

## L'incidenza delle sollecitazioni vibratorie della strada sul ciclista

D. BOLZAN

Area Fisioterapica dell'Istituto Elioterapico "G. Barellai" Grado (GO)

### Abstract

Nello studio del rapporto tra i ciclisti ed il loro mezzo una parte importante è quella che si riferisce alle sollecitazioni vibratorie che vengono trasmesse dal suolo alla bicicletta ed al corpo dell'atleta.

La posizione del ciclista sulla bicicletta porta a distribuire in maniera anomala il carico a livello dell'unità funzionale vertebrale, con la possibilità che possano aumentare le sollecitazioni meccaniche che interessano le strutture articolari ed i fasci nervosi. Questi meccanismi valgono in particolar modo per la colonna cervicale.

In questo lavoro si presentano i risultati di uno studio finalizzato a quantificare le sollecitazioni date dal suolo all'atleta attraverso il mezzo usato ed in particolare vuole analizzare quale sia il tratto maggiormente interessato da questi microtraumatismi. La metodica seguita può essere utilizzata per avere una precisa idea delle sollecitazioni che un soggetto, sia esso sportivo o con deficit motori, assorbe indirettamente dal suolo tramite il proprio mezzo, bicicletta nel primo caso, sedia a rotelle nel secondo. È indispensabile tener conto di queste misurazioni per modificare la postura del soggetto in esame o adattare la struttura, i materiali o le componenti del mezzo che quotidianamente usa.

### Introduzione

I disturbi cervicali dei ciclisti sono dovuti, nella maggioranza dei casi, a un errato assetto sul mezzo e/o a una o più delle componenti (telaio, ruote, pneumatici) che trasmettono in eccesso microtraumatismi alla regione cervicale [1,2]. Attraverso varie misurazioni [4] si è potuto calcolare che il

ciclista stradista carica il 60% del peso sulla sella (e quindi sulla ruota posteriore) e il restante 40% sul manubrio (quindi sulla ruota anteriore). Nonostante il carico anteriore sia di minor entità rispetto al posteriore, le sollecitazioni della strada producono migliaia di insulti al tratto cervico-dorsale: questi microtraumi nel breve periodo non provocano disturbi importanti, se trascurati nel tempo possono però provocare microdanni tessutali che includono contratture muscolo-tendinee, fasciti traumatiche e attivazione di trigger point. I microtraumi cervicali sono favoriti quando il ciclista mantiene una posizione rigida con le mani abbassate sul manubrio e una forte tensione delle braccia e delle spalle [5]. Inoltre l'usare copertoni stretti e con pressione elevata diminuisce l'effetto ammortizzante delle ruote sulla strada trasmettendo molte più sollecitazioni agli arti superiori e al collo.

Lo studio e la sperimentazione in laboratorio hanno voluto verificare la teoria secondo la quale le sollecitazioni date dal suolo all'utilizzatore di un mezzo meccanico a trazione muscolare producono in maniera significativa disturbi al tratto cervico-dorsale.

### Strumentazione utilizzata

Le prove sono state eseguite utilizzando la strumentazione in dotazione presso l'Area Funzionale di Biomeccanica dell'Istituto di Medicina Fisica e Riabilitazione presso l'ospedale "Gervasutta" di Udine.

Il materiale utilizzato consisteva di:

A. un ciclosimulatore, costituito da:

1. un dinamometro
2. una bicicletta da strada, fissata su un piano con rulli

3. due telecamere per l'indagine cinematica.
- B. un accelerometro triassiale TSD 109 BIOPAC System, con cuffia e cinghia elastica per il posizionamento dello stesso;
- C. un software di acquisizione dati Acq Knowledge® III 3.5.3.

#### A. CICLOSIMULATORE

Le misurazioni sono state eseguite in laboratorio grazie all'utilizzo di un ciclosimulatore composto da un supporto fisso su cui fissare la ruota posteriore della bicicletta. La ruota anteriore poggia su due rulli di 25,5 centimetri di circonferenza azionati da un motore la cui velocità angolare è regolabile; il rullo avanzato presenta una estroflessione di 2 millimetri di spessore e di 3 millimetri di larghezza con lo scopo di simulare le sollecitazioni provocate dalla strada.

Il telaio della bicicletta è stato costruito seguendo le caratteristiche antropometriche del ciclista e le componenti mobili sono state regolate osservando il soggetto in posizione statica e durante la dinamica della pedalata [1].

La pressione dei pneumatici è stata portata a 4 atmosfere secondo le indicazioni presentate dal prodotto.

Sono state utilizzate telecamere sul piano frontale e laterale per un'accurata indagine cinematica della pedalata.

