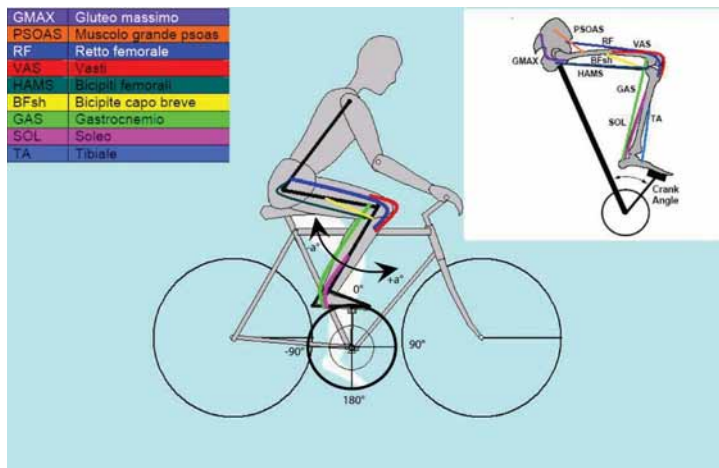


# Uscire dal gruppo



**I. Esempio semplificato**  
de i principali muscoli dell'apparato motorio.

Storicamente, prima dei motori a più elevato contenuto energetico, negli ambiti in cui il motore 'animale' aveva delle limitazioni di uso e condizione, quello 'umano' era certamente il primo e più importante naturale trasformatore di energia. Allo scopo di ottimizzarne il funzionamento, la ricerca di organi di trasferimento e trasmissione della sua potenza è stata nel tempo tenace e continua. L'esempio dell'applicazione del meccanismo ruota come comando atto a migliorare la trasmissione del moto nell'interazione con l'ambiente esterno, mostra una costrizione necessaria di adattare il corpo alle appendici di presa proprie dell'elemento, le quali trasmettono, sotto forma di forza e spostamento, la propria potenza.

La costruzione di macchine e meccanismi è da sempre indirizzata a sfruttare la potenza di tale interazione per migliorare l'attività e la vita

dell'uomo. Come la 'manovella' implica un comando degli arti superiori attraverso la presa delle mani, la 'pedivella' vincola gli arti inferiori attraverso l'appoggio dei piedi. Applicazioni tipiche sono per esempio l'organo manuale e la bicicletta a pedali, la quale rappresenta il primo (e ancora oggi più diffuso) mezzo di trasporto a forza motrice umana. L'analisi dell'interazione uomo-macchina relativa in particolare al collegamento gambe-pedivella ha evidenziato anomalie tanto importanti da non poterne escludere studi di soluzione.

## **Pedivella e la fase antimotoria**

Sia nel caso della manovella che della pedivella si nota già, in prima istanza, come il moto circolare completo di 360°, per far sì che la forza si espliciti sempre in modo più tangenziale

Una rivoluzione nel settore delle biciclette.

Al pedale tradizionale si aggiunge

un appoggio tibiale

per ottimizzare la pedalata

e utilizzare al meglio,

e con carichi equilibrati,

i muscoli interessati.

