



BIOMECCANICA DEL MOVIMENTO

Definizione e obiettivi della
Biomeccanica



Definizione

- **Bio** sistemi biologici o viventi
- **Meccanica** analisi delle forze e dei loro effetti
- *La biomeccanica è lo studio delle strutture e della funzione dei sistemi biologici tramite i metodi della meccanica*

(Herbert Hatze, 1974)

Studio delle forze e dei loro effetti sui sistemi viventi

Perché studiare la Biomeccanica?

- Perché devo fare questo gesto in questo modo?
- Perché questa tecnica non è migliore?



- Gli allenatori spiegano la tecnica da insegnare
- La Biomeccanica spiega PERCHÉ quella è la tecnica migliore da insegnare

Obiettivi

La B. dell'esercizio e dello sport ha due campi di applicazione principali:

- Miglioramento della performance
- Prevenzione/riabilitazione dell'infortunio

Sono strettamente legati perché un atleta che non subisce infortuni avrà inevitabilmente una prestazione migliore di un atleta infortunato

A. Miglioramento della prestazione

1. Miglioramento della Tecnica dell'atleta

- Insegnanti e allenatori possono utilizzare la loro conoscenza per correggere uno studente o un'atleta per migliorare l'esecuzione di una tecnica (metodi **QUALITATIVI** di Analisi B.)
- Ricercatori biomeccanici possono scoprire una nuova e più efficace tecnica per compiere un esercizio sportivo (metodi **QUANTITATIVI** di Analisi B.)

Esempi

- Nuoto (metà anni '70, Counsilman),
- Giavellotto (1956, Felix Erausquin),
- Salto in alto (1968, Dick Fosbury 2,24m),
- Salto con gli Sci dal trampolino (1985, Boklöv stile a V)
- Sci di fondo (fine anni '70 Bill Koch, tecnica pattinata)



Nuoto

- Un esempio di ricerca biomeccanica che ha influenzato in maniera significativa la tecnica e la prestazione in uno sport è avvenuto nel nuoto alla fine degli anni '60 primi anni '70. La ricerca condotta da Ronald Brown e James "Doc" Counsilman (1971) mostrò che le forze di portanza che agiscono sulla mano mentre si muove dentro l'acqua erano molto più importanti nella propulsione del nuotatore attraverso l'acqua di quanto si pensasse in precedenza. Questa ricerca indicò che più che tirare la mano lungo una linea retta all'indietro attraverso l'acqua per produrre una forza propulsiva di avanzamento, il nuotatore avrebbe dovuto muovere lateralmente con un'azione spazzolante (tramite quindi remate laterali) durante la trazione dentro l'acqua in maniera tale da produrre forze propulsive di avanzamento e di portanza. Questa tecnica è attualmente insegnata dagli insegnanti e dagli allenatori di nuoto in tutto il mondo.

Lancio del giavellotto

- Nel 1956, prima dei Giochi Olimpici Estivi a Melbourne, Felix Erasquin, un lanciatore di giavellotto dalla regione basca della Spagna, sperimentò un modo non convenzionale di lanciare il giavellotto. Piuttosto che lanciarlo sopra la spalla con una mano dopo una corsa, Erasquin ruotava come un lanciatore di martello e teneva il giavellotto con entrambe le mani al fine di guidare l'attrezzo. Per ridurre le forze di attrito agenti sul giavellotto, il giavellotto era inzuppato nell'acqua saponosa per renderlo scivoloso. I risultati ottenuti da Erasquin con questa tecnica attirarono l'attenzione internazionale in quanto fece diversi lanci al di là del record del mondo esistente. La Associazione Internazionale delle Federazioni di Atletica si allarmò così tanto che modificò le regole per l'evento, e questa tecnica non convenzionale divenne illegale.