#### B. ACCELEROMETRO TRIASSIALE

L'accelerometro triassiale (Figura 1) è un trasduttore atto alla misura delle accelerazioni ed è ottimale nella misurazione delle accelerazioni compiute da una massa durante movimenti lenti come il cammino e i tremori[3]. L'accelerometro è costituito da un corpo di massa nota, vincolato all'estremità di una molla a spirale e libero di muoversi solo lungo l'asse della molla stessa (detto asse sensibile) che, nel misurare l'accelerazione di un oggetto, deve essere allineato alla direzione del movimento. La tensione della molla e il peso del corpo attaccato alla sua estremità sono scelti in modo che, quando lungo l'asse sensibile viene applicata una forza nota, il corpo si muove provocando l'allungamento della molla di un valore anch'esso noto. Il corpo è collegato ad un indice che ne indica lo spostamento su una scala: questa viene tarata ponendo l'accelero-

metro su un oggetto di cui sia già stata misurata l'accelerazione e segnando la posizione nell'indice. Ripetendo l'operazione per diverse accelerazioni di valore conosciuto si ottiene un complesso di segni di riferimento tali da consentire, per interpolazione, una completa graduazione della scala.

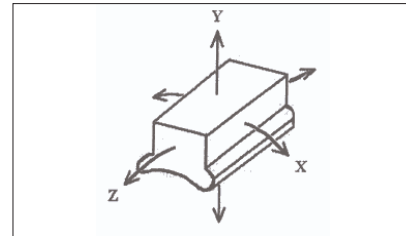


Figura 1. Accelerometro triassiale

L'accelerometro utilizzato nell'indagine fa parte del sistema Biopack System MP100WSW ed è un modello TSD109C.

L'accelerometro è di tipo statico-dinamico triassiale, in grado di rilevare su tre assi ortogonali  $x$ ,  $y$ ,  $z$  le accelerazioni dinamiche proprie del movimento e quelle statiche generate dal campo gravitazionale; in assenza di moto, l'accelerometro segnala le accelerazioni date dalle componenti della gravità sui tre assi in funzione della posizione assunta dallo strumento nello spazio.

Per ogni asse  $x$ ,  $y$ ,  $z$  esiste una uscita, ciascuna delle quali viene gestita singolarmente. Il trasduttore misura l'accelerazione secondo ogni componente cartesiana in relazione all'accelerazione di gravità.

L'accelerometro, collegato all'amplificatore, è dotato di una sensibilità pari a  $400 \text{ mV/g}$ , di una elevata inerzia che gli dà una buona prontezza di risposta e di un coefficiente di errore dell'1%.

L'accelerometro viene rigidamente collegato al corpo vibrante in quanto, grazie al disegno pieghevole e alle misure contenute, si adatta ai contorni del corpo e degli equipaggiamenti esterni. Lo strumento è leggero (17g) e pratico da utilizzare, grazie anche all'utilizzo di un supporto in gomma tipo fascia in cui si può inserire l'accelerometro e che si può fissare facilmente nei punti desiderati.

L'accelerometro triassiale viene fissato sul manubrio, con l'utilizzo della cinghia elastica, sul ciclista tramite la fascia cervico-dorsale e per le misurazioni sul capo attraverso la cuffia elastica.

L'utilizzo dello strumento comporta la sua calibrazione per ogni asse all'inizio di ogni prova, e l'inserimento nel programma dei due valori limite sui quali il sistema effettuerà un'interpolazione lineare.

La calibrazione viene quindi effettuata poggiando l'accelerometro su un piano orizzontale e misurando l'influenza dell'accelerazione di gravità secondo i due versi. Si ripete il procedimento per tutte e tre le direzioni x, y, z e si registrano nel programma i dati così ottenuti.

### C. SISTEMA DI ACQUISIZIONE

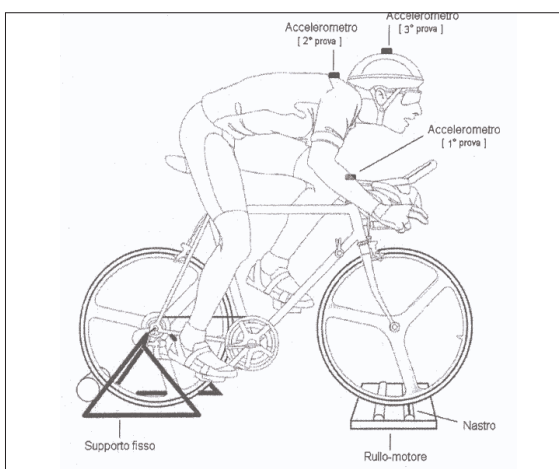
Il Biopack System MP100WSW (Santa Barbara, California-USA), è lo strumento utilizzabile su PC studiato per la rilevazione di segnali biomedici o provenienti da altri sensori quali l'accelerometro; esso ha permesso l'acquisizione e la conversione analogico-digitale dei segnali provenienti da ciascun sensore.

