

Psicofisica del Karate tradizionale

M° Benocci Roberto

Corso nazionale maestri e istruttori FIKTA

Indice

Prefazione

Introduzione

Elementi di Psicologia sperimentale

1. Coscienza vigilanza attenzione
2. Esempi di differenti capacità di prestazione attentiva e reattiva
3. La percezione psicologica del tempo
4. Tempi di reazione TR: aspetti generali
5. Tempi di reazione TR: aspetti particolari
6. L'importanza di uno studio particolareggiato del tempo di reazione
7. Livello di confidenza e probabilità di occorrenza di un evento
8. Il focus dell'attenzione e la sua variabilità
9. Condizioni di pericolo e tempo di reazione
10. Condizioni di pericolo e varietà dell'efferenza motoria: "fuggire, lottare , restare immobili".
11. "Arousal" sistemi attivanti e tempo di reazione.
12. Influenza del tempo psicologico sullo spazio percepito - Effetto Tau.
13. Influenza dello spazio percepito sul tempo psicologico- Effetto S di Abe 1935 o Effetto kappa COHEN, HANSEL & SYLVESTER 1953
14. Legge di Benussi o dell'eguagliamento
15. Accoppiamento e disaccoppiamento spaziale, visione/attenzione.
16. Compatibilità stimolo/risposta
17. Le qualità Collative ed orientamento automatico dell'attenzione
18. Il Mascheramento
19. Effetto dell'inibizione di ritorno
20. Rapporto di frequenza tra stimoli falsi e veri
21. PRP: Psychological Refractory Period (periodo di impermeabilità psicologica)
22. La zona temporale ibrida tra PRP e percezione cosciente.
23. Limitazione delle risorse attentive
24. L'affaticamento mentale
25. Lo stile attentivo ed il TAIS (**Test of Attentional and Intrapersonal Style**)
26. La tecnica di misurazione dei tempi di reazione
27. L'anticipazione motoria
28. Gli invarianti
29. Gli invarianti e i necessari processi di finta
30. Tempo di movimento TM
31. TM e precisione nel raggiungimento del bersaglio
32. TM e sistemi di controllo motorio
33. L'azione balistica (o ballistica)
34. Tempo totale TT e concetto velocità situazionale Vs
35. Grafici e modelli Tempo Totale / Potenza

Dinamica dell'impatto "aspetti introduttivi"

36. Cenni di cinematica
37. Velocità media ed istantanea
38. Accelerazione media ed istantanea
39. La forza trasmessa all'impatto e il suo modello di calcolo "grafici reali"

- 40. Lo spazio di deformazione.
- 41. La superficie di contatto
- 42. Angolo d'incidenza
- 43. L'energia trasmessa all'impatto
- 44. Potenza trasmessa all'impatto
- 45. Grafici reali

Approfondimenti

La forza d'impatto e la sua misura

- 46. Primo approccio alla misurabilità della forza d'impatto con l'uso del makiwara
- 47. Costruzione del diagramma forza lunghezza
- 48. Calcolo della costante elastica k e della forza statica
- 49. Calcolo della forza dinamica
- 50. Stima della forza viscosa interna
- 51. La stima della forza totale d'impatto "strategie di calcolo"
- 52. La potenza come misura consistente dell'impatto
- 53. Stima dell'energia d'impatto

Modello intuitivo di analisi dell'impatto

- 54. La massa equivalente, l'altezza di caduta, lo spazio ed il tempo di arresto.

Discussione I

L'evento d'impatto non è assimilabile ne confrontabile con il sollevamento di un peso

Discussione II

Quattro tipi di applicazione della forza muscolare come spinta

1 Spinta elastica - 2 Spinta inerziale – 3 Spinta peso – 4 Spinta viscosa

- 55. Forza contro resistenza elastica a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta elastica –
- 56. Forza contro resistenza inerziale a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta inerziale -
- 57. Forza contro resistenza Peso a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta Peso -
- 58. Forza contro resistenza viscosa a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta viscosa –

Analisi dei profili distintivi della tecnica a vuoto e a contatto nel Karate Tradizionale

La trasmissione profonda della potenza d'impatto nelle tecniche di Karate tradizionale

Appendici specialistiche fuori programma
La trasmissione ondosa della forza d'urto

Prefazione

La presenza della psicofisica come materia di studio in un corso di formazione per istruttori e maestri di karate tradizionale è motivata da considerazioni molto semplici e per lo più riguardanti il fatto, che nella teoria dell'allenamento sportivo così come si presenta nella quasi totalità dei corsi e dei testi ad oggi esistenti, non è mai in maniera specifica trattata la forza d'impatto.

E lo stesso si può dire riguardo i programmi standard di psicologia dello sport, che per la maggiore analizzano quasi esclusivamente gli aspetti pedagogici e motivazionali e quasi mai quelli sperimentali, della percezione e dei processi decisionali specifici delle discipline Open.

Era quindi doveroso integrare i normali programmi generali di studio, con aspetti più particolari, che potessero in qualche modo rendere ragione delle specificità intrinseche alla nostra disciplina.

Ci si potrebbe chiedere perché tali programmi non siano già stati introdotti in passato e la risposta è che non vi erano sufficienti lavori sperimentali per poter organizzare almeno nei suoi aspetti generali tali specifici argomenti.

Questo problema, cominciammo ad affrontarlo oltre dieci anni fa quando sulla spinta dei lavori di ricerca sul Karate condotti dalla Dott. Michela Turci a LAFAL di Milano, alcuni praticanti, cinture nere dell'a.s.d. Shinan Karate Kai di Siena con adeguati titoli professionali come gli Ingegneri, Marco Casini e Angelo Facchini ricercatori universitari, la dott. in medicina dello sport, Cosetta Meniconi, ed altri, coordinati dal M° Benocci iniziammo a passare al vaglio tutta una serie di luoghi comuni allora in voga riguardo alle reali interpretazioni delle capacità fisiche e psichiche di praticanti di Karate.

Convenimmo presto che i nostri interessi non potevano essere soddisfatti dalle consultazioni del materiale esistente perché questo era chiaramente insufficiente, infatti non sapevamo sotto il profilo dinamico quali fossero le reali forze, potenze ed energie messe in gioco negli impatti delle tecniche ed anche sul fronte della cinematica, non si sapeva la forma vera delle **leggi orarie S(t)** dei vari tipi di colpo.

Non diversa era la situazione sul fronte **Cinestesico**, perché pochissimi erano i lavori esistenti sui tempi di reazione dei Karateka e nessun lavoro che riguardasse i **Potenziati Evento Correlati** era reperibile.

Ovviamente senza queste fondamentali informazioni non era possibile avanzare nessuna seria proposta di lettura ed interpretazione scientifica di aspetti anche molto parziali della tecnica e della Cinestesica di Karate tradizionale.

Per tentare di risolvere il problema si doveva dare inizio ad un programma di ricerca sperimentale, mettere a punto degli strumenti per la misurabilità di certi parametri e soprattutto chiedere la collaborazione con l'università.

Progettammo e costruimmo Ergomak, (poi brevettata) una speciale strumentazione che era in grado di misurare tre cose fondamentali, **i tempi di reazione, le leggi orarie dei colpi prima del contatto e tutti i parametri d'impatto quali la forza, la potenza e l'energia,** la presentammo al proff Giuliano Fontani neurofisiologo e responsabile dei laboratori di ricerca del dipartimento di Fisiologia e Neuroscienze dell'università di Siena che ci concesse entusiasta la collaborazione.

I laboratori dell'università permettevano di allestire esperimenti in cui era possibile effettuare analisi **elettro encefalo grafiche** sui praticanti di Karate tradizionale, da cui ricavare importanti informazioni sui **Potenziati Evento Correlati** che stanno alla base delle ricerche avanzate sui sistemi di controllo del movimento umano e come era facile prevedere sortirono presto risultati importanti con le prime pubblicazioni su riviste specializzate come **Perceptual and Motor Skills** a partire dal (2003).

I vari lavori che negli anni si succedevano venivano anche regolarmente presentati ai Simposi biennali della FIKTA andando nel tempo a costituire un vero e proprio corpus di conoscenze nuove, capaci di gettare consistenza e dignità scientifica su aspetti tecnici spesso molto complessi della disciplina che in passato non di rado erano stati strumentalizzati e relegati ad obsolete eredità del passato.

Queste lezioni nascono così da esigenze di specificità e chiarificazione e sono frutto di anni di studi e sperimentazioni, il termine Psicofisica con cui abbiamo definito questo corso è stato scelto tra i tanti possibili, per ragioni di semplicità intuitiva a cui richiama effettivamente il termine, consapevoli ovviamente che la psicofisica in senso tradizionale è un campo di studi che generalmente si è sempre limitato ad indagare i rapporti tra stimoli fisici e le relative percezioni sensoriali.

Ovviamente questo corso si presenta in generale come informativo e solo in alcuni casi quando lo si ritiene strettamente necessario assume carattere tecnico deduttivo, ovvero richiede da parte dello studente un impegno di studio e ragionamento.

Nella prima parte che tratta la Psicologia sperimentale prenderemo in esame ciò che conosciamo con buona certezza, del funzionamento dei nostri processi attentivi e decisionali, sempre relativi ad un campo di sicuro interesse per la nostra disciplina del Karate tradizionale.

L'obiettivo è quello di pervenire ad una buona consapevolezza dei limiti di tali processi e ad una conoscenza di come questi possono entrare in crisi e cadere facilmente in errore quando in circostanze in cui siamo chiamati ad esplicare le nostre abilità in prestazioni di confronto, si verificano certe specifiche condizioni.

Conoscere le modalità in cui certi errori percettivi, valutativi e decisionali possono essere indotti è di sicuro una materia non nuova nelle arti marziali perché di fatto rappresenta proprio la sua eredità strategico tattica, di grandissimo interesse ma anche di difficile decodifica ed utilizzazione pratica senza una cultura ed esperienza adeguate.

Una conoscenza troppo generale ed approssimativa di tali fenomeni non solo, difficilmente ne consente un efficace utilizzo tecnico, per mancanza di specifiche informazioni sulle modalità dei carichi, da rispettare spesso in maniera scrupolosa, ma addirittura potrebbe essere dannosa.