Salto in alto

- Nel 1968, la maggior parte dei saltatori in alto a livello mondiale utilizzavano la tecnica ventrale. Ma alle Olimpiadi di Mexico City, la medaglia d'oro nel salto in alto utilizzò una tecnica che pochi fino ad allora avevano visto. Dick Fosbury, un americano dell'Università dello Stato dell'Oregon, utilizzò una tecnica con approccio posteriore per saltare 2,24 m. La tecnica è divenuta famosa come Fosbury. I suoi vantaggi rispetto alla tecnica ventrale erano: una rincorsa più veloce, la sua facilità di apprendimento e soprattutto la minor elevazione del centro di massa del corpo richiesta per superare l'asticella. Nessun ricercatore biomeccanico ha sviluppato questa tecnica. Fosbury raggiunse questo successo durante la scuola superiore e continuò ad usarlo e a saltare con questa tecnica nonostante la sua notevole differenza rispetto alla tecnica ventrale. Il suo successo portò altri ad adottarla, e adesso tutti i saltatori a livello mondiale utilizzano la tecnica Fosbury

Sci di Fondo

- Alla fine degli anni 70, Bill Koch, uno sciatore di fondo americano, iniziò a sperimentare una nuova tecnica che aveva osservato utilizzare dagli sciatori maratoneti in Europa. La tecnica pattinata che sperimentò era molto differente dal tradizionale passo diagonale della tecnica in cui gli sciatori di fondo muovono gli sci paralleli nel tracciato segnato. Nel 1976 ai Giochi Olimpici di Innsbruck, Koch sorprese il mondo vincendo la medaglia d'argento nella 30km di sci di fondo. Ancora più sorprendenti furono le sue prestazioni nelle stagioni 1982-83 dove diventò il primo americano ad aver vinto il campionato mondiale. Koch utilizzò la tecnica pattinata per raggiungere il titolo. Dalla metà degli anni 80, la tecnica pattinata viene utilizzata da tutti gli sciatori di elite a livello mondiale.
- Dalle Olimpiadi Invernali del 1992, ci sono due separate competizioni per la tecnica classica e quella libera nello sci di fondo

- Ad eccezione del nuoto, gli esempi appena fatti riguardo a nuovi e differenti tecniche che hanno portato ad un miglioramento delle prestazioni sono tutti avvenuti senza un'apparente assistenza di biomeccanici. Forse questo mostra l'abilità degli insegnanti, allenatori e atleti.
- Attraverso l'osservazione ripetuta, l'esercizio e l'errore, e possibilmente qualche applicazione di principi biomeccanici, sono arrivati a sviluppare con successo tecniche eccellenti in molti sport senza l'assistenza di ricercatori biomeccanici.
- Ma forse queste tecniche avrebbero potuto essere sviluppate più velocemente se più allenatori e insegnanti avessero avuto una conoscenza della biomeccanica.

A. Miglioramento della prestazione

2. Miglioramento dell'Equipaggiamento

- Scarpe ed abbigliamento costituiscono l'equipaggiamento in quasi tutti gli sport. Questo può avere un'influenza sulla prestazione o direttamente o indirettamente tramite la prevenzione dell'infortunio
- Negli sport in cui si utilizza un attrezzo (ciclismo, sci, tennis, golf) strumenti più leggeri e meglio disegnati hanno contribuito al miglioramento della prestazione degli atleti di elite e di sportivi a livello amatoriale.
- Esempi:
 - Giavellotto (1952, Frank Held: più aerodinamico),
 - Pattinaggio di velocità (1998: clap skate),
 - Nuoto (2000, 2008: Uso di costumi: LZR RACER della Speedo)



Olimpiadi invernali Sapporo 1998



Olimpiadi, Sidney 2000, Pechino 2008



- Il lancio del giavellotto è uno degli esempi in cui un'applicazione di base della meccanica sul disegno dello strumento ha cambiato l'evento significativamente.
- Nel 1952, Frank "Bud" Held fece parte della squadra olimpica statunitense. Alle Olimpiadi del 1952 di Helsinki, si piazzò al nono posto dietro i suoi compagni di squadra, che vinsero la medaglia d'oro e d'argento. Di ritorno negli Stati Uniti, Bud incontrò suo fratello, Dick Held, che aveva alcune esperienze in campo ingegneristico, ed insieme disegnarono e costruirono un giavellotto più aerodinamico. La maggiore area del nuovo giavellotto dava più portanza, permettendo quindi di "volare" più lontano. Nel 1953, Bud Held utilizzò uno dei suoi giavellotti per vincere il record mondiale esistente per il lancio del giavellotto.

