura ed efficace.

**GESTIONE DEL RUNNER INFORTUNATO**

**Valutazione del runner**

Bisogna considerare che si sta trattando un atleta con esigenze specifiche e peculiarità biomeccaniche. L’obiettivo non sarà solo eliminare l’infortunio ma anche prevenire problemi futuri e ottimizzare la performance.

Il paziente sarà valutato come al solito tramite anamnesi e raccolta dati, esame obiettivo e in questo caso anche running analysis. Nell’anamnesi andremo a ricercare:

* Modalità di allenamento: frequenza, intensità, durata e tipologia delle sessioni
* Storia clinica: infortuni pregressi e attuali legati agli arti inferiori
* Obiettivi: individuare se la corsa ha un fine agonistico o è solo un divertimento o un mezzo per migliorare la propria salute

Ogni runner è diverso e quindi le informazioni che ci offre sono preziose.

Esame obiettivo: è una fase importante in cui colleghiamo ciò che il paziente ci ha raccontato con quello che possiamo osservare. È importante integrare con una valutazione dinamica.

Running analysis: parte cruciale della valutazione e ci permette di analizzare come il paziente corre e di individuare fattori che possono causare infortunio o limitare la performance. Si può fare questa valutazione in studio con tapis-roulant o in strada.

Valutiamo nell’analisi della corsa:

* Forza d’impatto al suolo: ogni passo produce una forza reattiva al suolo GRF che può arrivare a tre volte il peso corporeo. Studi recenti dimostrano che un’elevata velocità di questa forza (vertical loading rate, VLR) potrebbe essere correlata agli infortuni
* Cadenza: il numero di passi al minuto è fondamentale. Una cadenza troppo bassa è associata ad una maggior lunghezza del passo e a forze di frenata più alte con rischio di infortuni. La letteratura dice che l’ideale sia tra i 170 e 190 passi al minuto per atleti avanzati, mentre per i runner amatoriali possono oscillare tra i 145 e i 165
* Calzature: ruolo significativo nella biomeccanica della corsa. Le scarpe minimaliste tendono ad aumentare la cadenza e ridurre le forze di impatto, mentre quelle massimaliste possono aumentare il rischio di sovraccarico in determinate aree
* Comportamenti di moderazione dell’impatto: osserviamo la lunghezza del passo, appoggio del piede e se tende ad un overstride (appoggio troppo lontano dal centro di gravità

**Gestione del runner infortunato**

Si basa sul modello tra carico e capacità di carico, che indica un equilibrio dinamico tra lo stress imposto al corpo e la capacità dei tessuti di sopportarlo. Questo modello guida l’approccio terapeutico per la prevenzione e gestione degli infortuni mediante la modulazione e l’incremento graduale della tolleranza dei tessuti. Quando il carico supera la capacità adattativa dei tessuti è possibile che si verifichi una lesione da sovraccarico e quindi per gestirlo possiamo avere un approccio che parta da una riduzione del carico sui tessuti lesionati, per poi incrementarlo progressivamente la capacità dei tessuti di tollerare carichi maggiori ed infine correggere le inefficienze biomeccaniche migliorando la distribuzione delle forze.

In quest’ottica si può proporre:

1. **Modifica stile di corsa e GRF**: le GRF hanno un ruolo fondamentale nella biomeccanica della corsa.

Un appoggio di tallone porta Rear Foot Strike genera forze verticali di impatto più elevate con aumento del carico sul ginocchio e il rischio di fratture da stress e sindrome femoro-rotulea.

Un appoggio Mid Foot/ Fore Foot Strike riduce l’impatto verticale e distribuisce il carico sul piede e caviglia, ma aumenta lo stress sul tendine d’Achille e sui muscoli del polpaccio.

Una transizione dal primo al secondo appoggio è utile per ridurre il carico e migliorare l’efficienza biomeccanica ma deve essere sempre associata ad un programma di adattamento per evitare sovraccarichi sui tessuti non abituati al nuovo pattern

1. **Retraining della corsa** può essere messo in atto con diverse strategie

Biofeedback in tempo reale: accelerometri, specchi e analisi video aiutano a correggere lo stile in tempo reale migliorando l’allineamento articolare e riducendo l’impatto verticale.

Incremento della cadenza: aumentare la cadenza del 5-10% riduce la lunghezza del passo riducendo le forze frenanti e il carico sul ginocchio.

Correzione del foot-strike: passare da RFS a FFS richiede un rinforzo specifico dei muscoli e dei tendini coinvolti nel nuovo pattern di carico.

1. **Distribuzione dele forze su ginocchio e piede**: importante distribuire meglio le forze per ridurre quelle di impatto.

Sul ginocchiol’appoggio di tallone aumenta il momento estensorio aumentando lo stress sull’articolazione; aumentare la flessione in corrispondenza del contatto iniziale può ridurre significativamente questo carico.

Sul piede un appoggio anteriore sull’avampiede redistribuisce le forze su caviglia e arco plantare, riducendo lo stress sul ginocchio ma aumentando il carico sul tendine d’Achille.

Per la transizione da un appoggio all’altro come già detto sarà necessaria una proposta graduale.

