

REPORT DI ANALISI DELLA CORSA: LETTURA DEI DATI

La prima pagina del report fornisce una panoramica della performance di corsa dell'atleta in analisi. Mostra la percentuale di asimmetria tra i due arti e la variabilità dei principali parametri di interesse: tempo di contatto e di volo, cadenza, picco d'impatto e carico verticale. Per approfondire la biomeccanica della corsa, le altre pagine riportano i dettagli di ogni singolo parametro.

ASIMMETRIA

Gli infortuni sono comuni sia nei corridori d'élite che negli amatoriali. Data la natura unilaterale di molti di essi, l'asimmetria nella corsa può essere una causa primaria poiché le azioni compensatorie associate potrebbero esercitare carichi eccessivi sulle articolazioni e sulle ossa. Inoltre, **le asimmetrie possono essere un indicatore precoce di rischio di infortunio: pur accettando come normale un minimo livello di asimmetria (<5%) identificare le differenze negli arti durante la corsa può facilitare una più efficace individuazione e/o gestione di lesioni** (Zifchock et al, 2008). La relazione tra asimmetria e rischio di infortunio potrebbe essere influenzata dalla velocità di corsa: la simmetria può essere migliorata aumentandola. Tuttavia, allenatori e atleti interessati a ridurre al minimo la differenza tra gli arti dovrebbero considerare che un regime di allenamento mirato a correggere l'asimmetria può temporaneamente influire negativamente sulla performance di corsa, influenzando i movimenti compensatori che un atleta di solito esegue (Carpes et al, 2010).

Nella prima pagina del report, l'asimmetria è rappresentata con un istogramma che confronta i valori sinistro e destro dei parametri. Il valore numerico è la differenza percentuale tra sinistra e destra (un valore negativo significa che il parametro dell'arto destro è maggiore di quello del sinistro e viceversa). Nelle pagine interne, l'asimmetria è rappresentata mediante una barra colorata: valori lontani dal centro, nella zona rossa, indicano che il parametro deve essere tenuto sotto controllo. Uno studio interessante ha rivelato che una piccola asimmetria nella corsa potrebbe non essere una cosa anormale o negativa (Hanley e Tucker, 2018), ma è importante rimanere vigili in caso di valori elevati. **Un grande aumento del valore di asimmetria superiore al 5-10%, può indicare difficoltà nel controllo dell'equilibrio dinamico, differenze nella forza muscolare, nella flessibilità e una diminuzione dell'economia della corsa.**

VARIABILITÀ

La variabilità della corsa può essere considerata come il costo (l'impegno) neuromuscolare necessario per l'applicazione di uno specifico modello di movimento. Gli studi suggeriscono che i corridori esperti hanno ridotta variabilità nel movimento allenato grazie ad una migliore organizzazione spazio-temporale del modello di corsa (Nakayama et al, 2009). **Ciò può indicare una inversa correlazione fra la variabilità l'economicità del gesto.** Matematicamente, la variabilità è rappresentata dal coefficiente di variazione, ovvero il rapporto tra la deviazione standard e il valore medio del parametro a cui è riferito. Un aumento di questo valore (oltre il 5-10%) richiede un'indagine approfondita sulle cause e deve essere tenuto sotto controllo.

Nella prima pagina del report **la variabilità è rappresentata utilizzando un grafico a ciambella** con colori differenti a seconda del suo valore assoluto:

- **0 - 5%, normalità, verde;**
- **6-10%, leggermente fuori norma, arancione;**
- **>11%, non normale, rosso.**

All'interno del report vengono utilizzati degli asterischi per evidenziare grandi valori di variabilità.

