

## LA BIOMECCANICA DELLA PEDALATA

Dopo aver posizionato i piedi sui pedali a sgancio rapido in modo corretto rispettando la morfologia e la postura degli arti inferiori, è possibile analizzare l'azione di rotazione bilaterale dei piedi, principale motore meccanico del mezzo. La pedalata moderna è un sistema armonioso risultante dell'azione della catena cinetica muscolare. Da ciò deriva il notevole rendimento del ciclista rispetto al podista e al motore a scoppio. Tradizionalmente, si riteneva che la pedalata fosse composta da due fasi attive: spinta-appoggio anteriore, trazione posteriore e due fasi di passaggio denominate punto morto inferiore (PMI) e superiore (PMS), prive di azione muscolare.

L'avampiede, fissato al pedale con gli appositi attacchi, definisce con la sua rivoluzione le fasi della pedalata su  $360^\circ$ . Il ciclismo, a differenza di molti altri sport, rappresenta un perfetto esempio di catena cinetica chiusa. Ciò è dovuto al fatto che il piede, il bacino e le mani sono praticamente fissi ed i segmenti corporei devono muoversi attorno a questi punti. Si identificano così 4 diagrammi (fig. 31), espressione dei movimenti: A) dell'asse del pedale; B) della caviglia; C) del ginocchio; D) della testa femorale (articolazione femore-bacino).

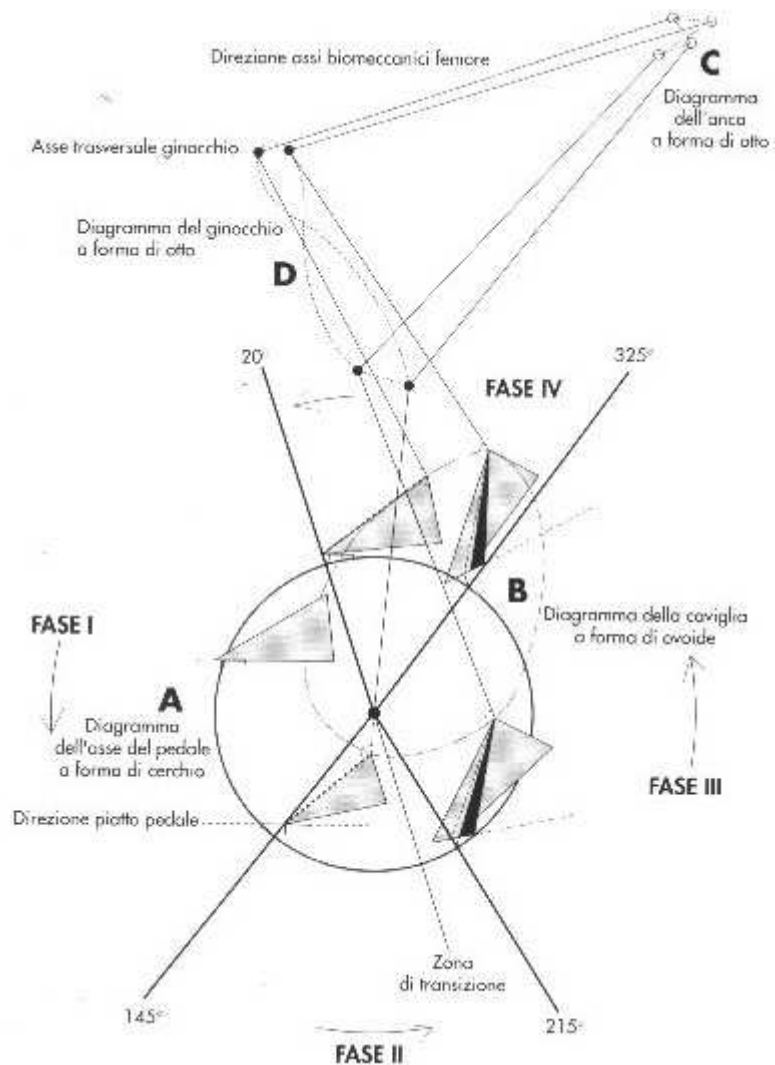


fig. 31

Le quattro fasi della pedalata

### Diagramma A

E' un cerchi perfetto descritto dall'asse del pedale con una pedivella di 170 mm.

