

BIOMECCANICA

BIOMECCANICA 1

Scaricare su computer applicazione "kinovea"

Libro: "biomeccanica dello sport- le basi, come ottimizzare le prestazioni" di blazevich, calzetti e mariucci editori

Esame scritto

-TEST DI SALTO VERTICALE

LA STORIA= uno dei primi test utilizzati è il Test di Sargent, in cui l'individuo si posiziona vicino al muro con il braccio alzato, si prende la misura di questa altezza, e poi si fa saltare l'alunno fino a toccare con la mano nel punto più alto possibile. Si ottiene la misura del salto facendo la differenza tra le 2 misure (è il test che ho fatto alle superiori). Ovviamente questo test ha diverse problematiche, perché per esempio l'individuo magari nel salto non distende completamente il braccio, o l'individuazione del punto più alto di tocco con il braccio non è preciso; ma è anche molto vantaggioso in quanto è facilmente applicabile in qualsiasi contesto. Però ovviare a questi limiti è stato inventato un altro test chiamato Test di Abalakov. In questo test viene attaccato una sorta di metro al bacino, con uno strumento a molla che quando viene tirato fuori non ritorna più indietro. In questo modo quando l'individuo salta, il metro si srotola senza tornare indietro, in questo modo si ha la misurazione del salto.

È importante sottolineare che l'individuo per saltare il più in alto possibile, effettuerà sempre una fase di caricamento con la gambe, al fine di ottenere la massima forza esplosiva. Più precisamente si ottiene la massima forza esplosiva con il ginocchio con un angolo di 90 gradi nella fase di caricamento. Per lo slancio ci sia aiuta anche con gli arti superiori. Tuttavia questo gesto è sbagliato, ma vedremo dopo il perché.

Il test più avanzato è il cosiddetto Test di Bosco, che andava direttamente a misurare anche la biopsia muscolare degli estensori del ginocchio (responsabili del salto in alto), quindi del quadricipite, e più precisamente del vasto laterale (in quanto è un punto in cui è facile da misurare, perché si trova esterno-coscia ed è un ventre grande).

In questo modo si misurava la velocità con cui il ginocchio passava dai 90 gradi ai 180; questo perché è stato dimostrato che più è veloce questa estensione più è alto il salto. Le braccia in questo test si trovano lungo i fianchi, in modo che non vadano ad influire sul test.

Tornando al test, esso consisteva nel posizionarsi su una pedana a pressione, con le gambe alla larghezza delle spalle, ginocchio a 90 gradi, busto leggermente in avanti (non troppo perché se ci si trova con il busto troppo avanti nel salto si vanno ad utilizzare anche i muscoli della schiena), mani sui fianchi (senza staccarle durante il salto), senza caricamento (quindi in posizione ferma con il ginocchio a 90 gradi), nel salto bisognava andare distendere le gambe per poi atterrare con le gambe distese e più precisamente con l'avampiede (in modo da misurare in modo preciso il tempo di volo); e al via saltare il più in alto possibile, andando così a misurare il tempo di volo.

NOTA BENE: si potrebbe pensare che questo test non sia di grande utilità, in quanto non andrò mai a saltare in uno sport (per esempio nel calcio) con le mani sui fianchi; ma questo test serve per misurare solamente la forza esplosiva degli arti inferiori, quindi la quantità di fibre rapide presenti nel muscolo. Poi ovvio che nel salto in alto concorrono anche altri fattori come l'utilizzo delle braccia.

Più precisamente, Bosco ha diviso il test in 2 ulteriori tipi: "test squat jump" (chiamato anche "SJ", ossia quello che abbiamo appena descritto) e "test counter movement jump" (chiamato anche "CMJ", in cui la posizione di partenza è in posizione eretta, e quindi avremo la fase di caricamento delle gambe per poi arrivare al salto).

Ovviamente in caso di CMJ il salto sarà più alto rispetto a SJ, in quanto si va ad avere una fase di slancio e soprattutto si va a sfruttare l'elasticità muscolare tra contrazione ed estensione.

Bosco ha poi sviluppato una formula per calcolarla:

Elasticità muscolare= $[(CMJ - SJ) \times 100] : CMJ$

Ovviamente questo dato cala con l'avanzare dell'età.

Ci sono poi dei test che utilizzano le pedane di forza. Le pedane di forza hanno sensori posti ai 4 vertici, e rilevano la forza peso lungo l'asse verticale (z). Tramite un software che pesa le componenti rilevate da ogni sensore, viene ricavato il punto di applicazione della risultante ed il suo modulo. Ovviamente, il limite di questo strumento è che misura la forza solo lungo l'asse verticale.

Questo tipo di test misura la "Ground Reaction Force" (GRF), che all'inizio misurerà la forza espressa dal peso dell'individuo, ma che andrà ad aumentare durante la fase di caricamento per poi arrivare a 0 nella fase di volo ed avere il suo picco al momento di atterraggio.

La pedana in base alla forza va poi a elaborare dati come il tempo di volo, la potenza, l'accelerazione, la velocità...

Come dicevamo già prima, c'è una relazione tra la forza esplosiva espressa e la percentuale di fibre veloci. Bosco ha poi proposto una proporzione per capire la percentuale di fibre veloci in un individuo, facendo eseguire il maggior numero di CMJ alla massima intensità per 15 secondi, misurandone la potenza espressa grazie alla pedana. Ha dunque scoperto che gli individui con più del 50% di fibre veloci riuscivano ad esprimere una potenza maggiore sulla pedana, nei 15 secondi, rispetto agli individui con meno del 50% di fibre veloci.

Ovviamente con il passare del tempo, quindi se si prolunga il test fino a 60 secondi per esempio, questa differenza di potenza tra individui "veloci" e individui "lenti", è più difficile da notare, in quanto la partecipazione delle fibre lente diventa importante.

La formula per trovare l'altezza di salto è la seguente:

Altezza (h) = tempo di volo alla seconda x 1,226

Andando ora più nel pratico, gli strumenti più utilizzati sono come già detto la pedana a contatto ma anche la pedana a raggi infrarossi.

Ad oggi però uno studioso spagnolo ha inventato un'applicazione (chiamata "my jump") che basandosi su un video con almeno 120 fps va a calcolare tutti i dati già citati.

L'utilità della videoanalisi non è indifferente: si possono ottenere delle misure senza andare ad infastidire l'atleta con degli strumenti particolari, e anche di vedere con precisione (grazie al video appunto) i diversi momenti del gesto atletico.

Tuttavia, di contro, il video va appunto analizzato, dunque non si può ottenere le misure subito.

NOTA BENE: nel caso del salto verticale bisogna stare molto attenti però, perché per esempio in una schiacciata nella pallavolo, non possiamo considerarlo esattamente un salto verticale, in quanto non abbiamo solo una componente di forza verticale ma anche una componente di forza orizzontale (data dalla rincorsa del giocatore).