CADENZA

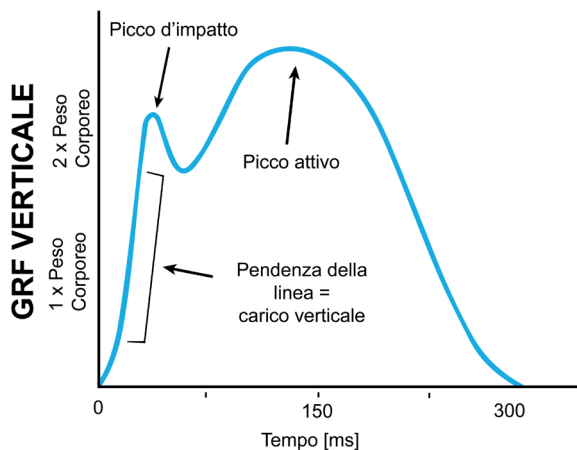
180 passi al minuto sono stati a lungo considerati la cadenza ideale per la corsa. Questo numero deriva dalle osservazioni dei corridori professionisti che gareggiavano alle Olimpiadi del 1984, ma ricerche più recenti hanno dimostrato che i tassi di cadenza variano notevolmente a seconda della velocità e della tecnica dei corridori. Tuttavia, **è stato dimostrato che aumentare la cadenza a velocità costante (o implementare un intervento che porti a questo) riduce l'entità delle variabili di carico che sono state associate alle fratture da stress** (Sato & Nakazawa, 2012). Inoltre, l'aumento della cadenza può comportare una diminu-

zione della distanza di impatto del tallone, una diminuzione del picco della forza di reazione verticale al suolo e una diminuzione degli angoli di adduzione dell'anca e di flessione dell'anca e ginocchio (Heiderscheit et al, 2011). Questi cambiamenti vanno nella direzione opposta rispetto alla meccanica associata alla sindrome del dolore femoro-rotuleo, alla sindrome della banda ileotibiale e alle fratture tibiali da stress (Hafer et al, 2015). Aumentare la cadenza di corsa è un intervento che i corridori possono implementare facilmente.

Nella prima pagina del report la cadenza è rappresentata da un istogramma a tre colori:

- **> 170 passi/minuto, buon livello, verde;**
- **140 - 170, livello medio, arancione;**
- **< 140, livello basso, rosso.**

ACCELERAZIONI D'IMPATTO DURANTE LA CORSA (SOLO CON GYKO)



La forza di reazione al suolo (GRF) è la forza che agisce su un corpo come risposta al suo appoggiarsi o colpire il suolo. La sua misurazione richiede l'uso di un dispositivo per la rilevazione della forza, in genere una piattaforma di forza. GRF è un vettore di forza costituito da tre componenti, una verticale e due di taglio. Quando si studia la biomeccanica della corsa, la componente verticale è spesso considerata la più importante. Essa di solito mostra due picchi: un picco iniziale indicato come picco d'impatto e un secondo picco indicato come picco attivo (vedere la figura sopra).

Il picco all'impatto è un picco ad alta frequenza e generalmente si verifica tra i 5 e i 30 ms dopo il contatto del piede con il suolo. La sua entità aumenta all'aumentare della velocità di marcia; è più piccolo per i runner che poggiano sull'avampiede rispetto a coloro che atterrano sul tallone e si verifica prima nella fase di supporto quando si indossa una scarpa rispetto a quando si corre a piedi nudi e con scarpe a suola rigida rispetto a quelle con suola morbida. Per un corridore che poggia di avampiede, il picco dell'impatto è generalmente meno evidente nel grafico forza-tempo rispetto a chi poggia di tallone, sebbene possa ancora essere presente. Il picco attivo è un picco a bassa frequenza che generalmente si verifica nel mezzo della fase di supporto. Questo picco è generato da movimenti controllati dall'attività muscolare. L'entità e il tempo in cui si verifica non sono tipicamente influenzati dalle calzature, ma principalmente dalla velocità di corsa (Joseph Hamill, 1996). Un altro parametro chiave è la velocità di caricamento iniziale della componente verticale della GRF. Questo parametro, chiamato anche carico verticale, è essenzialmente la pendenza della linea che va dal contatto iniziale al picco dell'impatto (in pratica, è misurato nella regione dal 20-80% tra questi punti). La velocità di carico rappresenta semplicemente la velocità con cui viene applicato il picco d'impatto: una pendenza più ripida significa una collisione più rapida. Una pendenza più dolce indica che l'applicazione della forza durante l'impatto è distribuita su un periodo di tempo più lungo. Se un soggetto corre con uno stile tallone-punta, mettere una soletta morbida sotto il tallone ne rallenterebbe l'impatto e ridurrebbe la velocità di carico distribuendo la forza su un periodo di tempo più lungo. Questo comporterebbe un beneficio per il calcagno, ed è anche la spiegazione del perché i corridori a piedi nudi tendono ad evitare l'appoggio di tallone, in particolare su superfici dure: il naturale cuscinetto adiposo lì presente non fornisce una protezione