- I fratelli Held non erano biomeccanici, ma la loro conoscenza della meccanica permise loro di migliorare il disegno del giavellotto. I record continuarono ad essere migliorati dopo che gli altri iniziarono ad utilizzare il giavellotto di Held.
- Nel 1995 la IAAF implementò le regole che limitavano la misura del giavellotto in maniera tale che la sua superficie e la sua portanza fossero limitate. Prima del 1953, il record mondiale del giavellotto era 78.70m, realizzato nel 1938.
- Utilizzando i moderni giavellotti aerodinamici basati sul disegno di Held, il record mondiale della disciplina ha raggiunto 104.80m nel 1984. Nel 1986, la IAAF ha ridotto efficacemente la distanza del lancio del giavellotto di nuovo modificando le regole che governano la costruzione del giavellotto.

- Le nuove specifiche impedivano al giavellotto di “volare” così lontano. Nonostante questo tentativo per limitare le prestazioni, nel 1990 il record mondiale con le nuove regole era 91.44m, e nel 1996 è stato fatto l'attuale record mondiale di 98.48m.
- Questo è un esempio di come la meccanica è stata utilizzata per limitare le prestazioni in uno sport

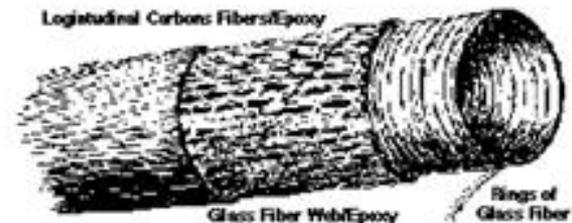
- La Biomeccanica è utilizzata anche per migliorare l'efficienza delle attrezzature sportive.

Giavellotto (vecchio vs nuovo)

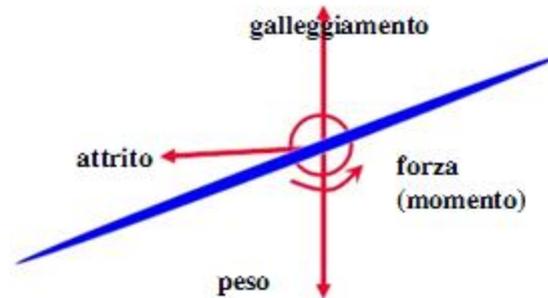
Il giavellotto moderno ha il centro di galleggiamento dietro il centro di massa. Questo crea un momento di punta verso il suolo che riduce il tempo di volo ed assicura l'atterraggio di punta. L'atterraggio di punta permette la misura più agevole ed il giavellotto più sicuro.

Salto con l'Asta

- Variazione nel diametro dell'asta.
- L'asta, formata di tre strati di fibre differenti usate per massimizzare la rigidità mentre minimizza la capacità di ruotare durante l'uso



Forze in gioco su un giavellotto



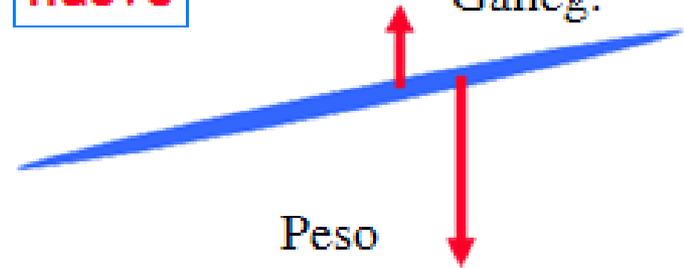
vecchio

Galleg.



nuovo

Galleg.



Non vi era momento sul vecchio giavellotto per cui esso non atterrava punta in giù. Il momento sul nuovo permette l'atterraggio di punta

Ginnastica artistica

- “La Lingua”: è stata suggerita nel 1993. Testata la prima volta nel CdM del 2001 e usata ufficialmente nel 2003.