NOTA BENE: in caso non si avessero gli strumenti per fare questi test, nemmeno un muro, ma avendo solo un metro, anche il test di salto in lungo da fermò può essere un buon indicatore di forza esplosiva nelle gambe. Ovviamente è un test "peggiore" in quanto richiede una capacità coordinativa maggiore che va a influire molto sulla prestazione.

Riassumendo:

ERGO-JUMP BOSCO SYSTEM= si compone di un orologio elettronico collegato ad una pedana a conduttanza, che permette di misurare il tempo di appoggio ed il tempo di volo di uno o più salti consecutivi e ricavarne il sollevamento verticale del baricentro del corpo.

L'apparecchiatura è controllata da un microprocessore con un programma di operazione che permettono di valutare le qualità contrattili ed elastiche delle fibre muscolari e di dare in tempo reale i dati sulla potenza meccanica del soggetto.

SQUAT JUMP= in questa prova il soggetto deve effettuare un salto verticale (senza contro movimento) alla massima intensità con il busto eretto e le mani ai fianchi partendo dalla posizione di mezzo squat (angolo al ginocchio di 90 gradi). Con questo test, si calcola la forza esplosiva degli arti inferiori che viene rappresentata dal valore di elevazione raggiunto dal soggetto nelle prove di salto senza carico.

COUNTER MOVEMENT JUMP= in questa prova il soggetto deve effettuare un salto verticale partendo dalla posizione eretta e le mani ai fianchi, dovrà quindi scendere fino a formare un angolo al ginocchio di 90 gradi e rapidamente compiere il salto.

Con questo test si calcola la forza elastica degli arti inferiori che viene rappresentata dal valore di elevazione raggiunto dal soggetto nella prova di salto.

Il valore di elasticità muscolare si ottiene calcolando la differenza percentuale tra l'altezza di salto raggiunta nello SJ e quella raggiunta nel CMJ: vedi la formula scritta sopra.

TEST BOSCO 15s= questo test viene utilizzato per valutare le caratteristiche dei processi metabolici a livello muscolare per un periodo che può variare da 15s a 60s. Il metodo di esecuzione dei salti è quello del CMJ,

con al sola differenza che, anziché un solo salto, il numero dei salti da effettuare sarà stabilito dal tempo della durata del test.

Le qualità indagate variano a seconda della durata del test. Nel nostro caso, ossia solo i 15s, viene valutata la velocità di scissione dei pool fosforici e l'intervento dei processi alattacidi, per cui si ha la valutazione della potenza (espressa in Watt) e della capacità anaerobica alattacida.

I parametri rilevati sono: numero di salti eseguiti, tempo di volo e tempo di contatto. Un opportuna elaborazione di tali parametri permette di calcolare il tempo di spinta, il lavoro svolto e la potenza media. In particolare, per calcolare la potenza media è stata sviluppata la seguente formula:

Potenza media (misurata in Watt x Kg alla meno1)= (lavoro in alto + lavoro in basso) x Tp (tempo positivo) alla meno 1

Dove il lavoro in alto è il tempo in cui i piedi sono stati staccati dalla pedana, mentre il lavoro in basso è il tempo in cui i piedi sono stati sulla pedana. Il tempo positivo invece è uguale a: 1/2 del tempo totale di contatto al suolo

BIOMECCANICA 2

L'uomo è capace di muoversi nell'ambiente, di assumere una data postura, di trasferire energia meccanica all'esterno.

Tali funzioni richiedono la trasformazione di una forma di energia (chimica) in un'altra (meccanica) e sono controllate da un complesso di processi interattivi fra le seguenti 3 componenti: il sistema nervoso, il muscolo scheletrico e le caratteristiche del carico esterno (per carico esterno si intende per esempio la forza di gravità, la densità del liquido in cui ci troviamo come l'acqua, ma anche il numero di ripetizioni di un esercizio, il peso..)

TIPI DI CONTRAZIONE MUSCOLARE=

-concentrica: il muscolo si accorcia esercitando una tensione la cui direzione coincide con quella del movimento articolare (il lavoro meccanico esterno è positivo)

-eccentrica: il muscolo si allunga generando una tensione di direzione opposta a quella del movimento articolare (il lavoro meccanico esterno è negativo)

-isometrica: la tensione esercitata dal muscolo non determina spostamenti dei capi articolari (il lavoro meccanico esterno è nullo, non c'è spostamento)

Tra i substrati utilizzati, come già sappiamo, abbiamo: ATP, fosfocreatina, residui di glucosio, trigliceridi e amminoacidi.

CURVA TENSIONE-LUNGHEZZA= ci mostra che la tensione (o forza, sono la stessa cosa) massima, la si ottiene nel cosiddetto "range di lunghezza ottimale" del sarcomero, più precisamente tra i 2,1 e 2,2 micrometri, questo perché in questo range si ha il maggior numero di ponti acto-miosinici, quindi tra i filamenti di actina e miosina.

È proprio per questo motivo che i bodybuilder lavorano con grossi carichi, grossi pesi, solo in determinati range articolari, e di conseguenza range di lunghezza ottimale del sarcomero. Questi range sono molto piccoli, come abbiamo detto, e di conseguenza i movimenti sono molto piccoli, e non andranno mai a contrarre completamente il muscolo o a distenderlo completamente.

Prendendo a questo punto come esempio il bicipite brachiale, la massima tensione non sarà espressa quando l'avambraccio è completamente disteso, e nemmeno quando l'avambraccio si troverà praticamente attaccato al braccio; ma, come ci fa notare la curva, si troverà a metà movimento, quindi quando l'avambraccio si troverà più o meno a 90 gradi rispetto al braccio.

E ciò ci riporta all'angolo ottimale del ginocchio per lo squat jump o per il CMJ, quindi tutto torna.

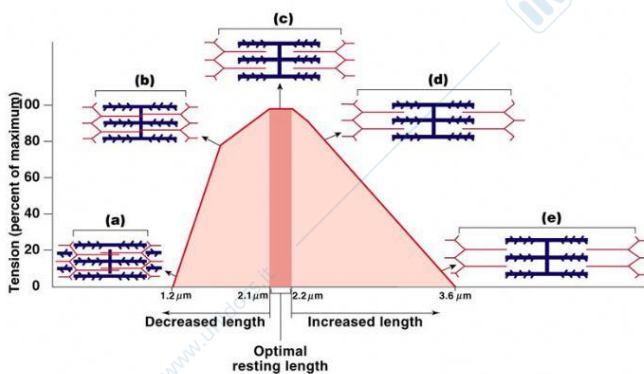


Figure 12-16

CAMMA= è una leva a braccio variabile, dipende dalla distanza del raggio dall'asse di rotazione. La camma permette alle macchine isogoniche di far aumentare il peso al centro del movimento, rendendolo inferiore all'inizio.

Essa è molto utile perché viene utilizzata nelle cosiddette "macchine isotoniche", e mi rende più semplice il sollevamento del peso nei range of motion in cui in teoria dovrebbe essere più difficoltosa. Dunque, per esempio, a differenza di un manubrio che solleviamo liberamente (in cui appunto sentiremo la differenza di difficoltà in base ai diversi range of motion), la camma ci permetterà di avere la stessa tensione in tutti i diversi range of motion (per questo appunto si chiamano macchine isotoniche, iso= uguale e toniche=tensione, quindi uguale tensione).