In casi di applicazione maldestra infatti si potrebbe danneggiare subdolamente questa tipologia di prestazione che è per sua natura molto delicata, facendo l'analogia di cosa potrebbe succedere nel campo prettamente fisico tecnico con la persistenza di modalità dinamiche sbagliate e carichi fisiologicamente inadeguati.

Il carico mentale nelle sue componenti generali di varietà, intensità e durata, possiede le sue regole, queste sono tanto più intuibili e a buon senso generalmente rispettate, se ci si mantiene lontano dal voler in maniera troppo invasiva esaltarne qualche specifico aspetto di interesse tattico, altrimenti si avrà l'obbligo di studiare accuratamente quelle regole che non saranno più tanto facilmente deducibili con il buon senso.

E' molto importante non cadere nella pericolosa idea, che tutto sommato basterebbe avere delle buone ricette metodologiche, messe a punto da dei professionisti ed applicarle, perché di fatto queste ricette non esistono, esiste l'esperienza di ogni singolo istruttore e maestro, fatta di abilità e conoscenze ed è dunque auspicabile in questo caso promuovere l'interesse per acquisire conoscenze adeguate.

Introduzione

Quando cogliamo del mondo le informazioni necessarie per risolvere i vari tipi di problemi, si pongono subito due ordini direzionali nel flusso delle informazioni.

Da una parte i vettori dell'informazione dal mondo esterno tramite i relativi recettori sensoriali raggiungono il SNC (Sistema Nervoso Centrale) e ne influenzano a vario titolo i comportamenti.

Il flusso di informazione procede dal basso in alto ed è conosciuto come elaborazione "*bottom-up*".

Può invece la nostra volontà richiamare coscientemente un pensiero o questo può saltare fuori spontaneamente dalla mente e il SNC decidere poi come, quale e quanta informazione del mondo estero deve essere prelevata ed analizzata, operando addirittura, in alcuni casi a partire dai recettori stessi una selezione.

In tal caso il flusso di informazione procede dall'alto in basso e prende il nome di elaborazione "*top-down*".

I due sistemi integrandosi originano una fenomenologia complessa e coerente della percezione che vede il percepito non tanto come esatta configurazione del reale, ma come rappresentazione o modello ideale concepito per l'ottimale risoluzione dei compiti nella vita di relazione.

In senso evoluzionistico ed in maniera molto pragmatica e riduttiva potremmo dire che **il reale nella percezione sensoriale è ciò che è più vantaggioso percepire per garantire all'individuo e alla specie la sopravvivenza.**

Questo aspetto di un mondo reale di cui noi ne possiamo avere una percezione sensoriale solo molto limitata e ricostruita opportunamente spesso lascia perplessi e molti infatti si rendono conto, solo di fronte a certi fatti compiuti, del tipo; illusioni ottiche, errori percettivi, valutativi e decisionali, di quali e quante caratteristiche spesso contro intuitive si nascondono dietro questo tipo di argomentazioni.

Una cosa per esempio è quella, che la percezione cosciente dell'esserci, per quanto possa essere avvertita come un processo di continua e fluida aderenza alla realtà fenomenica, in pratica non è affatto continua e fluida e nemmeno è aderente in senso lato alla realtà fenomenica.

Oggi si ritiene che la coscienza del presente vissuto, in uno stato di normalità, sia caratterizzata da un processo discontinuo costituito da unità, definite "**momenti**" la cui durata è pressappoco di 100 msec e corrispondente al cosiddetto ritmo delle onde cerebrali alfa che è di 10 Hz, aumentando lo stato di attivazione specifica ed intensificando quindi l'attenzione possiamo percepire eventi che si presentano in tempi molto inferiori, anche di oltre tre volte, ma in tali percezioni una piena consapevolezza è assente.

L'attimo percepito, il qui ed ora, l'istante, non è quindi un punto privo di dimensione ma un tempo ben definito e anche relativamente lungo, all'interno del quale lo stato di coscienza scompare, anche se può esserci benissimo percezione, come la **percezione subliminale**, che si ha quando lo stimolo, vuoi per troppo bassa intensità, vuoi per brevità di presentazione non riesce a raggiungere la coscienza.

La percezione subliminale anche se non cosciente riesce egualmente ad influenzare il comportamento futuro dell'individuo ed in particolar modo i suoi aspetti decisionali, facilitandone o inibendone l'orientamento nella scelta.

Ma anche questa percezione per quanto possa essere più precoce della coscienza, ad un certo punto cessa di funzionare e se le informazioni dei fenomeni del mondo, oggetto della percezione, sono troppo basse di intensità o vengono presentate troppo rapidamente la loro acquisizione è impossibile e sotto il profilo prettamente sensoriale possono essere ritenuti inesistenti.

Dunque, dove vi è coscienza necessariamente ci deve essere una qualche percezione, ma non è vero il contrario, perché vi può essere percezione senza di fatto esservi coscienza.

Un oggetto che attraversa il vostro campo visivo, se lo fa con una velocità bassissima non siete in grado di percepirne il movimento e lo vedete fermo e se la velocità cresce fino al punto di attraversarlo in meno di 3-4msec l'immagine dell'oggetto non è per niente visibile e quindi percepibile coscientemente, anche se può lasciare traccia inconscia qualora ne venga ripetuta opportunamente la proiezione, il che sta a significare che una qualche forma di percezione inconscia c'è stata comunque.

Se però il tempo di attraversamento o presentazione si riducesse ad 1ms non sarebbe possibile produrre impressioni sensoriali di qualunque tipo e l'evento risulterebbe completamente inesistente, in tal caso di ciò che esiste non ne potremmo avere direttamente nessuna informazione né conscia né inconscia.

Ma anche quando l'immagine dovesse transitare per un tempo superiore a 3-4msec non ne avremmo di certo una visione chiara e distinta del suo evolvere spazio temporale, che si verificherebbe solo se la persistenza supera i 90-100msec.

Tanti potrebbero essere gli esempi interessanti di limitazione oggettiva delle nostre risorse sensoriali, ma non è assolutamente nostra intenzione trattare la psicologia sperimentale in tutti i suoi aspetti, perché un approccio di tipo esaustivo, rappresenterebbe un qualcosa che esula dai nostri, molto più umili obbiettivi.

Passando poi alla seconda parte in cui si analizza la dimensione fisica della tecnica e più in particolare la dinamica dell'impatto, anche questa verrà trattata ad un livello non troppo complesso, ed anzi, abbastanza semplice per ciò che concerne l'apparato matematico, ma altrettanto esaurientemente per quanto riguarda la comprensione concettuale dei molti problemi che comporta questo tipo di tema.

La strumentazione di Ergomak ci ha permesso di misurare accuratamente una notevole quantità di parametri che prima ci erano praticamente ignoti, oppure, in qualche caso, noti, ma con enormi riserve di consistenza scientifica, non certamente riducibile alle sole problematiche statistiche.

Vedere infatti, trattato il problema della velocità di una tecnica, riducendolo alla sola componente media, stimata con i metodi delle cellule fotoelettriche, era estremamente riduttivo e non permetteva assolutamente di cogliere gli aspetti più importanti e significativi della velocità quali le sue variazioni temporali.

Con ErgoMak siamo riusciti a misurare, non una qualche velocità della tecnica, ma l'andamento della velocità istante per istante in tutto il tempo esecutivo di questa, così da avere poi, la possibilità di studiarne in maniera approfondita tutta la cinematica.

La velocità che prima si era abituati a stimare con un numero per esempio 3 o 4m/s, sotto questo nuovo profilo appare molto più complessa e variegata, perchè si parla di **velocità iniziale nei primi 30-50msec dall'inizio azione** e ciò comporta ovviamente un numero, ma si parla anche **di velocità istantanea massima**, di **velocità istantanea di contatto**, di **velocità media**, di **velocità trasferita al bersaglio** che comporta nuovamente tutta una serie di altre velocità.

Come vediamo il panorama della velocità che a noi interessa non è riducibile ad un solo numero ma a tutta una serie di numeri i cui significati sono di estrema importanza per comprendere correttamente certi fenomeni di cui parleremo nelle lezioni.

La stessa cosa e in maniera anche più grave succedeva per l'impatto, abbiamo notato che vi era la cattiva abitudine di dimensionarlo in kg, per cui si parlava sempre di colpi che esercitavano tot kg all'impatto e la stima veniva fatta attraverso dinamometri di varia natura.

Forse nell'idea di chi proponeva tali approcci alla misurabilità dell'impatto c'era un ben preciso e più umile scopo, che era quello di una approssimativa misura relativa di comparazione tra due eventi dando per scontato tempi di contatto molto simili tra loro, perché altrimenti nemmeno tale approccio avrebbe sortito una qualche capacità di differenziazione.

Tale approccio alla stima consistente dell'impatto è scientificamente sbagliato e non può nemmeno rappresentarne una lecita approssimazione perché non possono le forze dinamiche essere rilevate con strumenti quali i dinamometri che rilevano solo quelle statiche ed è poi notevolmente fuorviante in questi casi usare il kg al posto del Newton come dimensione della forza.

Infine come vedremo negli approfondimenti, anche il concetto di forza non è adeguato a qualificare e quantificare l'impatto perché essendo un evento dinamico, le forze in gioco in movimento assumono la dimensione di potenza la cui unità di misura è il Watt.

Ad un livello ancora più avanzato illustreremo come perfino la potenza d'impatto può non rendere conto realmente dell'efficacia di un colpo perché un conto è quella scaricata sulla superficie del bersaglio e un conto è quella effettivamente trasmessa internamente al corpo reale, previo moto ondulatorio.

Coscienza vigilanza attenzione

In senso generale, non è possibile dare una definizione sintetica ed univoca di **coscienza**, perché tante sono le correnti di pensiero e varie perfino le chiavi di lettura dei risultati sperimentali.

Se una possibile definizione semmai possiamo dare, sarà sempre in relazione ad un piano oggettivo comportamentale e sotto questo punto di vista, possiamo definire **la coscienza come la consapevolezza del mondo esterno e interno, espressa in tutte le possibili svariate maniere comunicative e a prescindere dai semplici schemi stimolo risposta.**

Essere consapevoli di eventi percepiti in stato di veglia implica ovviamente il fatto che tali eventi possono essere esterni (**esogeni**), come le percezioni dei fenomeni fisici dell'ambiente circostante o interni (**endogeni**) come l'affiorare improvviso o richiamo volontario di pensieri.