### Diagramma B

E' definito dall'asse biomeccanico della caviglia. Ha forma di uovo con la punta rivolta in basso o in altro a seconda della statura della statura dell'atleta e del suo stile di pedalata. Questo ovoide è variabile nei filmati esaminati in relazione alle diverse fasi di corsa (salita, falso piano, ecc.).

### Diagramma C

Disegna un otto intero. La sua forma varia da soggetto a soggetto ed esprime il movimento dell'asse biomeccanico del ginocchio passante per i condili femorali. Finora si riteneva che il ginocchio fosse come un pistone che si muoveva su uno stesso asse; invece le varie geometrie che disegna vanno da un ovoide schiacciato ad un triangolo allungato o ad un otto come raffigurato nello schema.

### Diagramma D

Rappresenta il movimento apparente del gran trocantere femorale a forma di otto insaccato.

## **Le quattro fasi della pedalata.**

### Fase I:

Essa va da  $20^\circ$ , cioè dalla verticale (ex PMS), A  $145^\circ$  circa. Il piano d'appoggio del pedale è orizzontale. Questa fase è comunemente denominata fase di spinta o di estensione dell'arto inferiore. La posizione orizzontale del pedale durante tutta questa fase permette una trasmissione ottimale delle forze sul perno pedale, fulcro di movimento della pedivella. Il punto di massima spinta del piede corrisponde al centro della prima testa metatarsale. Per ottenere un buon colpo di pedale e evitare problemi muscolari e tendinei è opportuno che la tacchetta sia regolata in modo che questo punto ed il centro dell'asse del pedale siano sulla linea verticale che interseca il piano orizzontale del pedale (fig. 32). Più il punto d'appoggio all'interno della calzatura è lontano dall'asse del pedale (cioè obliquo rispetto ad esso) più grande è la perdita d'energia meccanica alle normali frequenze di pedalata/minuto (RPM) cioè fra 70 e 100.

Si ritiene che questo sia il punto fondamentale per un posizionamento corretto sulla bicicletta. Nella mia pratica clinica per ottenere un buon colpo di pedale, cioè per mantenere orizzontale il pedale durante tutta la fase 1 di spinta, regolo in particolare l'arretramento sella (distanza dalla verticale sul movimento centrale alla punta della sella; fig. 33) che si comporta come una specie di ago di bilancia che regola indirettamente ginocchio e piede. L'arretramento della sella è così la chiave principale

(definiti in precedenza altezza sella e posizione di tacchetta) per ottimizzare il rendimento della fase 1 di cui si trasferisce il 65% di tutta la forza muscolare espressa durante un ciclo di pedalata.

Il pedale orizzontale in fase 1 non è solo sinonimo di miglior rendimento ma garantisce la dinamica meno traumatica per l'apparato osteo-muscolare dell'arto inferiore. Ho osservato che posizioni diverse da questa come ad esempio quella di punta (pedale obliquo in avanti) favoriscono le patologie dell'apparato muscolo-tendineo estensore (tendinite rotulea, stiramento dei muscoli vasto laterale e retto anteriore), mentre in presenza del crollo del tallone (pedale obliquo all'indietro) sono i muscoli gemelli (gastrocnemio e soleo), ischio -crurali (bicipite femorale. Semimembranoso, semitendinoso) ed il tendine del bicipite femorale a soffrire maggiormente. Queste particolari dinamiche del piede sono causate da errato posizionamento della sella (in altezza e arretramento) o dalla tacchetta (metatarso arretrato o avanzato rispetto al perno pedale).

## Fase II

Va da 145° a 215° ed è caratterizzata da due fenomeni:

- il piatto pedale diventa obliquo all'indietro ed orientato verso l'alto da 45° a 50°;
- si verifica una transizione da una fase d'appoggio o spinta ad una fase di trazione.