Vantaggi della lingua:

>Sicurezza

Salti più aggressivi

Più facile da apprendere

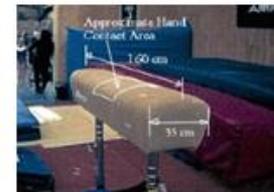
Unisex

Area di contatto più efficace: superficie maggiorata del 40%.

(Vecchia: 50cm x 30cm; Nuova: 50cm x 50cm)

Svantaggi della lingua:

- Necessita di aggiustamenti
- Porta minor supporto per le mani
- Variazioni nei salti acrobatici
- Entrate rotatorie più facilitate



A. Miglioramento della prestazione

3. Miglioramento dell'Allenamento

La biomeccanica ha il potenziale per guidare le modifiche in allenamento e quindi il miglioramento delle prestazioni in diversi modi:

- Un'analisi delle carenze della tecnica di un atleta può assistere l'allenatore o l'insegnante nell'identificare il tipo di allenamento necessario all'atleta per migliorare.

Esempi

- Pattinaggio di figura (metà anni 1980 U.S. Olympic Training Center a Colorado Springs): analisi biomeccanica delle pattinatrici che cercavano di fare salti doppi e tripli.
- sci di fondo (1970): l'analisi dei tempi nelle specifiche sezioni durante le competizioni internazionali mostrava che gli atleti americani perdevano in salita. Allora gli allenatori dedicarono più tempo alla salita e al perfezionamento della tecnica della salita

B. Prevenzione e riabilitazione infortunio

La biomeccanica è utile nell'identificare quali forze possono aver causato un infortunio, come prevenire l'infortunio e quali esercizi possono assistere la riabilitazione

- **Tecniche per ridurre l'infortunio**

Esempi:

- ginnastica artistica (atterraggio),
- tennis (epicondilite)

- **Disegno di Equipaggiamento per ridurre gli infortuni**

Esempi: scarpe da corsa



Football: Ingegnerizzazione delle scarpe

L'analisi delle partite determina l'uso delle scarpe.

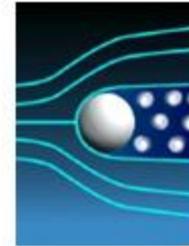
- Moto : Camminare 24%.; corsa leggera 44%; velocità elevata 13%; sprint 5%; corsa all'indietro 8%; in diagonale 2%; con il pallone 4%.
- Situazioni specifiche in partita: 13 tackles, 9 salti, 50 rotazioni, 26 contatti
- Differenze di ruolo
- Studio delle forze in gioco
- Pedane di forza
 - Si ripetono movimenti realistici
 - Si studiano:
 - Il centro di pressione che cambia nel corso del movimento
 - Il moto di direzione delle forze durante i movimenti
- Stress nelle scarpe ha un'intensità 3 volte maggiore in allenamento piuttosto che in gara una forza cumulativa in gioco di 58kN contro i 161kN in allenamento.

Golf: la Pallina

- storia e cenni costruttivi: La prima pallina da golf era di pelle riempita di piume, poteva raggiungere i 100 - 150 metri e fu usata sino al 1848 quando fu inventata la guttaperga.
- La guttaperga è una gomma derivante dagli alberi della Malaysia. Poiché diventava ruvida si comprese che la pallina poteva esser guidata meglio delle palle lisce.
- Le palle moderne sono costituite di un core di polibutadiene, una gomma sintetica. Più duro è il core più la palla può andar lontano. Oggi una palla da golf può raggiungere agevolmente i 300m.
- Il coefficiente di elasticità influenza le perdite d'energia ed è determinato da:
 - disegno
 - velocità dello Swing
 - temperatura
 - invecchiamento

Fattori aerodinamici (fossette o Dimples)

- Il drag rallenta la palla.
- Dimples riducono il drag:
 - producono uno strato limite intorno alla palla
 - lo strato limite riduce la turbolenza
 - la turbolenza ridotta riduce il drag



Il canottaggio

Drag sulla barca e sui rematori

- Drag di superficie della barca: 80% del drag idrodinamico (dipende dalla forma della barca e dall'area totale bagnata). Il contributo d'onda è invece piccolo - <10% del drag totale.
- La resistenza dell'aria - normalmente <10% del drag totale, dipende dalla sezione d'urto dei rematori.
- Scalmo scorrevole
- Idea brevettata nel 1870. Il modello funzionale costruito nel 1950. Ulteriori sviluppi sono stati attuati da Volker Nolte ed Empacher nel 1980.
- Kolbe vince WC nel 1981 con lo scalmo scorrevole.
- Fuorilegge dalla FISA nel 1983.