Ma è possibile anche essere consapevoli di eventi in stato di sonno, come i sogni e questo implica che in tal caso vi è solo consapevolezza endogena, perché di tutto quello che succede fuori nell'ambiente circostante non ne possiamo essere affatto consapevoli.

Non si può dire allora che lo stato di coscienza sia uno stato che pervade contemporaneamente tutta la realtà che ci è dato di esplorare, vi deve essere qualche altra caratteristica della nostra mente che può mettere in contatto la coscienza, con la realtà del mondo esterno e questa caratteristica è definita in generale **vigilanza**.

La **vigilanza** è quella caratteristica che ci permette di relazionarci con il mondo esterno, dandoci la possibilità di reagire adeguatamente a stimoli esogeni, per questo, uno stato di coscienza senza vigilanza implica l'essere consapevoli di soli stimoli endogeni, come i sogni in stato di sonno e la meditazione o la contemplazione interiore profonda, in uno stato assertivo di veglia, in cui l'orientamento volontario **dell'attenzione** è rivolto all'interno, sui propri pensieri ed emozioni.

In tali situazioni gli stimoli esogeni, ovviamente entro certi valori di intensità e durata, sono completamente ignorati ai fini dell'esplicazione di una possibile reazione, anche se, non sono affatto persi del tutto, perché nonostante una discreta degradazione di segnale vengono memorizzati comunque e resi disponibili in opportune modalità per i compiti futuri.

La vigilanza poi, non è legata alla sola attività cosciente perché è possibile che essa si espliciti anche inconsciamente come è il caso attestato da reazioni adeguate a stimoli esogeni, eseguite automaticamente e di cui semmai in alcuni casi, è possibile averne coscienza solo dopo.

Precisiamo che in senso operativo **la vigilanza è la capacità di monitorare nel tempo eventi critici a bassa frequenza di accadimento**, è quindi una capacità strettamente legata alle arti marziali e soprattutto allo Iai ovvero alla reazione da attacco improvviso e a sorpresa.

Così, come per la coscienza, anche per l'attenzione è difficile darne una definizione univoca, perché di fatto essa non esprime un concetto unitario ma più verosimilmente tutto un insieme di fenomeni psicologici molto diversi tra loro.

In senso generale possiamo per prima cosa individuare dell'attenzione due dimensioni fondamentali, la **direzione** e l'**ampiezza**, per cui essa può di fatto essere rivolta **all'esterno** o **all'interno** e avere la possibilità di esplicarsi su di un **ampio** o **piccolo** campo della sorgente degli stimoli.

L'orientamento esterno-interno è possibile che avvenga anche automaticamente e tutti ne abbiamo l'esperienza quando all'improvviso ci salta alla mente che abbiamo dimenticato un appuntamento, oppure l'occhio si dirige da solo su di un particolare oggetto nello spazio circostante (**attenzione spaziale**).

E' possibile poi che in mezzo alla confusione di tante persone noi possiamo percepire chiaramente la discussione tra due soli soggetti escludendo il resto, questo passaggio dal generale al particolare è conosciuto come il passaggio da una **attenzione diffusa o intensiva** ad una **attenzione selettiva**.

L'attenzione intensiva è la funzione che modula la vigilanza, aumentando la reattività indistintamente a tutti gli stimoli presenti, attuali o potenziali.

L'attenzione selettiva serve ad aumentare la reattività specifica agli stimoli utili alla guida del comportamento, diminuendo o sopprimendo nello stesso tempo la reattività a stimoli che potrebbero interferire negativamente.

La possibilità di ampliare o restringere l'area o il campo dell'attenzione introduce il concetto di **focus dell'attenzione**, un vero e proprio zoom con una caratteristica peculiare, che è quella di non avere una equivalente rendimento nei due sensi, il campo si può restringere rapidamente e con modalità automatica e senza spese di risorse attentive, mentre non si può ampliare altrettanto rapidamente né automaticamente ma solamente a spese di notevoli risorse attentive.

Il **Narrowing** o restringimento del focus attentivo è il processo con cui si concretizza la capacità selettiva dell'attenzione al contrario dello **Scanning** che è la capacità di percezione visiva in cui il soggetto è attento a molti aspetti del campo di stimoli.

Non sempre poi la selezione esclude la possibilità di prestare attenzione contemporaneamente ad altre cose, quando camminiamo o quando guidiamo è possibile parlare continuando a fare attenzione alla guida, questa è definita **Attenzione Condivisa**.

Ovviamente l'efficienza della prestazione nei compiti condivisi diminuisce in relazione a due parametri fondamentali, il grado di automatismo possibile, di un compito e il livello richiesto di selettività dell'altro.

Per cui, se stiamo guidando in mezzo al traffico e non è possibile un completo automatismo per i continui richiami coscienti imposti dalla situazione, anche la possibilità di intessere, parlando di argomentazioni complesse che richiedono un alto livello di selettività, è impossibile.

Interessanti esperimenti di attenzione spaziale condivisa che mettono in risalto il fatto, di come al crescere di richiesta attentiva in un compito principale faccia diminuire quella del compito secondario, sono stati effettuati da Ikeda e Takeuchi nel 1974.

Una **attenzione intensiva** prolungata è motivo di **affaticamento mentale** e il costo da pagare in termini di **risorse attentive** deve essere presente sia nella stesura dei piani strategici sia nelle interazioni tattiche.

L'affaticamento mentale è contrastato in primo luogo dal livello o grado di sostenibilità dell'attenzione, una sorta di vera e propria capacità di resistenza mentale, definita **Attenzione Sostenuta** che riguarda proprio **la capacità di restare a lungo attenti ad eventi critici che si presentano con notevole frequenza, selezionandone e controllandone l'evoluzione nel tempo.**

La vigilanza

E' la capacità di monitorare nel tempo eventi critici a bassa frequenza di accadimento.

L'attenzione sostenuta

E' la capacità di restare a lungo attenti ad eventi critici che si presentano con notevole frequenza, selezionandone e controllandone l'evoluzione nel tempo.

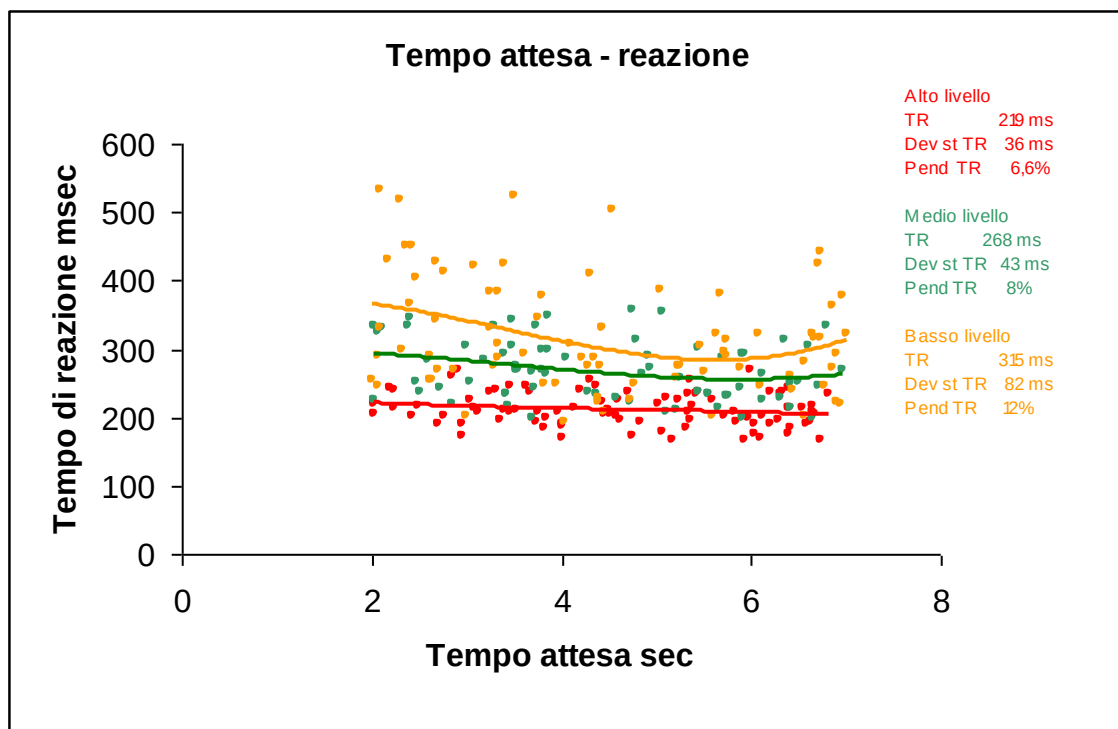
La vigilanza e l'attenzione sostenuta

sono implicate nella variabilità temporale delle nostre prestazioni attentive e riguardano l'abilità di raggiungere più o meno rapidamente e sostenere lo stato di allerta

Esempi di differenti capacità di prestazione attentiva e reattiva

Se il compito è quello di colpire energicamente un bersaglio delle dimensioni di $50-100 \text{ cm}^2$ e il periodo random (definito **incertezza temporale**) in cui lo stimolo imperativo può comparire è nell'ordine dei 5 s si dovrà trovare la giusta disposizione attentiva che minimizzi i **tempi di reazione** (il tempo che intercorre tra la comparsa di un segnale imperativo e l'inizio di una reazione motoria) in tutto l'arco dei possibili 5 s e l'unica maniera per pervenire a tale giusta disposizione attentiva è l'esperienza diretta, che formerà nel tempo il nostro caratteristico **stile attentivo**.

Come è facile vedere dal grafico sperimentale, (Benocci, Casini 2004) i tempi di reazione dei principianti rispetto ad atleti intermedi ed elevati oltre ad essere in assoluto più lunghi, sono anche più variabili nel tempo di attesa.



Si osserva in loro un effetto marcato di sorpresa iniziale, segno di una più bassa capacità di **vigilanza**, seguito da un miglioramento progressivo che porta ad avere i tempi migliori verso il terzo secondo e mezzo, poi, per effetto di mancanza di un adeguato livello di **attenzione sostenuta** i tempi peggiorano nuovamente.