CURVA FORZA-VELOCITÀ= all'aumentare dell'uno, diminuisce l'altro; quindi esprimerò la mia massima forza a basse velocità ed il contrario.

Questa curva cambia in base all'allenamento: con un allenamento di forza sarò in grado di esprimere più forza, a discapito della velocità; e viceversa.

Questa curva può essere tracciata anche con il test di bosco: al posto della velocità metto l'altezza del salto, al posto della forza metto il carico. Dunque aggiungendo pesi al saltatore l'altezza diminuirà e viceversa. Possiamo fare questa "sostituzione", perché l'altezza del salto è direttamente proporzionale alla velocità angolare al ginocchio.

Questo grafico è importante inoltre, perché, come sappiamo, forza per velocità ci dà la potenza. La potenza è massima ad un valore intermedio tra velocità e forza, quindi, riprendendo la curva forza-velocità, la potenza massima la vedremo a metà curva.

Quindi la velocità sarà al 50% (più o meno) del massimale, e la forza sarà al 50% (più o meno) del massimale.

BIOMECCANICA 3

LE LEVE DEL CORPO UMANO= i muscoli scheletrici (che rappresentano l'elemento attivo del movimento), inserendosi sulle ossa (che rappresentano l'elemento passivo del movimento), per mezzo della contrazione muscolare determinano il movimento. Questo è possibile grazie anche alle articolazioni (che rappresentano l'elemento di congiunzione e perno delle ossa). Tutto l'apparato locomotore è basato su un sistema di leve. Questa sistemazione determina che, tutte le volte che c'è movimento, si produce una leva che può essere di primo, di secondo o di terzo tipo.

- fulcro-> asse di rotazione (di solito l'articolazione, ma può essere anche un punto di appoggio o di presa)
- potenza-> punto in cui viene applicata la forza (di solito l'origine o l'inserzione muscolare, non il ventre muscolare)
- resistenza-> punto in cui viene generata la resistenza stessa (un peso, lo spostamento di un segmento corporeo, la gravità etc..)

LEVA DI 1 GENERE= leva svantaggiosa, per esempio quella dell'articolazione atlanto-occipitale. Il fulcro è appunto l'articolazione, la resistenza è il peso del capo, e la potenza sono i muscoli splenici (posteriori del collo).

È svantaggiosa perché la potenza è più bassa rispetto alla resistenza.

LEVA DI 2 GENERE= è vantaggiosa, per cui la potenza è maggiore della resistenza. Facendo un esempio, prendiamo la gamba: il fulcro è nelle falangi delle dita dei piedi, la resistenza è data dal peso che grava sulla caviglia e la Potenza è data dai muscoli gemelli (che esercitano una trazione sul tendine di Achille).

LEVA DI 3 GENERE= è svantaggiosa, per cui la resistenza è maggiore della potenza. Prendiamo come esempio il gomito: il fulcro è appunto l'articolazione del gomito, la resistenza è data dal peso dell'avambraccio e dell'eventuale massa sostenuta dalla mano, e la potenza è data dalla forza esercitata dal muscolo bicipite brachiale.

NOTA BENE: l'articolazione del gomito con il braccio disteso è più svantaggiosa dell'articolazione del gomito col braccio raccolto vicino al tronco poiché in questo caso si può aumentare il braccio della potenza e diminuire quello della resistenza.

Un paio di formule:

-velocità media= $\Delta S / \Delta T$

-velocità istantanea= spazio istantaneo / tempo istantaneo

-accelerazione media= $\Delta V / \Delta T$

-accelerazione istantanea= velocità istantaneo / tempo istantaneo

LEGGI DELLA DINAMICA

1 LEGGE= legge d'inerzia di Galilei= ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, salvo che sia costretto a mutare quello stato da forze esterne.

2 LEGGE= legge di Newton= il cambiamento di moto è proporzionale alla forza risultante motrice impressa, ed avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza è stata impressa.

L'accelerazione di un corpo è proporzionale alla forza risultante sul corpo stesso.

Più precisamente, questa legge ci da una formula: Forza= massa x accelerazione

3 LEGGE= principio di azione e reazione= ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.

Facendo un esempio, prendiamo un atleta che sta sollevando un peso; quindi abbiamo da una parte la forza espressa dall'atleta e dall'altra il peso.

Se la forza è uguale al peso, allora si tratta di una contrazione isometrica.

Se la forza è maggiore del peso, allora si tratta di una contrazione concentrica.

Se la forza è inferiore al peso, allora si tratta di una contrazione eccentrica.

Diciamo che il suo massimale è di un peso di 100kg. Se gli mettiamo un peso di 100kg, lui sarà in grado (in caso di uno squat con il peso per esempio) solamente di cedere a questa forza, quindi partendo dalla stazione eretta, riuscirà solamente ad abbassarsi "resistendo" alla forza del peso. Proprio per questo motivo possiamo dire che la forza eccentrica è inferiore al peso, ma superiore alla forza concentrica.

LA FORZA MUSCOLARE= la forza muscolare si può definire come la capacità che i componenti intimi della materia muscolare hanno di contrarsi, in pratica di accorciarsi.

La forza è la capacità del muscolo scheletrico di produrre tensione nelle varie manifestazioni.

Si può definire la forza dell'uomo come la sua capacità di vincere una resistenza esterna o di opporvisi con un impegno muscolare.

-caratteristiche del corpo umano che influenzano la produzione di forza= tipo di fibre muscolari / reclutamento spaziale e temporale delle fibre / angolo di pennazione / sezione trasversa del muscolo (ipertrofia, iperplasia) / fattori legati allo stiramento (stretching) / punto di inserzione dei tendini / caratteristiche cinematiche delle articolazioni / coordinazione intra ed intermuscolare.

TIPI DI FIBRE MUSCOLARI= tipo 1 (rosse o Slow twitch) / tipo 2a (intermedie) / tipo 2x (bianche o fast twitch).

Le 2x sono veloci ad esprimere forza e ne esprimono di più, ma sono facilmente affaticabili.

Le 1 sono lente ed esprimono meno forza, ma sono difficilmente affaticabili.

In base al carico, intervengono le diverse fibre: con un carico basso intervengono solo le tipo 1, con un carico intermedio intervengono anche le 2a; mentre con un carico elevato intervengono tutti e 3 i tipi di fibre.

RECLUTAMENTO DELLE FIBRE MUSCOLARI= la graduazione della forza sviluppata dipende dalla possibilità di variare la frequenza di stimolazione delle unità neuromotorie e dalla possibilità di variare il numero delle unità neuromotorie stimulate. Il meccanismo che regola il numero di unità motorie da reclutare per sviluppare tensioni diverse viene definito reclutamento.