Nella posizione a  $215^\circ$  c'è una trazione diretta che parte dall'asse pedale e va alla caviglia. Il tragitto dell'avampiede è più ampio di quello della caviglia: ciò significa che l'estensione del piede è una fase propulsoria.

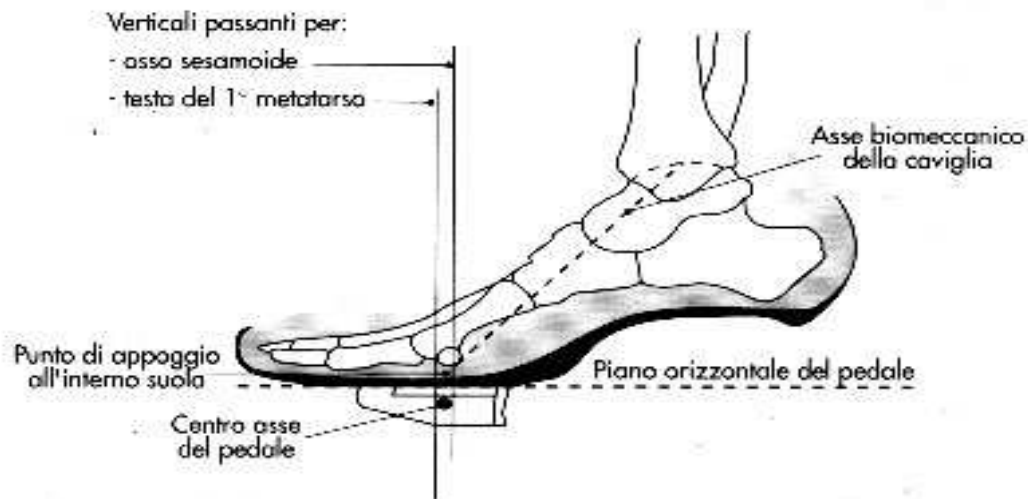
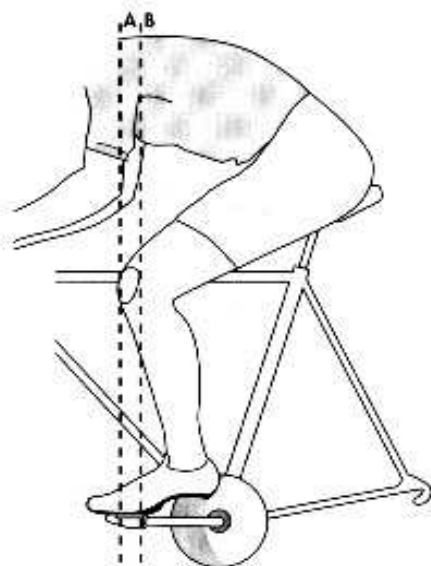


fig. 32

\_\_Metodi per la determinazione dell'arretramento della sella:



A - verticale bordo anteriore rotula - bordo anteriore pedivella.

B - verticale bordo laterale rotula - circonferenza posteriore perno pedale.

Fig. 33

### Fase III

E' qui che si evidenzia il concetto nuovo di trazione dinamica. La linea di trazione partendo dal perno pedale e attraversando il corpo pedale raggiunge l'asse biomeccanico della caviglia.

Il piatto pedale resta obliquo in avanti di circa  $30^\circ$  mentre la direzione delle forze di trazione arrivano a circa  $90^\circ$ .

Alla fine della fase III (risalita dinamica) la posizione specifica del piede è identica a quella dell'inizio della stessa fase ( $215^\circ$ - $325^\circ$ ). Le linee di forza in questa fase tendono ad inarcare la pianta del piede con un'azione di pompaggio sui vasi venosi della stessa e a deformare la tomaia della calzatura con un effetto ad "amaca rovesciata". E' importante che la qualità della calzatura ne riduca al minimo la deformazione minimizzando così le perdite di energia in questa fase.