I livelli alti al contrario dimostrano che dentro questi tempi di attesa i loro tempi di reazione oltre ad essere più bassi in assoluto, sono anche più stabili.

Il fatto che un alto livello abbia tempi di reazione molto più rapidi di un basso livello implica rispetto a questi, una migliore efficacia di certe componenti della difesa, come per esempio la possibilità di mandare facilmente a vuoto le manovre e le tecniche avversarie, ed una migliore presa del tempo per l'esplicazione ottimale delle tattiche di contro attacco.

Mentre la stabilità temporale, ovvero la bassa variabilità dei suddetti tempi di reazione, segno di una più alta capacità di attenzione sostenuta, implica un aumento significativo di certe componenti dell'attacco, come il saper cogliere con più facilità l'occasione d'attacco e il costringere l'avversario a spendere grandi risorse attentive mettendolo sotto pressione temporale con le opportune manovre.

La percezione psicologica del tempo

L'uomo possiede la capacità di percepire scansioni temporali dell'ordine delle decine di msec, (50-200 msec) questa capacità è suscettibile di miglioramento con specifico esercizio.

Una cosa importante da sottolineare è quella che in tempi così piccoli l'alterazione percettiva del tempo dovuta a fattori di disturbo può determinare grandi errori di valutazione e vanificare una eventuale prestazione.

Si possono delineare tre fattori fondamentali di disturbo nella percezione psicologica del tempo: **l'attivazione**, lo **stato emotivo** e il **grado di complessità dei processi di elaborazione mentale**.

L'attivazione e lo stato emotivo rientrano nel **tempo fisiologico**, quando per effetto dell'aumento del battito cardiaco e della temperatura corporea il tempo fisiologico accelera, il tempo percepito sembrerà più lungo.

Lo stesso accadrà quando saremo impegnati in attività mentali complesse che richiedono notevole attenzione, o in specifiche situazioni come sono evidenziate nell'effetto Kappa che tratteremo in seguito.

In tutti e tre i casi, ad un relativo aumento di livello è come se la risoluzione del nostro orologio interno aumentasse ovvero divenisse più piccola la scansione temporale percepibile tra due eventi e di conseguenza il tempo percepito esternamente sembrerà più lungo, proprio perché, nello stesso tempo reale esterno, noi avremo più quantità di informazione.

Condizioni opposte riducono la risoluzione del nostro orologio interno ed il tempo che scandisce le successioni dei fenomeni percepiti esternamente sembrerà più corto.

L'atleta tende ad adottare come unità di misura del proprio tempo, quello relativo al tempo di movimento TM della sua tecnica, nel Karate è di circa 150 - 200 ms e ciò gli consente di percepire eventi della durata di 1 o 2 secondi come estremamente lenti proprio perché 10 - 12 volte superiori alla sua unità di misura.

Per dare una idea pratica di questa proprietà percettiva, immaginate cosa succede quando dopo un buon sonno ristoratore ci svegliamo, le sei o le sette ore trascorse dormendo in realtà sono da noi percepite come un attimo, viceversa se quelle stesse ore notturne sono purtroppo trascorse con dolore fisico, che ci costringe a stare svegli, il tempo sembrerà non trascorrere mai.

Quando all'inizio abbiamo detto che la capacità di percezione psicologica del tempo è suscettibile di miglioramento con specifico esercizio non intendiamo solamente una specificità in senso stretto, perché in realtà il miglioramento di tale caratteristica è sempre stimolato nelle discipline Open.

Esistono però tutta serie di protocolli specifici che mirano alla sollecitazione di un alta consistenza e capacità risolutiva del tempo, precisando che per alta consistenza si intende una più fedele aderenza del tempo psicologico a quello reale fisico, mentre per alta capacità risolutiva si intende la capacità di percepire scansioni temporali piccolissime e ai limiti psicofisiologici.

Possiamo a solo scopo informativo dare qualche esempio di tali protocolli:

Immaginate la tabella esposta sopra, tempo di attesa-reazione.

1. Dopo ogni prova viene chiesto al candidato se gli sembra migliore o peggiore della precedente e subito viene informato se la sua percezione del risultato è vera o falsa.
2. Dopo ogni prova al candidato viene fatto vedere il tempo reale della sua prestazione in millesimi di secondo e viene anche informato del tempo di attesa ovvero del tempo che dal preallarme è trascorso prima del segnale imperativo.
3. Dopo ogni prova viene chiesto al candidato, quanto pensa che sia stata in ms (millisecondi) la sua prestazione e subito informato di quella esatta.
4. Poi viene chiesto oltre il tempo di prestazione anche il tempo di attesa e subito informato di quello esatto.
5. Infine viene chiesto di reagire ovvero di produrre una prestazione con un tempo anticipatamente concordato e subito dopo informato di quello realmente effettuato.

Tempi di reazione TR: aspetti generali

Nel 1868 Donders individuò per primo tre diverse tipologie di tempi di reazione: I tempi di reazione **semplici**, **complessi** e **tempi di reazione di scelta**.

Il tempo di **reazione semplice**, è il tempo che intercorre, dalla comparsa di un segnale imperativo "random" (casuale), che può essere, visivo, sonoro o tattile e l'inizio di un movimento concordato.

Nel Karate T. hanno particolare importanza i tempi di reazione semplice espliciti su stimoli visivi. Si è osservato sperimentalmente che i campioni di Kumite hanno tempi TRS al di sotto dei 200 millesimi di secondo con punte minime statisticamente significative di 150 ms.

Va ricordato che gli stimoli sonori e tattili producono tempi più bassi di quelli visivi, è dunque in assoluto, lo stimolo visivo, quello più allenante per il combattente.

Inoltre, se si richiedono velocità esecutive tecniche massimali, i tempi aumentano e lo stesso vale quando si richiede la massima potenza d'impatto reale su bersaglio.

Il **tempo di reazione complessa** si misura facendo scorrere sequenze di differenti immagini: alla comparsa di quella concordata, il candidato esegue un'azione prestabilita.

Il tempo intercorrente tra la comparsa del segnale e l'inizio della risposta, in tali circostanze, rappresenta il tempo di reazione complessa.

Questi tempi sono notevolmente più lunghi dei tempi semplici, solitamente del doppio.

IL **tempo di reazione di scelta** infine è il tempo che si impiega ad iniziare una delle diverse azioni concordate in abbinamento ad un certo tipo di stimolo ed è ovviamente il tempo più lungo.

La reazione di scelta ha un numero minimo di variabili che è due, ciò può essere, per fare un esempio, jodan tsuki e maegeri, con risposte predefinite di age uke e gedan barai, le variabili possono aumentare, e ciò comporta un aumento dei tempi (**effetto del numero di eventualità N**) ma oltre le quattro cinque, si osserva una saturazione dei tempi.

Questo vuol dire che se il numero di tecniche da discriminare è quattro, oppure dieci, i tempi di reazione non variano sostanzialmente.

Tempi di reazione: aspetti particolari

Il TR da noi descritto sin qui è il tempo che intercorre tra la comparsa del segnale imperativo e l'inizio macroscopico del movimento, in realtà questo tempo è la sommatoria di una serie misurabile di tempi parziali che contraddistinguono le diverse stazioni del sistema sensomotorio (afferente – efferente).

1. Mentre possiamo considerare istantaneo il tempo di trasmissione del segnale visivo, dalla sorgente alla retina, servono non meno di 20-40 ms perché questo sia convertito in segnale elettrico che si propaga tramite il nervo ottico nel SNC.
2. Attraverso il corpo genicolato nel talamo, raggiunge l'area visiva primaria V1 che in 20 ms ne elabora le caratteristiche elementari di colore, contorno e forma semplice.
3. Dopo il passaggio in V2 (circa 10 ms), le aree visive V4 e V5 in 20 ms ne elaborano rispettivamente forma - colore e movimento.
4. 80 – 100 ms dopo che il segnale ha colpito la retina le proprietà globali dell'immagine sono già elaborate nelle aree del lobo temporale.
5. E dopo circa 100-130 ms dall'inizio, la corteccia prefrontale ha già categorizzato ed effettuato la decisione.
6. 20-30 ms dopo, viene raggiunta la corteccia premotoria e, dopo un tempo analogo, quella motoria.
7. Successivamente il comando motorio in altri 20-30 ms tramite i grandi motoneuroni attraverserà il midollo spinale.
8. Dal relativo ganglio raggiungerà la giunzione neuromuscolare nei successivi 20 ms e ciò può essere rilevato dalla comparsa della prima attivazione EMG (elettromiografica).
9. Infine a seconda del tipo di azione programmata, balistica o non balistica e del livello di energia messa in gioco, occorreranno non meno di 30-40 ms perché le masse interessate dalla contrazione inizino il movimento.

In un tempo medio variabile di 210-280 ms dall'inizio del processo, la contrazione muscolare è già in grado di muovere macroscopicamente le masse, ovviamente in individui allenati e dotati di particolare capacità, come i campioni, tali tempi si riducono.

L'importanza di uno studio particolareggiato del tempo di reazione

Come vediamo i 210-280 ms sono costituiti da tre fondamentali tipologie temporali:

1. I tempi di fototrasduzione, di conduzione nervosa ed elaborazione automatica nelle aree visive.
2. I tempi di categorizzazione e presa di decisione
3. I tempi di coordinazione intra e intermuscolare che portano dalla prima comparsa dell' EMG all'inizio del movimento macroscopico.

E' facile constatare che nel primo ordine dei tempi, da un punto di vista di allenabilità vi è poco da fare, mentre nel secondo e terzo ordine i margini di migliorabilità con allenamento adeguato possono essere significativi.

La rapidità di categorizzazione è fortemente dipendente da un allenamento di tipo discriminativo rapido, cioè essere abituati a vedere e leggere eventi tecnici rapidi e variabili.

Mentre la presa rapida di decisione si basa essenzialmente, sul rispondere rapidamente e adeguatamente ad eventi tecnici rapidi e vari, ovvero decidere efficacemente sotto pressione temporale.

Infine il terzo ordine dei tempi è allenabile sempre, purché siano sollecitati i meccanismi della forza ed in particolare quelli specifici della forza rapida ed esplosivo-balistica in condizioni tecnico-dinamiche corrette e situazionali.