Un soggetto sedentario normalmente recluta solo il 30-50% delle unità a disposizione, dopo alcune settimane di lavoro, il soggetto è in grado di esprimere più forza grazie ad un maggior reclutamento di unità motorie, mentre con il proseguire del tempo la causa del miglioramento di forza diventa l'ipertrofia.

La sincronizzazione si può definire come la capacità di reclutare tutte le fibre nello stesso istante. Quindi la sincronizzazione ci porta ad un ulteriore miglioramento della forza e soprattutto al miglioramento della forza esplosiva. Secondo Sale (1988) la sincronizzazione delle unità motorie non porta ad un aumento della forza massima ma ad una capacità di sviluppare forza in tempi più brevi (quindi forza esplosiva).

L'incremento di forza che un muscolo ottiene dopo un periodo di allenamento, è dovuto a adattamenti e modificazioni sia della parte miogena (quindi quella proprio della parte muscolare, sarcomero, actina e miosina etc) sia della parte neurale. Questi miglioramenti portano ad un diverso rapporto tra forza sviluppata ed attività elettrica prodotta dal sistema nervoso centrale (quindi un miglioramento del rapporto tra elettromiografia e forza, dove l'elettromiografia o EMG è l'attività elettrica del muscolo, della sua attivazione). Un decremento di questo rapporto è dovuto ad una riduzione dell'attività elettrica ed un aumento della forza evidenzia un fenomeno definito da Bosco efficienza neuromuscolare.

Detto in parole povere, un atleta allenato, avrà un sistema neuromuscolare più efficiente, che gli permetterà di esprimere la stessa forza con una minore attivazione rispetto ad un sedentario per esempio.

I muscoli sono di diverse categorie: fusiforme ("quello normale"), semipennato, bipennato o pluripennato. La pennazione è l'angolo di inclinazione della fibra muscolare (per esempio di 30 gradi), ed è uno dei fattori che influenzano la forza.

In teoria, secondo le regole vettoriali, un muscolo fusiforme dovrebbe generare una forza maggiore, ma, questo angolo generato dalla pennazione permette al muscolo di avere più fibre al suo interno, quindi sarà in grado di generare più forza.

Detto in parole povere, la fibra singola fusiforme, esprime più forza rispetto alla singola fibra pennata; ma appunto, dato l'angolo di pennazione, la sezione trasversa in un muscolo pennato presenterà più fibre, quindi genererà più forza.

Tuttavia, la velocità di contrazione rimane maggiore nel muscolo fusiforme.

Grazie all'ecografia, è possibile individuare l'angolo di pennazione, la lunghezza (più o meno) delle fibre etc...

CAUSE DELL'IPERTROFIA= aumento delle miofibrille / sviluppo degli involucri muscolari (tessuto connettivo) / aumento della vascolarizzazione / aumento del numero di fibre (iperplasia), argomento ancora molto discusso e criticato da diversi ricercatori.

Un grafico ci mostra quale sia l'adattamento in seguito ad allenamento.

Nella prima fase di allenamento si nota una fase predominante di adattamento neurale. Generalmente si può notare questo miglioramento, già dopo 4 settimane. Questa fase è stata studiata nella maggior parte delle ricerche pubblicate nella letteratura internazionale.

Solo in seguito, quindi dopo allenamenti prolungati, avviene un adattamento a livello muscolare e quindi la relativa ipertrofia. Generalmente possiamo notare ipertrofia dopo circa 10 settimane.

CURIOSITÀ= Di recente è stato pubblicato uno studio sulla dose minima di allenamento aerobico e di forza, per mantenere lo stato di allenamento costante.

FATTORI LEGATI ALLO STIRAMENTO= un muscolo preventivamente allungato esprime nel successivo accorciamento una forza diversa (tendenzialmente minore) rispetto ad una semplice contrazione eccentrica. Le cause di questo fenomeno sono: sollecitazione del sistema nervoso / proprietà visco-elastiche del muscolo e dei tendini.

INSERZIONE TENDINI= Parlando del punto di inserzione dei tendini, prendiamo come esempio la leva del braccio, con fulcro il gomito: la formula per calcolare la potenza necessaria per sollevare un peso è questa: $Potenza = (\text{braccio della resistenza} / \text{braccio della potenza}) \times Resistenza$ dove il braccio della resistenza è la distanza tra il fulcro ed il peso; mentre il braccio della potenza è la distanza tra il fulcro ed il peso.

Dunque, l'inserzione dei tendini ha una sua funzione molto importante sulla espressione della forza, in quanto, in base all'inserzione cambia il braccio della potenza.

CARATTERISTICHE CINEMATICHE DELLE ARTICOLAZIONI= la posizione del centro di istantanea rotazione (CIR) varia al variare dell'angolo articolare e quindi varia il braccio di leva corrispondente al momento articolare, prodotto da un determinato muscolo. Di conseguenza ciò influenza l'espressione di forza.

Il braccio di leva poi ovviamente cambia al variare dell'angolo articolare: prenderò come esempio sempre il braccio, nella prima fase di contrazione del bicipite, piuttosto che far ruotare il gomito, il muscolo "tirerà l'ulna ed il radio verso l'omero", mentre in una seconda fase, quindi quando si avrà una contrazione maggiore, avverrà la rotazione del gomito.

COORDINAZIONE INTRA ED INTER MUSCOLARE= molti studi dimostrano che il miglioramento della forza è specifico, cioè un progresso ottenuto in un determinato esercizio, ad esempio lo squat, non è sempre accompagnato da un miglioramento della forza in un altro esercizio. Ciò significa che incrementi di forza in parte sono dovuti alla coordinazione di quei muscoli che intervengono e che sono specifici per quel determinato esercizio.

Si presenta la necessità di inserire esercizi di forza speciale e specifica per ogni disciplina sportiva.

BIOMECCANICA 4

I MODELLI DI STUDIO NELLO SPORT= ossia tutti quei fattori che bisogna tenere in considerazione nello studio di uno sport:

-energetico-> impegno aerobico/anaerobico

-impegno cardiovascolare-> intensità

-ambiente-> rischio intrinseco (può essere clima, temperatura, ma anche salita e discesa per un ciclista per esempio)

-drive centrale-> impegno neurogeno

-attivazione muscolare-> impegno pressorio (in sostanza quali muscoli vengono attivati di più)

-biomeccanica-> gesti, attrezzi, superfici (per esempio, parlando delle superfici, c'è grande differenza tra un campo di calcio in erba normale piuttosto che in erba sintetica; oppure tra correre in una pista di atletica e correre in sentieri di montagna. Oppure parlando delle attrezzature anche solo la differenza tra scarpe di calcio coi tacchetti o senza, o con meno tacchetti).

Ma perché è importante studiare la biomeccanica nello sport? Perché c'è sempre una evoluzione dei gesti agonistici, sia per migliorare la performance ma anche per la prevenzione di infortuni; e anche perché bisogna sempre considerare i materiali meccanici e le superfici, sempre con lo stesso fine competitivo e preventivo.

Il modello biomeccanica prevede l'esecuzione di un test, utilizzando strumenti di analisi; ed il conseguente studio dei risultati ottenuti.