sufficiente per assorbire l'impatto durante la corsa. Il carico verticale è interessante perché alcuni studi hanno suggerito che valori più elevati sono correlati a lesioni come fratture da stress degli arti inferiori (Zadpoor e Nikooyan, 2011). La diminuzione del suo valore potrebbe quindi contribuire a ridurre lo stress sulle ossa del piede e quindi il rischio di lesioni. Nella prima pagina del report, l'asimmetria del picco di impatto e del carico verticale è mostrata con un istogramma (come spiegato sopra nella sezione asimmetria). **Questi valori sono calcolati utilizzando l'accelerazione misurata dal Gyko (e sono infatti espressi in g) quindi non sono direttamente confrontabili con i valori che sarebbero misurati utilizzando una piattaforma di forza.** L'andamento della due differenti curve (accelerazione e forza) presenteranno caratteristiche solamente correlabili: le personali strategie di ammortizzamento attuate ai diversi livelli articolari (caviglia, anca, ginocchio) determinano infatti una non diretta corrispondenza. All'interno del report, una pagina è totalmente dedicata allo studio dell'accelerazione verticale e riporta i parametri più interessanti.

PARAMETRI TEMPORALI: TEMPI DI VOLO E DI CONTATTO

Il report mostra i valori medi dei tempi di contatto e di volo, la loro variabilità e il livello di asimmetria tra le due gambe. Il tempo di contatto (TC) può essere definito come il periodo di tempo che intercorre da quando la prima parte del piede tocca il suolo a quando l'ultima parte del piede si stacca da terra. Qui inizia il tempo di volo che termina quando il piede contro-laterale tocca il suolo. **Esiste una forte relazione inversa tra velocità di marcia e TC: all'aumentare della velocità di marcia, TC diminuisce.** Gli studi dimostrano che **TC è correlato sia all'efficienza che alla velocità massima di corsa nei corridori di distanza d'élite: gli atleti con un TC più breve usano meno energia e possono correre più velocemente di quelli con TC più lunghi** (Chapman et al 2007). **TC influenza anche importanti fattori biomeccanici associati a determinati tipi di lesioni da corsa.** Più lungo è TC, più tempo ha il ginocchio per piegarsi e collassare verso l'interno (ovvero maggiore flessione e valgizzazione del ginocchio). Le esagerazioni in ciascuno di questi schemi biomeccanici possono contribuire, tra le altre cose, ai sintomi della sindrome del "ginocchio del corridore" e della banda ileotibiale (ITB). Per i corridori che soffrono di infortuni ricorrenti, TC è una metrica che potrebbe offrire grandi informazioni per affrontarli e prevenirli. **Il TC di un corridore di resistenza d'élite è solitamente inferiore a 200 millisecondi.** In generale, anche ad una cadenza amatoriale di 6min/km dovrebbe essere inferiore a 300 ms.

PARAMETRI TEMPORALI: DETTAGLIO DEL CONTATTO

Il tempo di contatto può essere ulteriormente suddiviso in tre sotto-fasi: fase di presa contatto (FC), fase di stabilizzazione (FS) e fase propulsiva (FP). Gli obiettivi di ogni fase sono simili a quelli dell'andatura: nella FC assorbimento degli urti, stabilizzazione dell'arto e conservazione della progressione del corpo; in FS progressione del corpo sopra il piede mantenendo la stabilità, in FP propulsione in avanti e spinta bilanciata per la fase di volo. In FP la forza viene applicata dagli arti inferiori al suolo per ottenere lo spostamento orizzontale in avanti ed è quindi considerata la più importante nella corsa. Analizzare la durata di FC, FS e FP può aiutare a capire come viene utilizzato il contatto per individuare ad esempio se il soggetto richiede più tempo del normale per raggiungere la stabilità. Grandi valori di variabilità o asimmetria in TC possono quindi essere spiegati esaminando in dettaglio ciascuna sotto-fase.