Quando diciamo che nel primo ordine dei tempi da un punto di vista di allenabilità vi è poco da fare, non significa che non si può fare niente, significa invece che le possibilità di intervento metodologico per un possibile miglioramento richiedono conoscenze approfondite, di ordine psicofisiologico e della personalità del soggetto.

Perché quelli che normalmente vengono ritenuti puri e semplici processi automatici di fatto dipendono dalle condizioni dei recettori e dai relativi e specifici stati di attivazione le cui ottimali integrazioni ne determinano la prestazione, è dunque importante che i recettori sensoriali e i sistemi attivanti siano sempre in ottimo stato di funzionamento.

E' facile dedurre che un ottimo stato di queste condizioni e funzionamento dipende da una notevole quantità di fattori, come, un corretto carico qualitativo e quantitativo dell'allenamento, la prevenzione di certi tipi di traumi, alimentazione e stile di vita in generale.

Livello di confidenza e probabilità di occorrenza di un evento

Il livello di confidenza è il grado di certezza che si attribuisce al proprio giudizio di stima della ritenuta probabilità di un evento (**probabilità di occorrenza di un evento**), esso ci dice che viene fornita una risposta più rapida ovvero con TR più bassi all'evento ritenuto più probabile.

Se l'evento ritenuto più probabile si realizza il TR sarà basso e si parla di **beneficio**, mentre se non si realizza il TR sarà lungo e si parlerà di **costo**, questo effetto si definisce **effetto della probabilità di occorrenza di un evento**.

Il livello di confidenza come è facile intuire influisce anche sullo **stato di prontezza**, per effetto di una preattivazione specifica.

Il focus dell'attenzione e la sua variabilità

L'orientamento dell'attenzione verso una scena ambientale tende per natura a diffondersi prima su tutta la scena (**Scanning**) poi a selezionarne una qualche porzione (**Narrowing**), questo passaggio dal generale al particolare è conosciuto come passaggio dal diffuso al selettivo ed è un processo spontaneo ed economico.

Il processo inverso che vede il passaggio dal selettivo al diffuso è invece un processo che impegna notevoli risorse attentive perché non è affatto automatico ed esige invece uno sforzo finalizzato di volontà.

Quello che normalmente viene chiamato colpo d'occhio in una visione d'insieme della scena ambientale non costa fatica ma si esaurisce rapidamente, e come abbiamo detto vi è la tendenza naturale a restringere il campo su dei particolari.

Se questa tendenza naturale viene in qualche modo contrastata dalla richiesta di mantenimento di una attenzione diffusa bisogna mettere in conto l'affaticamento mentale che ciò comporta e nel caso che non ce ne sia effettivamente bisogno, conviene non contrastare il restringimento naturale perché ci fa recuperare la capacità attentiva, per efficaci esplorazioni diffuse successive.

Un tempo molto lungo passato in stato di (**Scanning**) riduce drasticamente i nostri tempi di reazione aumenta la **distraibilità** e induce automatismi primordiali, tipici di uno stato di affaticamento mentale.

Ai fini allenanti è invece importante spingere sino ai limiti dell'affaticamento lo scanning e nello stesso tempo sforzarsi di rendere il più veloce possibile il passaggio, diffuso-selettivo e selettivo-diffuso.

Condizioni di pericolo e tempo di reazione

In particolari condizioni quando il contesto è in grado di suscitare forti sensazioni di pericolo, potrebbe attivarsi quella che viene definita la **via breve**, ed in circa 75 ms essere già in grado di esercitare una reazione.

Si ritiene molto verosimilmente che i responsabili di tale comportamento siano le attivazioni dei neuroni dell'**amigdala** (un fondamentale centro dell'emozione).

D'altro canto però, tale circostanza non è reiterabile a breve termine e anzi è molto frequente che immediatamente dopo una prestazione di questo tipo, le capacità psicofisiche si riducano notevolmente, segno di un costo psicofisiologico da pagare proporzionale all'eccezionalità.

Condizioni di pericolo e varietà dell'efferenza motoria: “fuggire, lottare, restare immobili”

L'evoluzione ha selezionato alcune strategie essenziali per la sopravvivenza, un esempio è rappresentato dalla triade “fuggire, lottare, restare immobili” cosiddetta delle tre f (**flight, fight, freeze**)

Così se il pericolo è evitabile possiamo avviare una reazione di fuga o evitamento, altrimenti dobbiamo affrontarlo e lottare, infine vi è anche la possibilità di rimanere immobili finché non ci pervengano indicazioni più chiare per scattare in attacco o fuggire.

Se una neurofisiologia esaustiva dei processi di scelta di questo tipo non è ancora disponibile si possono pur sempre elencare in linea generale quali aree cerebrali sono implicate nella triade secondo le più recenti ricerche sperimentali.

Cingolo anteriore, corteccia prefrontale, amigdala, talamo medio, gangli della base, sono implicati nell'**evitamento**.

Cingolo posteriore, setto ippocampale, centri del lobo temporale, sono implicati nella decisione di **attaccare**.

La **corteccia prefrontale** infine, possiede un ruolo importante nella soppressione del movimento e nella sua sospensione durante la sua deliberazione, (*no – go potential* o potenziale di arresto) ed è dunque implicata nella scelta di **rimanere immobili**.

La sindrome della *fenilchetonuria*, riguardante l'incapacità dell'aminoacido fenilalanina di trasformarsi in tiroxina, un precursore della dopamina, rende impossibile l'inibizione del movimento una volta deliberato anche se il TM richiesto è ben oltre il limite balistico dei 250 ms.

Arousal sistemi attivanti e tempo di reazione.

Già nel 1908 Yerkes e Dodson formularono una legge che oggi porta il loro nome definita della U rovesciata ovvero $\cap$, che legava l'attivazione nel senso neurofisiologico alla prestazione.

Sappiamo oggi che ciò è vero ed in particolare possiamo aggiungere che è vero per i compiti difficili.

Con uno stato di attivazione bassa la prestazione dei tempi reazione è scarsa e lo stesso quando l'attivazione è troppo alta, mentre in condizioni intermedie i TR si dimostrano ottimali, ciò riguarda come abbiamo detto i compiti difficili, perché per compiti facili l'andamento della $\cap$ non è regolare.

Per esempio gli studi sperimentali di Jablovskij (1980) condotti su schermidori di altissimo livello della ex URSS dimostrano che i TR complessi (compito difficile) sono minimi 270-280 ms quando lo stato di attivazione è corrispondente ad una frequenza cardiaca di 125 -140 battiti al minuto, cioè un'attivazione intermedia.

Mentre per compiti più facili quali i TR semplici sono minimi 160-170 ms quando lo stato di attivazione è corrispondente ad una frequenza cardiaca di 155-175 battiti al minuto, un'attivazione non massimale ma abbondantemente oltre la media.

Uno studio sperimentale condotto all'università di Siena (Fontani 2002) evidenzia come il TR discrimina tra alti e bassi livelli nel Karate tradizionale sia il TR semplice e ciò convalida l'osservazione empirica che in larga misura gli atleti di alto livello di Kumite quando combattono in condizioni di impegno significativo hanno frequenze cardiache che denotano uno stato sub massimale di attivazione.

Uno stato di attivazione alto (ma non massimale) possiede intrinsecamente la capacità di mantenere alto lo stato di allerta e quindi di minimizzare i TR, al contrario uno stato basso di attivazione, naturalmente abbassa lo stato di allerta ed allunga i TR.

D'altro canto, compiti facili protratti per lungo tempo, anche se espressi con notevole impegno condizionale, tendono ad abbassare il grado di allerta e a far allungare i TR.

La proposta di un compito inaspettato o difficile in condizioni di forte motivazione, attiva o riattiva automaticamente lo stato di allerta e la prestazione in termini di TR migliora.

Allo stato odierno delle conoscenze noi sappiamo essere sei i sistemi attivanti da un punto di vista strutturale neuronale determinati:

Sistema noradrenergico principale,

Sistema colinergico

Sistema dopaminergico
Sistema serotoninergico
Sistema istaminergico
Sistema attivante glutammatergico.

Influenza del tempo psicologico sullo spazio - Effetto Tau

Accade infatti in determinate circostanze che lo spazio percepito fra gli elementi di una configurazione - visiva o tattile - che compaiono successivamente, dipenda dal tempo che separa la loro comparsa . In tali casi appaiono più grandi le distanze che separano gli elementi fra i quali intercorre più tempo. Al fenomeno è stato dato il nome di effetto Tau, ed esso, in breve, dimostra l'esistenza di una influenza del tempo sullo spazio. (Giovanni Vicario)

Influenza dello spazio sul tempo psicologico –Effetto S di Abe 1935 o Effetto Kappa di COHEN, HANSEL & SYLVESTER 1953

Si dà poi anche il caso contrario o complementare, poiché in altre determinate circostanze il tempo percepito fra l'apparizione degli elementi di una configurazione dipende dallo spazio che separa quei medesimi elementi. In tali casi, invece, appaiono più lunghi quegli intervalli di tempo che separano gli elementi fra i quali intercorre una maggiore distanza spaziale . A questo secondo fenomeno è stato dato il nome di effetto kappa, ed esso dimostra l'esistenza di una influenza dello spazio sul tempo. (Giovanni Vicario)
È facile intuire quale interesse possano suscitare simili fenomeni.

Legge di Benussi o dell'eguagliamento

Un fatto definitivamente acquisito è che vi è una interdipendenza fra aspetti spaziali e temporali della percezione di stimoli così che al verificarsi dell'effetto kappa o dell'effetto tau ad una maggiore estensione corrisponde una maggiore durata e ad una maggiore durata una maggiore estensione e viceversa

Accoppiamento e disaccoppiamento spaziale, visione/attenzione.

E' cosa naturale dirigere lo sguardo dove prestiamo attenzione, questo processo si chiama accoppiamento visione attenzione e non richiede spese attentive supplementari.

Una caratteristica fondamentale dell'attenzione è quella che essa può dirigersi in punti dello spazio diversi da quelli in cui cade il campo visivo.