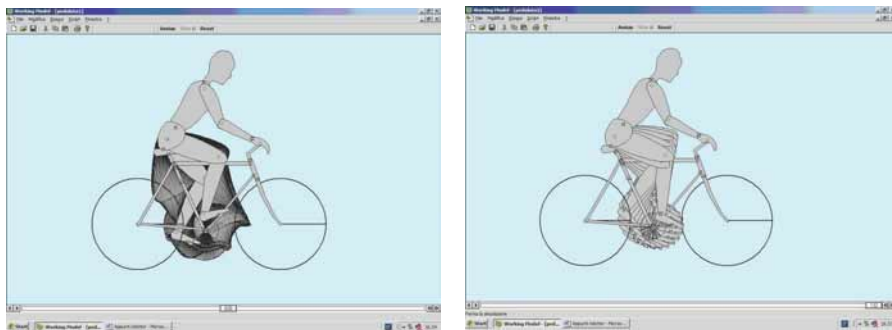
Anche l'impugnatura

del manubrio è stata rivista

per un beneficio

ergonomico

della postura del ciclista



**2. Fotogrammi che evidenziano la pedalata tradizionale e il sistema corretto.**

possibile sfruttando così il migliore e più costante braccio di leva, imponga rotazioni angolari alle giunzioni articolate di entrambe (polsi e caviglie), di  $180^\circ$ . Se l'articolazione al polso della mano approssima tali condizioni (angoli di rotazione ammissibili di circa  $120^\circ$ - $130^\circ$ ), l'articolazione alla caviglia le limita fortemente (angoli compresi tra  $40^\circ$  e  $60^\circ$ ).

Nel caso della pedivella, proprio per questo motivo, per questa ridotta mobilità angolare, per mantenere il più possibile la direzione tangenziale della forza durante la sua applicazione sfruttando al massimo le condizioni di ridotta articolazione, è necessario che l'appoggio tra il piede e la pedivella sia il più lontano possibile dal centro di rotazione del piede stesso (malleolo) e che sia ancora in grado di sopportare per pressione i carichi, cioè, in pratica, la zona del metatarso. Si comprende che in angoli ridotti, gli archi più lontani dal centro di rotazione degli stessi concedono proporzionalmente più ampi spostamenti che di conseguenza facilitano le variazioni delle direzioni delle forze.

Ne consegue, sfortunatamente, che tale appoggio metatarsale (approssimabile ad una posizione in "punta di piedi") produca una condizione ergonomica e muscolare assai sfavorevole dato il suo forte ma necessario disallineamento con la gamba (al contrario, nella manovella, la mano rimane molto allineata al braccio) che produce forti coppie reattive.

Nella figura 1 sono illustrati in modo semplificato, nel piano sagittale (medio), i principali muscoli dell'apparato motorio dell'arto inferiore e, sovrapposto a questi, sono indicati il quadrante di rotazione delle pedivelle e le coppie rotazionali della gamba intesa come tratto compreso tra

ginocchio e caviglia. Si nota che nella fase compresa tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , fase durante la quale avviene una grossa parte della spinta, la gamba, come sopra descritta, debba, per seguire il percorso della pedivella stessa ruotare in avanti in  $+\alpha^\circ$ , mentre, viceversa, nel tratto compreso tra  $90^\circ$  e  $180^\circ$  (dove la fase di spinta prosegue e si conclude) il moto rotatorio si inverte in  $-\alpha^\circ$ .

In riferimento alla figura 1, si noti come l'appoggio al metatarso implichi, per l'integrità dell'articolazione tra il piede e la caviglia, una intensa (per la stabilità), o massimale (nella spinta), attivazione del gastrocnemio (polpaccio) che, se reclutato, produce però, dati i suoi punti di collegamento tra il piede ed il femore, una rotazione della gamba al ginocchio in  $-\alpha^\circ$  antitetica al moto della pedivella tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , congrua con questa solo tra  $90^\circ$  e  $180^\circ$ . La fase antimotoria propria della condizione nel primo quadrante può essere compensata solamente da una attivazione, e non già per il moto ma solo per l'equilibrio muscolare interno, ossia la compensazione della coppia antimotoria, dei vasti e del retto femorale (i vasti, in particolare, data la minore lunghezza e quindi elasticità). L'attivazione massimale del gastrocnemio e dei vasti è la principale causa dell'intossicazione nonché della sofferenza muscolare tipica, ad esempio, del mezzo ciclistico. Nel caso particolare, là dove le prestazioni richiedono lo sfruttamento massimo anche durante la fase di "tiro", lo stesso fenomeno avviene per i quadranti compresi tra  $180^\circ$  e  $-90^\circ$  (fase di nuovo antimotoria) e tra  $-90^\circ$  e  $0^\circ$  (fase attiva) nel reclutamento di altri gruppi muscolari (tibiale, bicipite capobreve e bicipite femorale).