Tale segnale viene amplificato separatamente da una serie di appositi amplificatori aventi caratteristiche diverse riguardo la banda passante, l'impedenza di ingresso ed il guadagno; alla fine viene digitalizzato ad una frequenza impostata nel software d'acquisizione Acq Knowledge® III e quindi riproposto in forma grafica.

#### Prove effettuate

Le sollecitazioni assorbite dall'atleta dal suolo attraverso la bicicletta durante l'attività sportiva sono state individuate eseguendo prove per misurare le vibrazioni sul manubrio, sul tratto cervico-dorsale e sul capo.

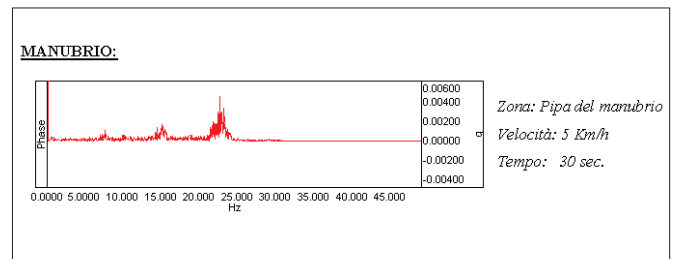
Il soggetto ha assunto in tutte le prove la posizione tipica del ciclista durante la corsa, con le mani poste sulla curvatura inferiore del manubrio, i gomiti flessi a 125°, il tratto dorsale piatto, il capo esteso per simulare l'osservazione dell'orizzonte (Figura 2).



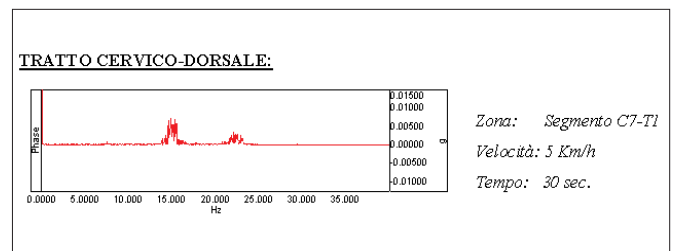
**Figura 2.** Posizione del ciclista sul mezzo durante le misurazioni.

Il tempo per ogni prova è stato fissato a 30 secondi; il rullo viene fatto girare ad una velocità di 5 km/h per poter avere una frequenza tale da poter essere elaborata più chiaramente dal software.

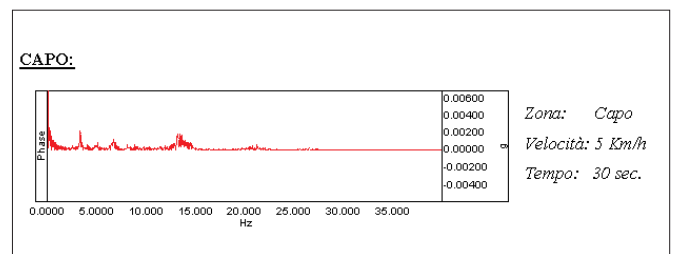
1° PROVA: accelerometro posto sulla pipa del manubrio (Figura 3);



2° PROVA: accelerometro posto a livello di C7-T1 (Figura 4);



3° PROVA: accelerometro posto sul capo (Figura 5).



#### Risultati

La rilevazione sui tre assi x, y, z ha permesso di costruire delle armoniche per ciascun asse (Figure 3-4-5).

Le frequenze principali hanno presentato un andamento da 7 a 14 a 21 Hertz.

Le armoniche registrate sui tre assi mostrano un evidente andamento oscillatorio lungo l'asse y mentre è trascurabile lungo l'asse x e z. L'analisi sull'asse verticale è quindi quella su cui si è indirizzata l'osservazione.

Le vibrazioni registrate sul manubrio a frequenze di 7 Hertz sono le medesime che giungono al tratto

cervico-dorsale ed al capo, per cui si desume che a questa frequenza le sollecitazioni in senso suolo-capo non subiscono effetti di smorzamento.

A frequenze di 14 Hertz le frequenze oscillanti che arrivano al tratto cervico-dorsale sono, in termini di ampiezza, cinque volte superiori rispetto a quelle registrate sul manubrio; a livello del capo la loro intensità torna ad essere simile a quella registrata sul manubrio; questo indica che il tratto cervico-dorsale assorbe la maggior parte delle sollecitazioni del mezzo provenienti dal suolo.