Questa capacità si definisce disaccoppiamento visione/attenzione ed è fondamentale sia per esercitare i comportamenti di finta sia per ampliare le capacità difensive.

Compatibilità stimolo/risposta

Su questo principio si basa una parte importante della psicoergonomia soprattutto per ciò che concerne lo studio del posizionamento ideale della strumentazione e punti di visuale, nelle cabine di pilotaggio.

Consiste nel fatto che esiste una relazione stretta di ordine spaziale tra la direzione da dove proviene lo stimolo e quella su cui si deve dirigere la risposta.

Se stimolo e risposta sono nella stessa direzione i tempi di reazione saranno minimi, altrimenti aumenteranno ovvero peggioreranno drasticamente anche del 100%.

Quando in combattimento lo stimolo anticipatorio (invariante) che ci informa della tecnica a venire è controlaterale, si osservano difficoltà molto maggiori nella difesa di quando è omolaterale.

La compatibilità stimolo risposta è quindi utilizzata nei processi di finta spaziale, che vedono produrre volontariamente stimoli incompatibili (sotto il profilo spaziale) con le successive tecniche, alle quali l'avversario dovrà fare fronte.

Le qualità collative ed orientamento automatico dell'attenzione

Berline e Ditkofsky nel 1976 diedero il nome di **qualità collative** a quelle caratteristiche possedute da certi oggetti (colori, forme, ecc..) capaci di far orientare automaticamente e rapidamente la nostra attenzione.

Questo riflesso di orientamento una volta innescato non può essere interrotto e il tempo della sua durata è in effetti un PRP.

I segnali visivi che cadono dentro la visione foveale e parafoveale (rispettivamente di 1° e 3°-5° dell'intero campo visivo di 120°) subiscono un processamento più accurato, le immagini sono nitide, contrastate e la loro risoluzione è massima, ma il tempo di tale processamento è più lungo di quello delle immagini che cadono nella visione periferica.

Qui le immagini appaiono sfocate e a bassa risoluzione, ma queste aree della retina sono anche straordinariamente sensibili alle variazioni di luminosità, così la loro bassa soglia di eccitabilità insieme ad una ridotta quantità di informazione da elaborare consentono un più rapido processamento.

È questo il motivo per cui il **riflesso di orientamento** scatta facilmente quando segnali visivi dotati di qualità collative sono percepiti prevalentemente con visione periferica.

Il riflesso di orientamento sta alla base dei un gran numero di processi di finta, un esempio classico è la tattica di Sasoi-Waza.

Il Mascheramento

Fuori dell'area parafoveale le immagini non appaiono più sufficientemente a fuoco e quando questa distanza aumenta, la loro nitidezza e identificazione sembra degradarsi notevolmente.

Un aspetto importante di questo degrado è la possibilità di non risolvere due immagini vicine che possiedono caratteristiche molto simili, se queste inoltre restano solidali nei loro movimenti, questa caratteristica è definita Mascheramento.

Un tipico mascheramento è quello che si verifica quando si esegue Gyakutsuki a partire da una posizione di guardia in cui la mano e l'avambraccio solidali al fianco iniziano a muoversi contemporaneamente.

Rispetto allo sfondo vediamo muovere una regione omogenea che in realtà è costituita da due unità fondamentali; fianco e avambraccio, l'inizio di questo movimento, soprattutto se è a

partire da fermi e molto energico, presenta sempre caratteristiche collative forti, ovvero è facilmente percepibile anticipatamente.

Quando il braccio inizia a staccarsi dal fianco però, ha già acquisito una certa velocità e non dovendo più vincere stati di inerzia ne creare nuove catene cinetiche fissative, **risulta difficile e ritardata la valutazione del suo inizio movimento**, per due motivi: 1) non può essere anticipata, perché mascherata prima.

2) presenta all'uscita del mascheramento qualità collative assenti o molto deboli ed ha quindi bisogno di un orientamento volontario dell'attenzione per poter essere percepita, che ovviamente ne allunga i tempi di reazione.

Effetto dell'inibizione di ritorno

Nell'ambito solo dell'orientamento automatico dell'attenzione si può verificare l'**effetto dell'inibizione di ritorno**, esso consiste in una notevole diminuzione della capacità di prestazione ovvero in un peggioramento dei tempi di reazione qualora dopo uno stimolo collativo che abbia orientato in noi automaticamente l'attenzione, un altro stimolo si presentasse nello stesso punto dello spazio a distanza di 200ms - 1500ms di tempo dal primo.

Se però, il tempo di presentazione del secondo stimolo è nell'ordine dei 150ms o meno dal primo, la risposta sarà più rapida e questa migliore prestazione iniziale è dovuta all'effetto di facilitazione che il primo segnale orientando l'attenzione, esercita sul secondo.

Questo effetto inibitorio di ritorno diminuisce la probabilità che in quel tempo che va da 200ms a 1500ms dalla comparsa del primo segnale, l'attenzione tornerà sulla stessa posizione spaziale già esplorata, migliorando la selettività spaziale e favorendo l'esplorazione di nuove posizioni a spese di quelle già scandagliate.

Questo effetto specifico che si verifica nel solo orientamento automatico esogeno (stimoli esterni elaborazione "**bottom-up**".) può essere superato attraverso l'applicazione volontaria di un orientamento endogeno (stimoli interni, elaborazione "**top-down** ") ma incidendo notevolmente sulla variabile tempo e cadendo fuori portata d'interesse relativo a situazioni tipiche dell'autodifesa.

Rapporto di frequenza tra stimoli falsi e veri

Se in situazioni **random** (ovvero di presentazione di stimoli casuali), in relazione ad un innalzamento di frequenza di stimoli falsi, si diminuisce la frequenza di quelli veri, i tempi di reazione dopo una buona prestazione iniziale, subiscono un peggioramento notevole nel tempo.

La prestazione invece rimane relativamente stabile nel tempo se la frequenza si alza per entrambe gli stimoli sia falsi che veri, (Colquhoun e Baddeley 1967).

La velocità con cui si presentano gli eventi (stimoli) sia falsi che veri è inversamente proporzionale alla velocità e accuratezza della loro rilevazione, un abbassamento di vigilanza è più spesso correlato ad un innalzamento della rapidità di presentazione che ad un abbassamento. Le prestazioni nei compiti di vigilanza, come abbiamo già visto nel capitolo dedicato al livello di confidenza e probabilità di occorrenza, sono proporzionali alla probabilità di comparsa del segnale vero, una bassa probabilità di comparsa peggiora la prestazione e viceversa, (**effetto della probabilità di occorrenza di un evento**).

Questi effetti sono facilmente riscontrabili nella pratica del combattimento, infatti se un avversario di basso livello ma dotato di ottime capacità atletiche alza il ritmo dei movimenti passivi (stimoli falsi) e contemporaneamente anche quello delle tecniche attive (stimoli veri) sarà abbastanza facile gestirlo perché i nostri tempi di reazione rimarranno abbastanza stabili.

Ma se all'aumento di ritmo dei movimenti passivi farà seguire una diminuzione casuale di tecniche vere sarà più difficile gestire la situazione, ad esclusione del momento iniziale, perché i nostri tempi di reazione subiranno automaticamente un peggioramento nel tempo.

Questo ovviamente ci dice che tali comportamenti da parte dell'avversario devono essere stroncati sul nascere e non si deve dare adito in tali circostanze a tattiche passive e contenitive, ricordiamoci inoltre che una dissociazione che nell'avversario, va marcandosi sempre di più sul rapporto di frequenza, tra stimoli falsi e veri gli fa ridurre notevolmente le capacità attentive e valutative della situazione.

L'idea allora di utilizzare tale effetto per impostare un comportamento tattico, è lontano da una buona interpretazione della tattica e strategia nell'ambito delle arti marziali, perché tale comportamento, espone ad una notevole quantità di rischi che superano abbondantemente i possibili benefici.

Nonostante tutto però tali comportamenti si notano di frequente nei campi di gara ed è facile dimostrare che si tratta sempre di modalità istintive che si manifestano naturalmente in contendenti di basso livello tecnico-tattico anche se ben allenati sotto il profilo funzionale-metabolico ed è questo un classico esempio di scollamento tra capacità mentale e fisiologica. Di contro si deve dire però che tentativi maldestri di induzione tattica precoce in atleti non ancora maturi tecnicamente e con scarsa esperienza di situazione, farebbero più danno di tali naturali ed istintivi comportamenti, che solo a suo tempo è giusto e doveroso correggere.

PRP: Psychological Refractory Period (periodo di impermeabilità psicologica)

Si verifica sia quando un secondo stimolo si presenta prima che sia iniziata la risposta al primo, sia dopo, purché non sia trascorso un tempo superiore ai 200 ms.

Per fare un esempio, se alla comparsa del segnale imperativo il nostro tempo di reazione è dell'ordine dei 220 ms, qualunque altro segnale che compaia in questa finestra temporale non può essere elaborato per svolgere un altro compito.

Se poi, il tempo di movimento dell'azione che andremo ad eseguire è dell'ordine dei 200 ms, l'impermeabilità durerà 420 ms, durante i quali nessun'altra elaborazione di segnale è possibile al fine di eseguire nuovi compiti.

Quello che vedremo essere il TT "tempo totale" ovvero la somma del tempo di reazione e di movimento, in pratica rappresenta anche il PRP.

Il PRP è un esempio straordinario delle limitazioni temporali del sistema sensoriale, su di esso si basa la tattica delle combinazioni tecniche *rensoku - waza* e delle finte intrinseche atte ad alterare nell'avversario la percezione del tempo.

La zona temporale ibrida tra PRP e percezione cosciente.

Quando affermiamo che durante il periodo di impermeabilità psicologica nessun segnale può essere elaborato al fine di eseguire un compito motorio consistente, bisogna fare attenzione al fatto che stiamo parlando di elaborazione per un fine consistente e non di percezione ed elaborazione in senso generale, che può essere benissimo inconscia.

La possibilità di elaborare in parallelo più segnali esiste e durante un PRP l'informazione captata dai sensi viene acquisita comunque, anche se in maniera inconscia, il fatto è che non può essere usata al fine di eseguire un compito motorio consistente, ovvero nel tempo utile, perché il programma deliberato per primo ha la precedenza.