PARAMETRI SPAZIALI

Lunghezza di passo e semipasso sono tra i principali parametri di interesse nella corsa. Il passo comprende due semipassi, il sinistro e il destro. La lunghezza del passo è quindi teoricamente (in un modello biomeccanico ideale) il doppio della lunghezza del semipasso, o in altre parole, la lunghezza del passo è la distanza percorsa tra il contatto iniziale (CI) di un piede e il CI consecutivo dello stesso piede. La lunghezza dello step, d'altra parte, è la distanza percorsa tra il CI di un piede e il CI del piede opposto. **Aumentare la lunghezza dello stride può essere un modo per aumentare la velocità della corsa perché allo stesso tempo la distanza percorsa è maggiore.** Tuttavia, cercare di aumentare questo parametro non significa solo "cercare di allungare e andare oltre" e deve essere fatto con attenzione evitando situazioni di over-

striding. Far atterrare il piede davanti al corpo (centro di massa) può infatti agire da freno, soprattutto in presenza di ginocchio e tallone bloccati. Inoltre, può causare lesioni. Le lunghezze di passo destro sinistro possono invece mostrare se ci sono differenze nel comportamento dei due arti che potrebbero essere un campanello d'allarme di un problema.

ANGOLO DI STRIDE E ALTEZZA

L'altezza rappresenta l'oscillazione teorica verticale del baricentro durante la corsa. Durante questa attività tutta l'energia dissipata nei movimenti verticali non viene utilizzata per la propulsione in avanti e quindi è sprecata. Ciò influenza le prestazioni e l'economia della corsa. **È quindi importante mantenere questo valore il più basso possibile** (Isabel S. Moore, 2016). Poiché durante l'accelerazione degli arti è attiva la maggior parte dei muscoli degli arti inferiori, anche i parametri relativi alla fase di swing sono importanti. Una di queste variabili è l'angolo di falcata definito come l'angolo tra la tangente teorica della parabola tracciata dal contatto di un piede al successivo contatto dello stesso piede e il suolo. **L'angolo di falcata è correlato negativamente con l'economia di corsa ad ogni velocità. Ciò significa che è importante mantenere un angolo più basso per avere un efficace trasferimento di energia durante il tempo di contatto.** Inoltre, **angoli di falcata più ripidi causano forze verticali maggiori** e quindi i loro valori angolari possono essere utilizzati come indicatori in assenza di piattaforme di forza (Concejero et al, 2014).

VELOCITÀ

Le velocità media di corsa dipende da una serie di fattori. Questi includono l'attuale livello di forma fisica e genetica. Conoscere la velocità di corsa è importante per programmare l'allenamento in base all'obiettivo della stagione: correre una 10K, una maratona e così via, ma va ricordato che la velocità è fortemente influenzata dal genere e dalle condizioni ambientali. Infine, questo valore aiuta a tenere traccia dei miglioramenti nel tempo. Chiaramente se lavoriamo su treadmill, tale valore deve essere interpretato come la capacità neuromuscolare di gestire una corsa in tale condizione.

IMPATTO DURANTE IL TEMPO DI CONTATTO

Questa pagina del report è dedicata allo studio della componente verticale dell'accelerazione il cui andamento è rappresentato in un grafico per entrambi gli arti. L'entità dell'impatto e il picco attivo delle accelerazioni sono riportati insieme al tempo necessario per raggiungere questi valori e al carico verticale.

Altri parametri interessanti sono il duty factor e la rigidità verticale (vertical stiffness). Come indicato sopra, un TC più breve può essere associato ad una migliore economia della corsa. Tuttavia, TC varia leggermente in base alla velocità, rendendo più difficile una corretta interpretazione. Il duty factor, d'altra parte, è la percentuale del tempo totale tra step o stride in cui il piede è a contatto con terreno. In quanto tale, dipende in qualche modo meno dalla velocità di marcia effettiva. I valori per il duty factor possono variare dal 50% al 90%, ma in genere sono compresi nell'intervallo che va dal 60% al 80%. Camminare o correre possono essere modellati in modo abbastanza accurato come una serie di rimbalzi o salti in avanti, durante i quali le gambe agiscono come molle che vengono alternativamente compresse all'atterraggio e rilasciate al decollo. La rigidità verticale rappresenta la costante di elasticità di questa ipotetica molla che consente un significativo riciclo di energia, riducendo così il costo energetico metabolico della corsa ad una data velocità o, in alternativa, aumentando la velocità di corsa per un dato tasso metabolico.

Questa costante è quindi correlata all'economia di marcia.

CONTROLLO POSTURALE

Quando si utilizza Gyko è possibile ottenere anche alcune informazioni sul controllo posturale dinamico. Il report fornisce un'indicazione di **quale strategia viene utilizzata per mantenere l'equilibrio**. Inoltre, i valori numerici descrivono il movimento del tronco (area e ampiezza dei movimenti). Questi parametri sono importanti per discriminare la presenza di movimenti compensatori della parte superiore del corpo durante la corsa.