Andando più nel particolare, parliamo dello studio della dinamica nello sport, ossia lo studio del movimento. Essa comprende 2 branche:

-cinematica-> ossia le caratteristiche del movimento (posizione, velocità, accelerazione)

-cinetica-> forze che condizionano il movimento (gravità, attriti, componenti elastiche ecc...)

A tal proposito sono ovviamente fondamentali gli strumenti di analisi, che ad oggi devono essere il più avanzati possibile: per esempio, nel caso di videocamere, gli fps (frame per secondo) devono essere il più alto possibile per analizzare in maniera minuziosa il movimento, il gesto etc..

Nell'analisi del movimento si misurano solitamente 3 tipi diversi di dato:

-dati cinematici-> cioè i movimenti del corpo, vengono misurati utilizzando i sistemi di motion capture

-dati dinamici-> cioè le forze e i momenti angolari; vengono misurati utilizzando piattaforme di forza e altri sensori

-dati elettromiografici-> cioè i segnali elettrici di attivazione dei muscoli; vengono misurati con degli elettrodi

Parlando dei sistemi di motion capture, il soggetto eseguirà il gesto filmato da diverse videocamere posizionate in punti diversi in modo da avere diverse angolazioni, con addosso i cosiddetti "marker riflettenti" che saranno i punti di riferimento delle videocamere.

Sarà poi possibile aggiungere per esempio pedane a pressione in modo da misurare anche i dati relativi alla forza.

NOTA BENE: questi test sono chiaramente molto utili per gli atleti, per i professionisti; ma possono essere utilizzati anche per soggetti "normali" valutando magari degli squilibri, alcuni movimenti scorretti etc. Poi ovviamente possono essere utilizzati anche a scopo riabilitativo.

Per esempio, sulla pedana, viene rappresentato un passo come la forma di un'ellisse, e potremo notare degli squilibri in base alla grandezza dell'ellisse: più l'ellisse è grande più ci sarà uno squilibrio evidente e quindi un problema magari vestibolare.

Un esempio di integrazione di dati cinematici, dinamici ed elettromiografici è il cosiddetto "gait analysis", ossia lo studio del passo nella camminata/corsa.

Si possono poi studiare anche le potenze articolari, sempre mediante l'utilizzo dei marker (sia interni che esterni).

Ad oggi poi ci sono nuovi sistemi di acquisizione, che funzionano anche senza l'utilizzo dei marker. Un esempio sono per esempio i sistemi "optoelettronici" che funzionano mediante laser.

Ci sono poi sistemi elettromeccanici, come per esempio gli elettrogoniometri. Essi misurano l'angolo tra 2 segmenti corporei, ma hanno una scarsa accuratezza, perché i sensori possono ostacolare il movimento. Inoltre essi forniscono solo misura angolari, quindi non la posizione e l'orientamento tridimensionale.

Ci sono poi gli accelerometri ed i giroscopi (chiamati dispositivi "MEMS"). Gli accelerometri sono piccoli sensori che misurano le accelerazioni lineari; a partire dalle accelerazioni e da un modello che descrive la dislocazione degli accelerometri sul soggetto, si possono calcolare la posizione e l'orientamento dei vari segmenti corporei (1D, 3D).

I giroscopi invece misurano le accelerazioni angolari.

Ci sono poi altri sistemi come fibre ottiche, sistemi magnetici, sistemi gps e sistemi radar.

BIOMECCANICA 5

PEDANE DINAMOMETRICHE= Per misurare la forza, in biomeccanica si utilizzano le cosiddette "pedane dinamometriche" (o pedane di forza). Esse hanno dei sensori (piezoelettrici), posti ai 4 vertici, che rilevano la forza peso lungo l'asse verticale (ossia l'asse z). Tramite un software che pesa la componenti rilevate da ogni sensore, viene ricavato il punto di applicazione della risultante ed il suo modulo. La frequenza di acquisizione è normalmente di circa 200 Hz.

Per far ciò, si sfrutta, facendo un richiamo di fisica, il terzo principio, ossia quello che stabilisce che la forza normale che il saltatore esercita sul terreno è uguale e opposta a quella che il terreno esercita su di lui. Durante la spinta l'intensità della coppia di forze varia e diventa nulla al decollo.

Quando parliamo di pedane di forza, siamo costretti dunque a parlare della cosiddetta "ground reaction force"; ossia la forza esercitata dal terreno sul saltatore (che ricordiamo essere sempre uguale e opposta a quella che esercita lui sul terreno).

La pedana di forza, oltre alla forza, ci darà diversi dati: la velocità, l'accelerazione, la potenza ed il tempo di volo. Potremo notare, graficamente parlando, che tutti questi dati hanno un picco nel momento dello stacco da terra, ovviamente.

In alcuni laboratori, queste pedane possono essere integrate al pavimento, e quindi diviene possibile camminare su queste pedane ed ottenere dei risultati relativi alla camminata.

Questi dati ci forniranno dei diagrammi forza-tempo; che ci fanno notare le differenze tra un passo veloce ed un passo lento.

Con il progresso tecnologico si è addirittura arrivati a creare delle solette delle scarpe in grado di fornirci dei dati sulla camminata o sulla corsa.

ERGOMETRI ISOCINETICI= sono altri strumenti per misurare la forza. Essi sono in grado di misurare la forza, una volta impostata la velocità di esecuzione del movimento (che è dunque costante in tutto il movimento; essendo il movimento isocinetico un movimento con velocità angolare uguale in tutti i punti del suo range of movement). Per esempio, si potrà impostare la velocità a 30 gradi al secondo, e far eseguire un movimento di estensione della gamba propriamente detta.

Questo tipo di strumento, viene utilizzata soprattutto a livello riabilitativo, perché il movimento viene svolto a velocità costante, e quindi si vanno ad evitare danni a livello tendineo e legamentoso dati dalla rapidità con cui può essere svolto un movimento. Inoltre, la macchina, da una sensazione molto particolare: essa è in grado di far svolgere il movimento praticamente senza alcuna fatica o dolore (in caso appunto di lesioni) perché opporrà una resistenza in grado di farci svolgere il movimento con assoluta semplicità.

E' proprio per questo motivo, che viene utilizzata anche per valutare il livello di forza a cui, durante il processo di riabilitazione, l'arto infortunato è riuscito ad arrivare.

Con questo tipo di strumento dunque otterremo dati relativi alla forza ed alla velocità, che ci permetteranno di costruire un grafico forza-velocità, che è un grafico in cui man mano che la forza sale, la velocità scende. Questo tipo di grafico permette poi di disegnarne anche uno potenza-velocità.

Ovviamente a tal proposito bisogna ricordarsi le formule:

-potenza= forza x velocità

-lavoro= forza x spostamento

NOTA BENE: il test isocinetico fa comunque sempre riferimento a 2 movimenti, nel caso della gamba flessione ed estensione. Ciò è importante, perché, avendo i dati di e entrambe i movimenti, e quindi dei diversi distratti muscolari, possiamo notare eventuali scompensi muscolari (tra estensori e flessori per esempio in questo caso).