Nel gesto naturale del camminare, l'attivazione del gastrocnemio, e di conseguenza dei vasti e retto femorale, che avviene durante la fase di spinta mentre il piede articola sul metatarso e

porta avanti il corpo, innesca coppie alla gamba completamente congrue con il moto senza sovraccarichi muscolari compensativi perché naturalmente non necessari.

Parimenti, sempre in riferimento a tale gesto, mentre si porta in avanti la gamba, per il passo successivo, si recluta il muscolo tibiale e i suoi antagonisti che di nuovo forniscono, nei piccoli differenziali necessari al moto, coppie congrue con lo stesso. In tal caso il muscolo tibiale è assai piccolo rispetto agli altri data la sua imputazione ad attivare una coppia motoria priva di carico, dovendo unicamente vincere il peso a vuoto della gamba stessa.

## Il fatto cinematico

Approssimando le parti componenti gli arti inferiori, coscia-gamba-piede, come aste semplici collegate tra loro con cerniere nei punti articolari, anca-ginocchio-caviglia, e considerando tale sistema collegato alla pedivella, si è analizzato da un punto di vista cinematico il movimento reciproco tra di essi.

Il sistema conta di ben 5 leve: coscia, gamba, piede, pedivella e da ultimo la leva fissa virtuale presa come passante tra il punto di rotazione dell'anca ed il punto di rotazione della pedivella.

Diversamente quindi da un sistema (tipico, per esempio, del motore a scoppio) biella-manovella, che ne conta solo 4 (pistone, biella, manovella, e il cilindro-basamento che li tiene collegati), ed è perfettamente determinato, il primo, per ridondanza di elementi, può unicamente descrivere un moto vario, indeterminato soprattutto per quanto riguarda la coerenza con il moto che si vuole ottenere: dal moto pendolare della coscia al moto circolare uniforme della pedivella. Per rendere semplice la comprensione di tale anomalia si è realizzato, attraverso un software dedicato di fisica simulata, un manichino che approssima ad aste semplici incernierate la struttura scheletrica propria di un uomo, rispettandone fedelmente i vincoli articolari (massime escursioni angolari di caviglia, ginocchio e anca), ripulito completamente dalla struttura tendineo-muscolare e, messo in sella a una bicicletta virtuale, si è attivato il moto attraverso la ruota prevedendo come altra variabile solo la gravità, distinguendo, nei due casi realizzati, la tradizionale trasmissione con una già risolutiva.

Come si può osservare dai fotogrammi di figura 2, nel primo caso non si realizza naturalmen-

te un moto congruo con la trazione, come, viceversa, nel secondo caso. Ciò comporta che, nel sistema tradizionale, per il suo funzionamento, è necessaria l'attivazione muscolare solo ai fini della stabilità interna che comporta un inutile, importante dispendio energetico (nella figura tale dispendio energetico è teoricamente misurabile dalla differenza delle aree descritte e tracciate dai due sistemi).

Una prova pratica, e quindi reale, determina che nel sistema corretto, con una minima, veramente piccola, energia di innesco, si ottiene mediamente, nel piano, una velocità di 10 km/h, mentre nel primo caso a parità di energia impiegata non si produce moto.

## Il fatto inerziale

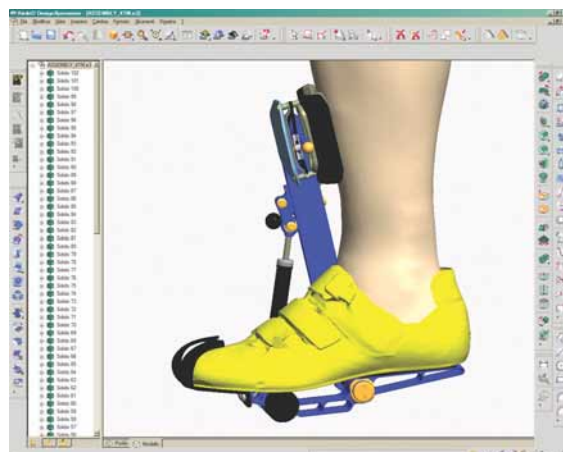
In generale qualsiasi corpo in movimento è soggetto a forze inerziali dipendenti dalla propria massa e dalla accelerazione subita ( $f=ma$ ) tipiche anche per intensità e direzione dal tipo di moto che le anima.