Nel passaggio tra suolo e capo risalendo in senso verticale dal manubrio al tratto cervico-dorsale alle frequenze di 21 Hertz le sollecitazioni vengono progressivamente smorzate, per cui il capo costituisce la parte corporea che subisce tra manubrio, tratto cervico-dorsale e capo le minori sollecitazioni.

Dall'indagine è risultato quindi che la struttura cervico-dorsale assorbe la gran parte delle sollecitazioni che passano dal mezzo al capo; risulta inoltre che le vibrazioni sono smorzate in modo modesto tra manubrio e tratto cervico-dorsale mentre invece vengono notevolmente ammortizzate nel passaggio tra il manubrio ed il capo; ciò indica che gli arti superiori nel ciclismo non sono un buon sistema di dissipazione delle forze provenienti dal suolo come comunemente viene ritenuto.

## Conclusioni

L'indagine ha evidenziato quanto il tratto cervicale sia sottoposto alle comuni sollecitazioni date dal manto stradale, e come tale distretto assorba la maggior parte delle energie trasmesse al complesso bicicletta-atleta: l'energia prodotta dalle vibrazioni per il contatto della bicicletta sulla strada viene trasmessa alle strutture osteo-articolari e muscolari, provocando microtraumi a tali strutture.

Il processo di smorzamento delle forze derivanti dal suolo, quando il soggetto si trova seduto sulla sella, è affidato alla catena cinetica della colonna vertebrale e delle parti molli. Le sollecitazioni vengono gradualmente smorzate nel tratto che va dal bacino al capo; quindi risalendo dal bacino all'addome, al torace ed al collo, le sollecitazioni provenienti dalla sella vengono ammortizzate in misura maggiore man mano che esse risalgono il corpo dell'atleta, cosicché il tratto cervicale e la testa costituiscono la parte corporea che subiscono nel ciclista le minori sollecitazioni provenienti dalla ruota

posteriore.

Le sollecitazioni provenienti dal manubrio invece non compiono un percorso lungo come le precedenti, in quanto dal suolo passano direttamente al manubrio, agli arti superiori, alle spalle e quindi al collo ed al capo. Queste sollecitazioni provocano uno stress muscolare al tratto cervico-dorsale che nel tempo provocano invalidanti sintomi dolorosi. Le sollecitazioni vengono smorzate in modo efficace dai vari segmenti articolari, ma ciò comporta un costo energetico che si basa su un processo di accumulo di energia e di restituzione della stessa in forma elastica che comporta uno stress muscolare di non trascurabile entità.

E' importante studiare ed analizzare con molta attenzione le sollecitazioni vibratorie sulla bicicletta ed i loro effetti sul sistema corporeo, per poter eliminare o perlomeno limitare i danni che esse provocano all'atleta.

Lo smorzamento delle vibrazioni deve quindi rappresentare uno degli obiettivi cui devono mirare i tecnici costruttori di biciclette; inoltre indagini più approfondite sui rapporti tra gli assetti e le sollecitazioni stradali potrebbero portare ad una soluzione per limitare i traumi che il soggetto deve sopportare durante la propria attività.

E' necessario indagare ulteriormente i modi per evitare sollecitazioni esterne che possono provocare microtraumi alle strutture osteo-articolari e muscolari, facendo insorgere le algie che frequentemente lamentano i ciclisti. Sarebbe inoltre interessante compiere analoghi studi riguardo agli ausili a trazione muscolare per la mobilità personale di persone con deficit motori.

## Bibliografia

- 1) Bolzan D., *La cervico-lombalgia nella pratica ciclistica. Aspetti terapeutici e riabilitativi*. Udine, Tesi di Laurea in Fisioterapia, Facoltà di Medicina e Chirurgia, A.A. 2002/2003: 66-99.
- 2) Castellacci E., Giammatei C., Lunati P.P., Malfatti R., Polieri T., *L'importante è non esagerare. Le più comuni patologie da sovraccarico funzionale nel ciclista e i distretti più frequentemente interessati: rachide cervicale, colonna lombare, ginocchio*. Sport & Medicina, 2001; 6: 21-27.
- 3) Dal Monte A., Faina M., *Valutazione dell'atleta*. Torino, UTET, 2000: 78-80, 507-511.
- 4) De Lorenzo D.S., Hull M.L., *Quantification of structural loading during off-road cycling*. J. Biomech. Eng., 1999; 121 (4): 399-405.
- 5) Zani Z., *Le tecnopatie del ciclismo - I disturbi da errato posizionamento, i possibili rimedi*. Portogruaro (VE), Ediciclo, 1997.