Ma non solo: si possono notare anche scompensi tra una gamba e l'altra, e dunque possiamo utilizzare la macchina anche per capire che scompenso ci sia tra un arto infortunato ed uno non, e di conseguenza capire quando un arto si sta riprendendo e quindi si è "pronti al ritorno in campo".

ERGOMETRI ISOMETRICI= è uno strumento con cui possiamo misurare la forza (attraverso una cella di carico) durante una contrazione isometrica, quindi con il muscolo alla stessa lunghezza. Il grafico che se ne ricava, è un grafico forza-tempo, in cui la forza aumenta man mano che passa il tempo, fino ad arrivare al massimale.

Bisogna però ricordare che, la forza espressa con questo tipo di test, è una forza che si riferisce solo ad un determinato range articolare (essendo appunto una contrazione isometrica); e quindi tale forza non potrà mai essere la stessa in sala pesi per esempio.

A tal proposito, generalmente, si fa fare questo test nel range articolare ottimale (per esempio nel caso degli arti inferiori, con un angolo al ginocchio di 90 gradi), quindi con la creazione del maggior numero di ponti acto-miosinici e quindi con la massima espressione della forza.

NOTA BENE: il picco di forza si ottiene dopo un certo periodo di tempo; questo perché il reclutamento delle diverse unità motorie, delle fibre lente e veloci, richiede tempo appunto.

Ovviamente però, l'esperto che fa il test deve essere bravo a notare quando il massimale è stato raggiunto con il solo ausilio dei muscoli della gamba (facendo un esempio), e non magari quando si ha inarcato la schiena (sempre facendo riferimento all'esempio); per quanto poi ovviamente la macchina isola già di per sé il movimento.

Questa contrazione massimale viene chiamata "MVC", ossia "maximum voluntary contraction".

NOTA BENE: la parte fondamentale di queste macchine, è la cella di carico, che è lo strumento che è in grado di eseguire una trasduzione fisico-elettrica, ossia la conversione di forza in un segnale elettrico.

Un altro esempio di un dinamometro isometrico, è l'HANDGRIP TEST, ossia un test che si avvale della legge di Hooke; legge per cui la forza elastica è direttamente proporzionale e opposta alla forza esercitata su di essa.

In questo tipo di test si richiede al soggetto di stringere lo strumento con la mano, con la sua massima forza. Questo test è molto importante, perché scarsi risultati su questo test sono correlati a rischi cardiovascolari e sarcopenia.

Ci sono poi gli ENCODER, ossia strumenti che permettono di rilevare velocità, spostamento angolare e verso di rotazione di un albero (ossia quella parte attaccata ai cicloergometri per fare un esempio).

Oppure ancora, la forza può essere misurata attraverso l'ELETTROMIOGRAFIA.

BIOMECCANICA 6

IL CAMMINO

Il cammino è un gesto evolutivo in quanto dobbiamo apprendere a camminare dopo mesi di allenamento (intorno all'anno di età). Questo allenamento prevede il gattonamento (fase importantissima che non deve essere saltata) e varie fasi di cammino in cui il bambino viene aiutato da oggetti o persone. Questa fase di allenamento è a carico del SNC impara a coordinare tutti i diversi sistemi fisiologici.

STORIA DELL'ANALISI DEL CAMMINO

Nel 1870 Marey è stato uno dei primi ad andare ad analizzare il cammino attraverso scatti ripetuti nel tempo: attraverso i movimenti dati da un uomo con una tuta nera con strisce luminose riuscirono ad ottenere un diagramma a stick.

Nel 1895 sempre Marey andò a studiare il salto verticale attraverso piattaforme dinamometriche.

Oggi abbiamo attrezzatura tecnologica che ci permette anche una maggior precisione: per il tempo è possibile utilizzare fotocellule/ per la cinematica esistono degli elettrogoniometri, accelerometri, sistemi inerziali, sistemi video, sistemi optoelettrici a marcatori (passivi e attivi) e markless/ per la forza esistono

sensori piezoresistivi o piezoelettrici/ per la pressione invece i footswitches o plantari che possono essere resistivi o capacitivi. A seconda del tipo di analisi hanno dei pro e dei contro.

Tramite un sistema optoelettrico a marcatori possiamo anche arrivare a costruire nello spazio tridimensionale un sistema di forze. Questo grazie a diverse videocamere posizionate in più punti nella stanza che riprendono simultaneamente. È utilizzabile in campo sportivo nella valutazione di gesti tecnici specifici, ma anche in videogiochi. Può essere utile anche per prevenzioni a infortuni o valutazione della camminata degli anziani che hanno una grande possibilità di caduta con frequente frattura del collo del femore.

DEFINIZIONE BIOMECCANICA

È una successione di movimenti ciclici degli arti inferiori, bacino, tronco, arti superiori e capo che determinano uno spostamento del centro di massa.

IL CENTRO DI MASSA (CDM)

È il baricentro, il punto di applicazione della risultante di tutte le forze peso dei segmenti corporei (testa, tronco, arti superiori e inferiori). Solitamente nell'uomo in posizione eretta si trova anteriormente a L5 (vertebra lombare), durante il cammino il CDM si sposta rimanendo nella regione pelvica e con la sua proiezione a terra sempre all'interno del poligono di appoggio formato dai nostri piedi. Se dovesse uscire perderemmo l'equilibrio e cadremmo.

La traiettoria del CDM sarà la sovrapposizione di movimenti verticali e movimenti laterali. La traiettoria verticale è utilizzata dal contapassi.

CICLO DEL CAMMINO (PASSO)

Semipasso (step) $\frac{1}{2}$ è il periodo compreso tra l'appoggio di un tallone e l'appoggio del controlaterale (l'altro tallone);

Passo (stride) $\frac{1}{1}$ è il periodo che intercorre tra due appoggi successivi dello stesso arto al terreno.

FASI DEL CAMMINO

Circa il 60% del tempo in un passo il piede è in appoggio, per il resto c'è la parte di sospensione (oscillazione o swing). La stessa fase di appoggio è ulteriormente divisa in: doppio appoggio, singolo appoggio, doppio appoggio. L'intero passo può essere suddiviso in:

- Contatto iniziale: la reazione al terreno passa posteriormente alla caviglia e posteriormente al ginocchio e all'anca. Le articolazioni che vengono coinvolte sono quelle del ginocchio, caviglia e anca. In questa fase i muscoli tibiali, il quadricipite, gli ischiocrurali e il grande gluteo vengono attivati, mentre il gluteo medio agisce come muscolo stabilizzante della pelvi sul piano coronale (trasverso);
- Risposta al carico: compare un momento esterno flessorio del ginocchio a causa del rotolamento del corpo arretrata rispetto al ginocchio. Il corpo in questa fase rimane più indietro rispetto al ginocchio;
- Appoggio intermedio/centrale: si verifica un calo della reazione al terreno (la componente di forza diminuisce). I muscoli che intervengono sono il tricipite surale, il quadricipite, il grande e il medio gluteo.
- Appoggio terminale: c'è un secondo picco superiore al peso corporeo perché qui partirà la fase di spinta. I muscoli attivati sono il tricipite surale per compensare il momento esterno dorsoflessorio e il tensore della fascia lata per compensare il vettore di forza che passa per l'anca;
- Pre oscillazione: la muscolatura attivata è molto limitata, ma l'iniziale flessione dell'anca avviene grazie al retto femorale e l'adduttore lungo, mentre la flessione del ginocchio è automatica;
- Oscillazione iniziale: vengono attivati il capo corto del bicipite, dell'ileo e dei tibiali per favorire l'avanzamento dell'arto e permettere una corretta azione di clearance (spazzolamento);
- Oscillazione intermedia/centrale: in questa fase l'ileo contribuisce alla flessione dell'anca mentre gli ischiocrurali attuano un'azione eccentrica per rallentare l'avanzamento della coscia mentre i tibiali continuano nell'azione di dorsoflessione;
- Oscillazione finale: il grande gluteo, gli ischiocrurali, il quadricipite e i tibiali sono attivati perché sta per ricominciare il ciclo e il peso del corpo andrà a gravare sull'arto.

PARAMETRI DI INTERESSE

1. Lunghezza del passo
2. Larghezza del passo
3. Cadenza (passi al minuto)
4. Velocità
5. Tempo di contatto (frequenza)
6. Fasi del passo

Tra la frequenza e la velocità c'è un rapporto di proporzionalità diretta, quindi se voglio aumentare la mia velocità mi basta aumentare la frequenza del passo.

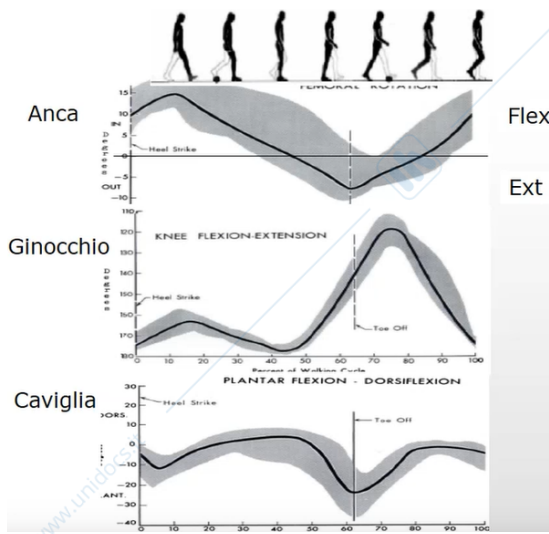
Tra il tempo di contatto e la velocità c'è invece una proporzionalità inversa, quindi diminuendo il tempo di contatto a terra aumenterà la velocità del cammino.

GRANDEZZE MECCANICHE

- Variabili cinematiche: prescindono dalle cause e sono spostamenti lineari e angolari, velocità e accelerazioni

- Variabili dinamiche: considerano le cause e sono forze interne ed esterne, lavoro e potenza
- Attivazione muscolare: attraverso sonde elettromiografiche (?) è possibile andare a valutare pattern di attivazione muscolare e co-contrazione

CINEMATICA DEL CAMMINO



Durante ogni fase del carico le escursioni angolari delle articolazioni seguono un determinato andamento. Quando parliamo di heel strike si parla di contatto del tallone con il terreno, il toe off è invece lo stacco. Questi sono gradi ideali di riferimento, perciò è possibile valutare e andare a migliorare e correggere la camminata scorretta.

ANCA

Nella fase di risposta al carico abbiamo un primo picco, poi nella fase di appoggio intermedio, l'anca si trova in una posizione neutra, all'inizio della fase di stacco abbiamo invece un picco negativo che torna poi ad un valore 0 quando si arriva in fase di oscillazione.

GINOCCHIO

Nella fase di risposta al carico abbiamo una prima fase di flessione di circa 160°, poi si torna a 180° in fase di appoggio intermedio e infine abbiamo la flessione maggiore con un angolo di 120° nella fase di oscillazione.

CAVIGLIA

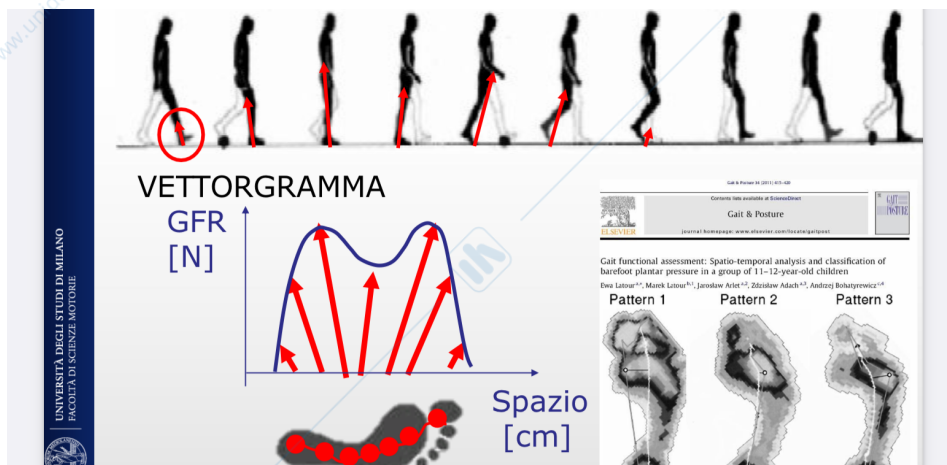
Al contatto col terreno l'angolo parte in negativo, per andare sotto ancora di più fino al primo picco in fase di risposta al carico. L'unico valore positivo lo abbiamo in dorsiflessione nella fase di appoggio intermedio. Si torna poi al picco maggiore di negatività in flessione plantare nella fase di stacco, per poi ridurre l'escursione in fase di oscillazione.

Nel grafico possiamo dunque notare come, nella camminata, con l'aumentare della velocità aumentino anche i passi.

DINAMICA DELLA CAMMINATA= per capirla dobbiamo far riferimento al al terzo principio di newton:

-3 principio-> quando 2 corpi interagiscono, il corpo 2 (il terreno in questo caso) esercita sul corpo 1 (uomo) una forza uguale in modulo ma di verso opposto alla forza che il corpo 1 esercita sul corpo 2.

Essa è la cosiddetta "ground reaction force", che varia in base al momento di appoggio del piede: analizzando il vettrogramma, possiamo notare come quando appoggio inizialmente il piede (con il tallone quindi) la GRF è minima, mentre poi andrà aumentando man mano che appoggio una superficie maggiore del piede; fino a tornare minima nel momento in cui starò per rialzare il piede e quindi l'unica parte a toccare il terreno sarà la punta del piede. Vedi le immagini per capire meglio.