Anche in questo caso, possiamo notare come le singole parti componenti gli arti inferiori subiscano, per via di tali forze, sollecitazioni che, se non opportunamente compensate tenderebbero a 'slegarne' la struttura scheletrica. È ovvia l'imputazione a tale ruolo al sistema tendineo-muscolare con però una marcata differenza (per intensità e congruenza al moto) tra il sistema tradizionale e quello corretto. Anche qui possiamo rilevare un sostanziale risparmio energetico a vantaggio del secondo, con un importante ruolo, oltre a questo, di favorire in modo naturale ed asservito una "pedalata" agile ad alta frequenza che minimizza nell'esplorazione della potenza, l'uso della forza a vantaggio della velocità.

Con una grossa, pratica, sostanziale differenza: che a frequenze di pedalata elevata la piccola forza in gioco risulta gestibile, nella percezione e nella modulazione per tutto l'arco di spinta utile. Non da ultimo, nel sistema corretto, i piedi, nel loro disallineamento, assumono la funzione (tipica nel disegno di un albero a gomiti del motore a scoppio) di masse inerziali atte a vincere i



**3. Pedale e contropedivella** dotata di un appoggio tibiale.



**4. Immagine CAD** del sistema progettato.



**5. La nuova** bicicletta Luna Lander.

passaggi dei punti morti e per bilanciare le masse animate da moti alternati rispetto alla necessità del moto uniforme dell'albero stesso. Dovendo bilanciare non solo la massa del piede ma del gruppo semirigido piede-gamba la massa rotante del nuovo pedale necessita di essere più elevata rispetto ad un normale pedale e molto più semplicemente determinabile.

## Cosa è Luna Lander

La tecnologia Luna Lander risolve, nella pratica, queste tre importanti anomalie, introducendo nel pedale una contropedivella (figure 3 e 4) dotata di un appoggio tibiale che, per quanto riguarda il primo punto, nella modulazione, fino al blocco dell'angolo compreso tra piede e gamba, impedisce un carico massimale al gastrocnemio, e di conseguenza ai vasti e retto femorale, impedendo di fatto la generazione, con conseguente necessario rimedio, di coppie rotatorie al-

la gamba 'antimotorie' e, nella fase di spinta diminuisce (se ben utilizzato anche della metà) il carico muscolare rispetto alla forza espressa. Per il secondo punto, rispettando nella modulazione angolare tra piede e gamba la complessa meccanica del corpo umano (molto differente da una meccanica razionale semplice), semplifica a quadrilatero articolato la trasmissione cinematica in essere, eliminando di fatto la presenza di una leva ridondante (il piede).

Per il terzo punto infine il collegamento sfumato, ma partecipe tra il sistema arto inferiore e, attraverso il pedale dotato di appoggio tibiale, la pedivella, riduce drasticamente gli sforzi di trattenimento e controllo dovuti alle forze inerziali. Un particolare accumulatore di energia ed un più razionale appoggio del piede rendono poi disponibili le massime energie ergonomiche proprie della nostra naturale conformazione sfruttando anche la massima articolazione della caviglia. Ottenendo oltremodo un corretto e assolutamente "naturale" equilibrio muscolare interno (tutti i muscoli reclutati lavorano con sollecitazioni specifiche molto basse e sempre in antagonismo equilibrato), il punto di appoggio sulla sella non è più soggetto a scorrimenti ed in tal modo si è potuto dar origine ad un nuovo veicolo (figura 5) che rimuove anche le sofferenze perineali limitanti e pericolose. Ecco, qui di seguito, i vantaggi. L'ottimizzazione del rendimento, nonché prestazione (velocità/percorrenza/tempo, salita compresa) è univocamente correlato, come da logica, con uno stato di benessere che esclude qualsiasi condizione di sofferenza-dolore.

**readerservice.it n. 73**