### Fase IV

Si chiude il cerchio nella parte opposta rispetto alla fase II. L'appoggio sul pedale passa dalla fase obliqua fino a circa  $235^\circ$  alla posizione orizzontale raggiunta a circa  $20^\circ$  dopo il passaggio della linea verticale (ex PMS). L'azione muscolare si trasforma da trazione in appoggio e spinta. E' presente un'azione dinamica per far girare la pedivella e la flessione dorsale del piede è in pratica come un "calcio in aria".

Vari autori hanno analizzato tramite pedali con recettori piezoelettrici le forze trasmesse al pedale. Da questi dati risulta che (fig. 34):

- il 65% circa sono forze di appoggio (fase I);

- il 12% circa sono forze orizzontali all'indietro (fase II);
- il 17% circa sono forze di trazione (fase III);
- il 6% circa sono forze orizzontali verso l'avanti (fase IV).

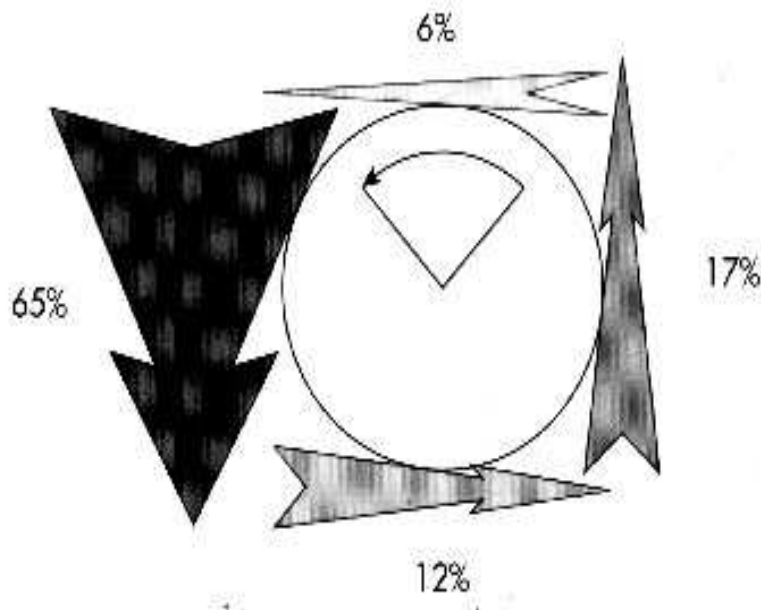


fig. 34 forze trasmesse al pedale durante le quattro fasi.

Occorre notare che l'efficacia della pedalata aumenta con lo sforzo (Watts). L'aumento eccessivo del RPM non è desiderabile. Mentre vi è una cadenza ottimale per ciascun atleta, generalmente tra 85 e 100 RPM in pianura.

In condizioni di sforzo massimale le forze di appoggio possono raggiungere 3 volte il peso dell'atleta per la trazione esercitata sul



manubrio e sull'arto opposto. Le forze di trazione (fase III) diminuiscono oltre i 100 RPM.

In alcuni casi, specialmente in pista (inseguimento), ci può essere un appoggio anche in fase III.

Le quattro fasi qui descritte si realizzano con un RPM normale (70-100); quando il ritmo aumenta (100-120) la seconda e quarta fase sono spesso saltate.

Conseguenza di questa nuova dinamica della pedalata, ottenuta con l'introduzione dei pedali a sgancio rapido, è l'aumento nell'ultimo decennio delle malattie dei tendini della parte posteriore del ginocchio e della caviglia.

La nuova definizione delle fasi biomeccaniche della pedalata moderna è fondamentale per chi si occupa del posizionamento in bicicletta (medici sportivi, direttori sportivi, telaisti). Per ottenere un rendimento migliore ed evitare danni all'apparato osteo-muscolare nel tempo occorre regolare tacchetta, sella e manubrio in modo da rispettare il più possibile i valori angolari di pedalata riferiti nelle quattro fasi. Non bisogna dimenticare però che alcuni atleti presentano vere e proprie anomalie (dimorfismi;) o morfologie particolari (paramorfismi;) che determinano uno stile diverso da quello auspicato in questo capitolo.

In questi casi è opportuno rispettare le abitudini e gli adattamenti particolari ritenuti validi ed efficaci per questi atleti.