Ora però non vi è una linea di demarcazione netta tra il PRP e la percezione cosciente ma bensì

una zona di transizione temporale ibrida, durante la quale la **percezione semiosciente**, in particolari condizioni di variabilità del segnale, può generare importanti fenomeni di disturbo del processo decisionale, estremamente significativo da un punto di vista tattico.

Per esempio, nel momento che decidiamo di eseguire una tecnica e prima che la tecnica stessa abbia inizio vi è una finestra temporale di confine, un attimo prima siamo perfettamente coscienti del mondo esterno e se questo varia possiamo sempre cambiare programma ed adeguarci al cambiamento.

Un attimo dopo, quando la tecnica è partita però, siamo in pieno PRP e non abbiamo più una percezione cosciente del mondo esterno, si dice allora che la nostra azione è al buio (balistica) e pienamente determinata.

Se in quella finestra temporale di confine le condizioni dell'ambiente esterno, per esempio la distanza dell'avversario, cambiano improvvisamente, non saremo ancora entrati nella fase balistica, ne avremo più il tempo di correggere il programma, l'atto decisionale allora sarà fortemente disturbato e l'azione eseguita priva di determinazione.

Limitazione delle risorse attentive

Contrariamente ad una idea diffusa, le risorse attentive fondamentali per la risoluzione di compiti motori "Open" sono limitate e si presentano nel tempo come un fenomeno variabile ed oscillante, soggetto a rapido decadimento e ripristino con un andamento generale però di inesorabile peggioramento.

La quantità di informazione che tramite i sensi raggiunge il SNC è enorme, quella percepibile consciamente è piccola (3 bit s) e quella utile per risolvere positivamente un problema di reazione rapida è ancora più piccola e coglie solo gli elementi significativi.

Gli atleti di alto livello approfittando della loro grande esperienza, nel combattimento prediligono risparmiare risorse attentive nella presa d'informazione, cogliendo della situazione (ambiente – avversario) solo gli elementi significativi, per poi utilizzarle appieno in azioni offensive che potranno essere qualitativamente complesse e quindi difficili da gestire per l'avversario.

I meno esperti invece spendono grandi risorse attentive nella presa d'informazione elaborando una grande quantità di segnali ridondanti e non significativi, questo non gli permette poi di organizzare azioni efficaci per l'esaurimento delle risorse attentive.

Le limitate risorse rimanenti permetteranno solo azioni elementari o al massimo l'innescio di combinazioni automatizzate che richiedono è vero pochissime risorse attentive in fase esecutiva, ma se originate in condizioni deficitarie d'attenzione, risultano sempre fuori tempo e facilmente prevedibili.

Fondamentale per l'uso efficace delle risorse attentive è la capacità di economizzarle ovvero di distribuirle in maniera ottimale nel tempo, in funzione del compito e della situazione.

Se si fronteggia una combinazione di tecniche, una grande attenzione alla prima, permetterà su di essa l'esplicazione di ottimi TR, ma il costo attentivo così contratto non permetterà un'altrettanta prestazione sulle tecniche successive, che potrebbero metterci in difficoltà.

Al contrario se la prima tecnica viene schivata o comunque non si spende su di essa una grande capacità attentiva, vi sarà un guadagno di prestazione sulle successive.

L'affaticamento mentale

Un aspetto importantissimo della limitazione delle risorse attentive, è l'**affaticamento mentale** che può derivare da un **impegno cognitivo prolungato** o dall'essere impegnati in **compiti superiori alle nostre possibilità**.

In tal caso i TR si allungano, si perde il cosiddetto colpo d'occhio, non siamo più in grado di efferire automatismi complessi e quelli semplici vengono selezionati in maniera banale inadeguata e prevedibile.

In condizione di affaticamento mentale e di esaurimento delle risorse attentive affiorano **automatismi primordiali** e privi di fluidità, si osserva nelle curve di velocità una **cospicua anticipazione del picco massimo** e nello stesso tempo una **riduzione della velocità media**.

Un'altra caratteristica di questa situazione è quella relativa alla **condizione di stato dello stile attentivo**, non siamo più in grado di effettuare il naturale passaggio dal diffuso al selettivo, ma vi è una fissazione dell'attenzione solo sui particolari, il focus si restringe permanentemente e non è più possibile una visione d'insieme.

Lo stile attentivo ed il TAIS (Test of Attentional and Intrapersonal Style)

Nideffer (1976) è stato il primo a formulare un questionario di autovalutazione (TAIS) che avesse lo scopo di delineare il profilo attentivo dell'atleta definito appunto, **stile attentivo**.

L'assunto fondamentale è quello che l'efficacia della prestazione dipende dalla compatibilità tra lo stile attentivo personale e quello ideale, richiesto nella disciplina specifica.

In secondo luogo i processi attentivi possono essere considerati sia come **tratti distintivi della personalità** che come **condizioni di stato**.

Nel TAIS i processi attentivi sono descritti in un modello a due dimensioni, l'ampiezza e la direzione:

L'ampiezza riguarda il grado di ampliamento o restringimento del focus (diffusa – selettiva), la direzione invece è la localizzazione dell'oggetto dell'attenzione, che può essere esterna o interna a noi.

Il TAIS è composto di 144 item che descrivono situazioni della vita quotidiana, è composto da 17 scale, 6 valutano lo stile attentivo, 2 il controllo comportamentale e cognitivo, e 9 lo stile interpersonale.

Le 6 scale dello stile attentivo sono:

BET (focus esterno ampio) valuta il livello di integrazione di molti stimoli esterni

OET (sovraccarico da stimoli esterni) valuta il livello di distrazione da stimoli esterni.

BIT (focus ampio interno) capacità di integrare molti stimoli interni.

OIT (sovraccarico da stimoli interni) valuta il livello di confusione prodotto da stimoli interni.

NAR (focus attentivo ristretto) valuta la capacità di restringere l'attenzione in modo adeguato.

RED (focus attentivo ridotto) valuta gli errori dovuti ad un restringimento eccessivo dell'attenzione su informazioni non rilevanti e la difficoltà di passare da un focus interno ad uno esterno e viceversa.

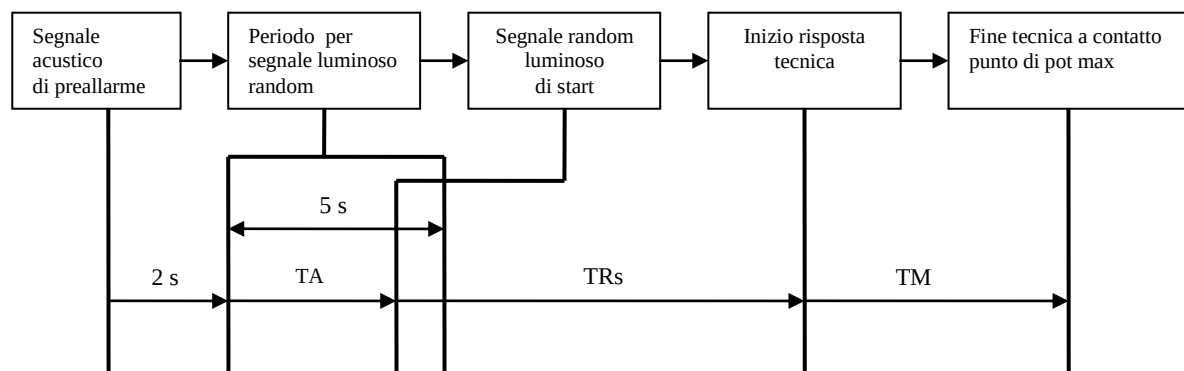
Punteggi relativamente alti nelle scale BET – BIT – NAR indicano uno stile attentivo efficace, mentre punteggi relativamente alti nelle scale OET – OIT – RED identificano uno stile attentivo inefficace.

La tecnica di misurazione dei tempi di reazione

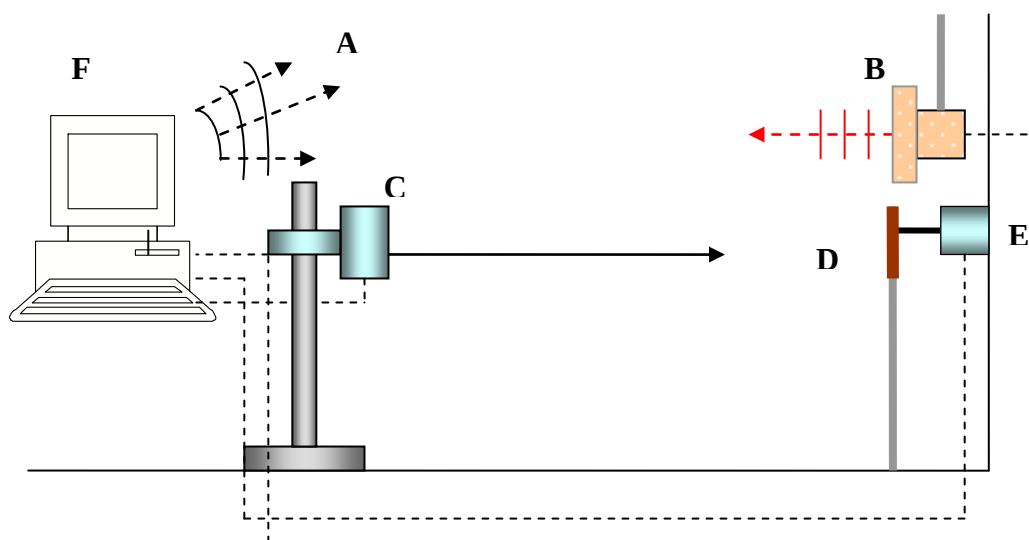
La strumentazione da noi messa a punto e protetta da brevetto, denominata ErgoMak è stata concepita specificamente per poter misurare oltre ai parametri cinematici e dinamici anche quelli cinestesici come i tempi di reazione.

In tal caso i TR sono misurati in condizioni di efferenza reale (efferenza energica) ovvero allo stimolo non si reagisce premendo un tasto o quant'altro di molto distante da una tecnica di Karate, ma eseguendo realmente una tecnica a piena velocità.

Vediamo schematizzato in cinque blocchi l'intero processo.