Miglioramento della tecnica con metodi di analisi biomeccanica:

- Qualitativa
- Quantitativa

Miglioramento degli equipaggiamenti:

- Designs di scarpe, tute, implementi
- Miglioramento delle tecniche:

Miglioramento dell'allenamento:

- Modifica del training
- Analisi delle deficienze tecniche e tipo di training per il miglioramento

Biomeccanica

- *Miglioramento della tecnica:*
 - Metodi di analisi biomeccanica:
 - Qualitativa
 - Quantitativa
- *Miglioramento degli equipaggiamenti:*
 - Designs di scarpe, tute, implementi
- *Miglioramento dell'allenamento:*
 - Modifica del training
 - Analisi delle deficienze tecniche e tipo di training per il miglioramento

Applicazioni ai vestiti:

- Aerodinamica / idrodinamica (Ciclismo, corsa, nuoto)
- Attrito: All Blacks - hanno strisce ad alto attrito che permettono di tenere la palla legata alla maglia.
- Assorbitori di Shock o Strutture protettive per rugby, cricket, ciclismo pattinaggio

Variazioni sono state apportate ai disegni ed ai materiali di tute per ridurre il drag di superficie e l'attrito superficiale.

Oggetto della Biomeccanica

- *In particolare studia le leggi del movimento (1) e dell'equilibrio (2) di corpi materiali viventi e delle interazioni (3) fra loro.*
- *Con il termine **movimento** indichiamo una variazione nel tempo della posizione relativa dei corpi materiali nello spazio. Tale definizione presuppone l'aver acquisito i concetti elementari di spazio e tempo, e le relative metriche.*
- *Per **equilibrio** si intende uno stato di riposo (quiete) di un corpo rispetto ad altri corpi materiali (ad un osservatore). Ovvero il corpo rimane indefinitamente fermo nella posizione in cui si trova all'istante iniziale. Un corpo è in equilibrio quando ogni suo punto è in equilibrio.*
- *L'interazione meccanica dei corpi è quella che *determina il cambiamento dei movimenti di questi corpi o delle loro forme (deformazione).* La grandezza che è la misura quantitativa dell'interazione meccanica di corpi è la **forza**.*

- *Lo scopo principale della (bio-)meccanica consiste nello studiare le leggi generali del movimento e dell'equilibrio di corpi materiali (viventi) - o di loro parti - sotto l'azione di forze ad essi applicate*
- In funzione dei problemi considerati la meccanica può essere suddivisa in:
- **Cinematica** → descrive le proprietà geometriche del movimento dei corpi
- **Dinamica** (o **Cinetica**) → studia il movimento dei corpi sotto l'azione delle forze
- **Statica** → tratta questioni concernenti le varie forze e le condizioni di equilibrio dei corpi materiali sotto l'azione di tali forze

Secondo le proprietà dell'oggetto considerato, la meccanica può essere progressivamente articolata in:

- a) ***meccanica del punto materiale***, cioè di un corpo le cui dimensioni possono essere trascurate nell'analisi del suo movimento (o dell'equilibrio);
- b) ***meccanica di un sistema di punti materiali***;
- c) ***meccanica di un corpo solido*** ovvero di un corpo le cui deformazioni possono essere trascurate nello studio del suo movimento (o dell'equilibrio);
- d) ***meccanica di un corpo a massa variabile*** (un corpo la cui massa varia nel tempo al variare della composizione delle particelle costituenti il corpo);
- e) ***meccanica di un corpo deformabile*** (teoria dell'elasticità e della plasticità);
- f) ***meccanica dei fluidi*** (liquidi, gas).

Suddivisione della B.