**Esempio pratico: runner con tendinopatia achillea**

In caso di questo paziente l’obiettivo iniziale sarà ridurre i sintomi e il carico sul tendine. Per fare ciò un approccio attuabile sarà proporre un aumento graduale della cadenza, ET specifico per aumentare capacità di carico e migliorare i sintomi, eventuale utilizzo di plantare se risulta essere efficace su questo tipo di paziente.

Successivamente, se presente, si può proporre il cambio di un pattern di corsa, passando ad un sovraccarico diverso in relazione all’utilizzo di un appoggio di avampiede e non più retropiede. Si potrà fare quindi un retraining della corsa con feedback esterni per eliminare l’eventuale overstriding e correggere disallineamenti articolari che potrebbero aumentare l’impatto verticale o quello col suolo.

Infine, l'uso progressivo di una calzatura. Bisogna tener conto che quando vado a cambiare la calzatura del paziente possiamo pensare a mettere in atto un programma di adattamento perché potrebbe essere anche controproducente. L’obiettivo di questa scelta potrebbe essere quello di ridurre il carico sul ginocchio e migliorare funzionalità del piede.

In conclusione, possiamo dire che:

* La gestione del runner infortunato richiede un approccio personalizzato che integri modifiche biomeccaniche e della GRF, retraining e distribuzione delle forze.
* Interventi graduali e mirati possono ridurre il carico sui tessuti lesionati, migliorare l’efficienza biomeccanica e prevenire recidive.
* L’utilizzo di strumenti avanzati come il biofeedback e l’analisi video offre opportunità per supportare il recupero e ottimizzare la performance del runner, promuovendo un ritorno alla corsa sicuro ed efficace.

**PROGRAMMA DI RITORNO ALLA CORSA**

Il ritorno alla corsa dopo un infortunio o periodo di inattività è una fase cruciale per i runner che richiede attenzione e un approccio strutturato. Questo approccio richiede un bilanciamento di un carico sui tessuti in base alla loro tolleranza evitando sovraccarichi di recidive.

In termini di letteratura l’approccio più proposto abbraccia un ritorno graduale alla corsa alternando fasi di corsa e camminata.

Viene proposto il **10 week walk jog run program** (a sinistra) o uno simile che però si basa su **8 settimane** (a destra). L’obiettivo dei programmi è riportare in modo progressivo il runner all’attività abituale.

Il programma inizia con brevi sessioni di corsa alternata a camminata, ad esempio la prima settimana si corre per un minuto, seguito da due minuti di camminata, ripetendo il ciclo per 30 min.

Poi ogni settimana il tempo dedicato alla corsa aumenta, mentre quello delle pause di camminata le viene gradualmente ridotto fino ad arrivare a una corsa di 30 minuti continua. Immagine che contiene testo, schermata, numero, linea

Il contenuto generato dall'IA potrebbe non essere corretto.

Questo programma risulta efficace perché la progressione proposta è graduale ed evita il sovraccarico improvviso che spesso è causa di recidive nei runner. In questo caso invece, muscoli, tendini e articolazioni hanno il tempo di adattarsi ai carichi crescenti. Riducendo il rischio di infortuni.

Gli articoli sottolineano che questo metodo è particolarmente efficace soprattutto nei runner con lunghi periodi di inattività o in presenza di infortuni cronici come fascite plantare o tendinopatie.

Inoltre, è dimostrato che questo programma garantisce una reintegrazione sicura all'attività senza un aumento significativo delle recidive soprattutto nei runner non professionisti e negli atleti ricreativi.

Gli obiettivi generali del programma saranno:

* Dare indicazioni sulla gestione della corsa:
* Svolgere un’attivazione funzionale per il warm-up come camminata, jogging progressivo, stretching dinamico funzionale)
* Monitoraggio del dolore e/o altri sintomi
* Come e se progredire nell’allenamento

È importante inoltre incentivare la self-efficacy e la responsabilizzazione del paziente tramite educazione, favorendo un ottimale gestione degli eventuali flare-up che il paziente si può trovare a dover affrontare.

Questo programma, tuttavia, non è applicabile nella gran parte dei casi in cui si tratta un runner perché i programmi trovati in letteratura necessitano sempre di aggiustamenti in base al paziente che abbiamo di fronte. Essi si applicano bene ad una persona che non ha mai corso o che appunto, come detto viene da periodi prolungati di inattività. Un runner, infatti, difficilmente starà dietro ad una progressione di questo tipo in virtù del proprio livello di allenamento abituale (magari 35 km di corsa per sessione).

In letteratura ci sono anche altri metodi come il Pos method (???) basato su modifiche della biomeccanica della corsa.

Esistono quindi diverse strategie da mettere in atto sul paziente che però anche se presentate in letteratura si discostano un po’ dalla clinica e che quindi dovranno essere adattate al paziente.

Non aspettiamoci che i pazienti rispondano sempre in maniera matematica agli interventi proposti.

La migliore strategia è quella che mi riduce più il sintomo, quella che il paziente riesce a fare meglio e quella più ergonomica, che non vada troppo ad impattare sulla modalità di corsa del paziente.

Il tipo di corsa è differente da persona a persona e il problema del nostro paziente è differente ed ha una differente evoluzione; perciò, può darsi che la nostra prima strategia possa evolversi nel tempo.

In conclusione, il runner è sempre un paziente che quindi deve essere preso in carico a 360° tenendo conto di:

* Educazione
* Pain modulation tramite il pain monitoring model
* Load management
* Load progression
* Functional strengthening