Ovviamente la direzione del vettore GRF impone la direzione del momento articolare:
 -momento articolare= braccio di leva x GRF

NOTA BENE: tutti questi dati sono analizzati grazie alle pedane di forza

MODELLO ENERGETICO DEL CAMMINO= un corpo in movimento sottoposto a spostamenti verticali ed orizzontali rispetto ad un sistema di riferimento, possiede una quantità di energia totale ("Et") data da variazioni di energia potenziale ("Ep"), energia cinetica verticale ("Ekv") ed energia cinetica di avanzamento ("Eka"). Quindi:

- $E_t = \Delta E_p + \Delta E_{kv} + \Delta E_{ka}$

Se dovessimo dunque creare un modello matematico del cammino, ne verrebbe fuori un grafico con un modello a pendolo rovesciato (o pendolo inverso); in cui:
 -energia totale= energia potenziale + energia cinetica= costante

NOTA BENE: ovviamente questo essere costante, è dato dal fatto che vengono esclusi attriti e la resistenza all'aria, che però nella realtà esistono chiaramente.
 Inoltre, questa costanza è mantenuta tale dal lavoro muscolare ovviamente.

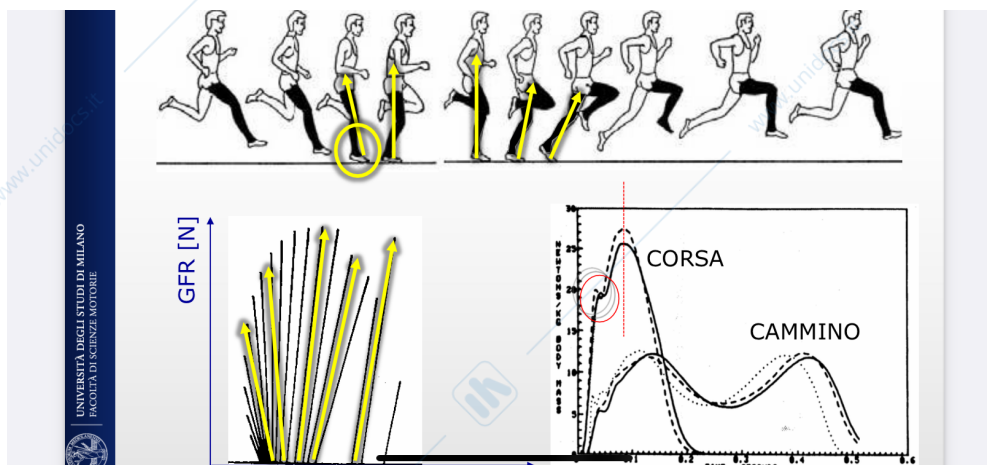
Parlando invece di energia potenziale ed energia cinetica, esse nel modello seguono una legge sinusoidale, e sono in opposizione di fase (cioè quando una è maggiore l'altra è minore e viceversa).

LA CORSA

FASI= a differenza del cammino, nella corsa abbiamo una fase in cui nessuno degli arti tocca il terreno. Questa fase viene chiamata "fase di sospensione". Ci sono poi le solite fasi di appoggio e di spinta.

Andando in ordine, avremo inizialmente un avanzamento del baricentro, che è seguita dalla spinta dell'arto portante che provoca la fase aerea. In seguito alla fase aerea avremo poi una fase di contatto con il terreno, ed una fase di ammortizzamento e di caricamento; per poi ricominciare il ciclo.

Se quindi andiamo a costruire anche quindi il nostro vettrogramma, possiamo notare come la GRF sia maggiore in tutte le fasi di appoggio, e come (ovviamente) il tempo della fase in cui il piede si trova a contatto con il terreno sia molto minore. Vedi le immagini per capire meglio



Quanto invece all'analisi del contatto plantare, si nota come negli atleti di velocità, l'area di contatto del piede con il terreno è soprattutto a carico dell'avampiede (perché appunto si ricerca la velocità e quindi un tempo di contatto col terreno molto piccolo); mentre negli atleti fondisti l'area di contatto del piede con il terreno va a

ricoprire tutta la pianta del piede (perché appunto le velocità sono molto minori e perché la tecnica di corsa è molto diversa e richiede appunto l'utilizzo di tutto il piede).

MODELLO ENERGETICO DELLA CORSA= mentre nel cammino il modello era a pendolo rovesciato, nella corsa questo modello prende la forma di una molla elastica, in cui:

-energia totale= energia potenziale verticale + energia cinetica verticale + energia cinetica di avanzamento

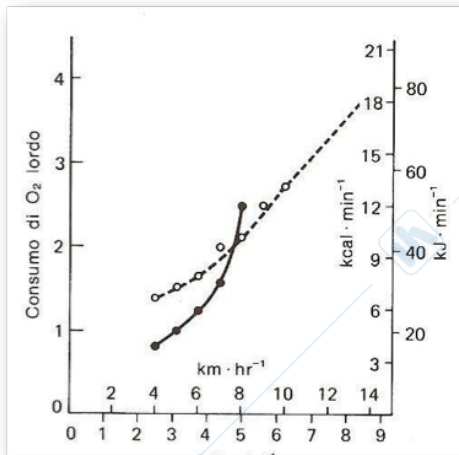
In questo caso poi, energia potenziale ed energia cinetica sono in concordanza di fase; questo perché durante la fase di ammortizzazione si ha un accumulo di energia elastica che viene restituita nella fase propulsiva.

Questo accumulo di energia elastica avviene a livello tendineo: nella fase di contatto al suolo si ha lo stiramento del tendine che è necessario per l'ammortizzamento; che va poi a provocare appunto un ritorno elastico nel momento in cui si ha la fase di spinta.

COSTO ENERGETICO DEL CAMMINO E DELLA CORSA= questo ritorno elastico a livello tendineo ci fa anche capire perché il costo energetico della corsa è stranamente inferiore rispetto a quello del cammino: a parità di velocità (ovviamente devono essere velocità sufficientemente elevate da permettere la corsa, generalmente intorno ai 7/8 chilometri orari), il costo energetico della corsa è inferiore a quello della camminata, perché con la corsa abbiamo appunto questo fenomeno di ritorno elastico che è assente nella camminata.

Il costo energetico viene calcolato come consumo di ossigeno lordo.

Per capire meglio guarda l'immagine; dove la linea tratteggiata rappresenta la corsa, mentre quella continua il cammino.



Quanto alla formula per calcolare il costo energetico, è la seguente:
-costo energetico= VO₂ : velocità

LA MARCIA

Nella marcia non c'è mai la fase di sospensione (o fase aerea) e durante la fase di appoggio di un arto, il ginocchio deve essere bloccato (questo perché è la tecnica prevista dal regolamento).

Questo tipo di locomozione provoca di conseguenza degli adattamenti a livello anche del tronco e degli arti superiori (e ciò a lungo andare è negativo, perché è un estremizzazione del movimento).

Nella marcia, la lunghezza del passo e la frequenza del passo, sono direttamente proporzionali alla velocità.

Quanto invece alla GRF, se andiamo a vedere il vettorgramma, la maggior forza la abbiamo quando il ginocchio è bloccato e quindi quando la gamba è appoggiata a terra. Vedi immagine per capire meglio.