Schema di ErgoMak



- A Segnale acustico di allarme
- B Monitor LCD per il segnale luminoso random
- C Trasduttore rotativo a filo anelastico per i parametri cinematici
- D Makiwara in materiale composito come bersaglio
- E Trasduttore magnetostriettivo per i parametri dinamici d'impatto
- F PC per acquisizione ed elaborazione dati

L'anticipazione motoria

All'aumentare delle velocità di esecuzione e al diminuire dei tempi di movimento, i feedback non farebbero in tempo ad adeguare le risposte motorie alla situazione in rapida variazione.

Quelle aree del cervello predisposte alla funzione anticipatoria, in virtù delle esperienze simili passate e delle informazioni significative che si riescono a scorgere poco prima dell'evento, attuano una vera e propria predizione sia sul piano del riconoscimento dell'evento futuro che su quello dell'azione da adottare per fronteggiarlo.

Il sistema di controllo motorio in questo caso non è più a feedback (circuito chiuso a retroazione) ma a feedforward (circuito aperto a proazione).

Fondamentalmente, si distinguono due momenti dell'anticipazione:

- **L'anticipazione di situazione**, che ci avvantaggia in maniera spazio-temporale, ovvero ci fa guadagnare tempo di reazione perché sappiamo prima dove, quando e quale tecnica dell'avversario scatterà.
- **L'anticipazione d'azione** che ci permette di programmare in anticipo la risposta ritenuta migliore, così mentre l'anticipazione di situazione ci avvantaggia potenzialmente, solo la corretta anticipazione d'azione ci farà conseguire lo scopo, sempre però, che la tecnica risulti adeguata al compito sotto il profilo d'efficacia.

Gli invarianti

La capacità di anticipazione, si basa certamente sulla presa anticipata e automatica di certe informazioni che l'avversario, poco prima di eseguire la tecnica lascia trasparire; queste informazioni sono definite **invarianti** qualora ricorrano regolarmente sempre alla stessa maniera.

Gli invarianti possono comparire nel momento premotorio, prima dell'avvio del movimento, perché probabilmente in questa fase, qualche parametro somatico si modifica.

Poi, durante il **periodo di creazione della catena fissativa**, che precede sempre il movimento, tutta l'antrometria subisce modificazioni finalizzate e percepibili.

Ma quanto tempo prima non lo sappiamo con certezza; sappiamo però che non si può rintracciare niente di fisicamente misurabile prima di 100 millesimi di secondo dall'origine macroscopica dell'azione, quando questa sia ne troppo energica ne eccessivamente complessa, altrimenti il tempo di creazione della catena fissativa si allunga e può benissimo raggiungere gli 0,2 s ed oltre.

Questi tempi ovviamente si riferiscono a tecniche esperte ovvero eseguite da atleti che le concepiscono con modalità decisionale rapidissima, altrimenti una tecnica potrebbe già un secondo prima di partire essere presente nelle aree corticali superiori.

Se ipotizziamo un tempo medio di 150-200 ms, come somma del tempo di latenza premotoria e il tempo di creazione della catena fissativa, la capacità di anticipazione sarà la capacità di percepire il più precocemente possibile l'origine di questo tempo, ed è plausibile pensare che questa precocità sia legata proporzionalmente alla capacità dei TRS.

Gli invarianti e i necessari processi di finta

Un presupposto fondamentale di un'alta capacità tecnica in discipline Open, è quello di non produrre invarianti, facendo sì che i movimenti che precedono la tecnica (**movimenti legati alla creazione della catena fissativa**) non siano affetti da **ricorrenza monotona**.

Per quanto però una tecnica possa essere dinamicamente ottimizzata, nel senso di ripulita da tutta una serie di movimenti superflui che la precedono, la catena fissativa rappresenterà sempre e comunque un suo punto debole perché se si vuole che una tecnica o colpo siano efficaci e quindi potenti, le alte velocità e forze messe in gioco genereranno proporzionalmente invarianti, a meno che non si introducano altri fattori atti a rompere e manipolare il principio di causazione.

Questi fattori di occultamento-dissimulazione possono essere suddivisi in due categorie fondamentali atte a disturbare il sistema percettivo-elaborativo dell'avversario:

Il primo riguarda l'abbassamento della leggibilità del segnale vero; eseguendo la stessa tecnica a partire da differenti catene fissative, ben strutturate sotto il profilo costo-beneficio, fisico psichico.

Il secondo invece è relativo all'innalzamento della leggibilità del segnale falso; eseguendo differenti tecniche a partire da una stessa catena fissativa, resa opportunamente ben collativa.

Tempo di movimento TM

E' il tempo che intercorre tra l'inizio della tecnica e la sua fine. Se la tecnica è a vuoto, la fine sarà la massima elongazione. Se è a contatto, per fine si intenderà non il primo contatto di superficie ma il momento all'interno del bersaglio in cui si realizza il picco di massima potenza.

TM e precisione nel raggiungimento del bersaglio

Già nel 1954 Fitts sperimentalmente ricavò una equazione che metteva in luce il rapporto inversamente proporzionale tra velocità media e precisione di un movimento singolo.

$$TM = a + b \log_2(d / s + 1)$$

Dove:

TM è il tempo di movimento.

a e b sono due costanti empiriche e quelle usate per prime erano $a = 0,230$ sec; $b = 0,166$ sec.

d/s è il rapporto tra la distanza dal bersaglio e la sua superficie.

Questa equazione descrive oltre il 95% delle variazioni tempo/movimento ed indica che tutti i movimenti in cui viene mantenuto costante il rapporto Distanza/Superficie non subiscono alcuna variazione nel tempo di movimento.

L'esempio classico di questo principio è la scrittura a mano, che vede impiegare lo stesso tempo nello scrivere una lettera piccola su di un foglio, che scriverla una bella grande su di una lavagna.

L'interesse della legge di Fitts in ambito del Karate riguarda il fatto che all'aumentare della velocità esecutiva che equivale a diminuire il TM, la precisione di raggiungere il bersaglio diminuisce.

Negli sviluppi successivi di tali lavori (Kelso e altri 1979 e Schmidt 1980) si evince un'altra importante considerazione, che vede la programmazione motoria del movimento singolo, prediligere proprio l'aspetto spaziale, del punto da raggiungere.

Mentre quella dei movimenti in sequenza è particolarmente dedicata alla definizione della struttura temporale.

Per tale motivo nelle arti marziali tradizionali, il principio di Todome ovvero del colpo preciso e risolutivo unilateralmente, fa sempre riferimento ad una tecnica singola portata scientemente ovvero con consapevole intenzione.

Anche se tale colpo può benissimo succedersi ad una sequenza Ren-Soku di tecniche automatizzate, queste saranno usate sempre come finte attive e mai con lo scopo di colpire casualmente l'avversario nel bel mezzo della loro evoluzione, perché ciò determinerebbe una completa inadeguatezza della precisione a cogliere il bersaglio.

TM e sistemi di controllo motorio

I sistemi di controllo motorio sono essenzialmente tre:

- A circuito chiuso retroattivo (feedback)
- A circuito aperto
- A circuito aperto proattivo (feedforward)

Il primo sistema è una sorta di inseguimento passo passo dell'obiettivo, le riafferenze sensoriali presa informazione della situazione in continuo cambiamento modificano il programma iniziale adeguandolo continuamente alla nuova situazione.

Questo sistema ha forti limiti temporali, per movimenti di durata inferiore ai 250-300 ms la retroazione non è possibile perché non vi è tempo sufficiente per i meccanismi di riafferenza correzione ed efferenza di realizzarsi.

Movimenti che rientrano in questo primo sistema di controllo si dicono non balistici e nel Karate sono rappresentati essenzialmente dalle tecniche di presa, spinta, proiezioni complesse e tutti quei movimenti del corpo controllati passo passo.

Il secondo sistema, a circuito aperto, è rappresentato da quei movimenti automatici o automatizzati i quali una volta innescati non possono essere né modificati né arrestati, il riflesso di orientamento né è una dimostrazione, in questo caso i TM saranno sempre sotto i 250 – 300 ms .

Il terzo sistema di controllo, a proazione, si basa essenzialmente sulla programmazione anticipata del movimento e la concomitante preattivazione di tutti i meccanismi interessati, ovviamente in questo caso i TM saranno lo stesso sotto i 250 -300 ms.

Il riflesso miotatico o da stiramento è un classico esempio di proazione dal momento che dopo lo stiramento dei fusi neuromuscolari e prima che la muscolatura agonista si contragga quella antagonista viene rilasciata.

Nel Karate una azione di difesa come pure il colpire d'incontro richiedono che l'informazione della situazione sia presa anticipatamente (anticipazione di situazione) e lo stesso anticipatamente deve essere programmata la risposta ritenuta migliore (anticipazione d'azione) e quindi devono essere preattivati i meccanismi interessati.

L'azione balistica (o ballistica)

Quando il TM è inferiore a 250 – 300 ms l'azione che lo genera si dice **balistica** e come abbiamo visto il suo sistema di controllo è del tipo a circuito aperto o proattivo.

Nel Karate ci si potrebbe chiedere se nel momento del contatto, per esempio al makiwara o al sacco sia possibile ancora correggere l'assetto della mano a partire dallo stimolo sensitivo tattile della mano stessa sul bersaglio oppure no .

Si può rispondere subito con dei dati, il tempo di contatto della mano con il bersaglio nella fase concentrica dell'impatto è dell'ordine di 20 ms, un tale tempo rende completamente impossibile qualunque meccanismo di correzione perché 15 volte inferiore al tempo minimo per poter utilizzare i feedback.

Come possiamo allora giustificare il fatto che il colpo arriva a massima velocità e scioltezza al bersaglio e solo nel momento del contatto si adegua alla superficie e la muscolatura si contrae?

Sperimentalmente si vede che il pugno comincia a contrarsi molto prima di raggiungere il bersaglio, abbisogna almeno di 120 ms perché la forza esplosiva raggiunga il suo valore ottimale e se il TM è di 200 ms, 80 ms dopo che è stato lanciato deve cominciare a contrarsi, in piena contrazione e precisamente dopo 194 ms impatta nel bersaglio si adegua alla superficie e nei prossimi 6 ms raggiunge la forza esplosiva massima, registrata come picco di potenza max, dopo altri 14 ms si raggiunge la massima elongazione del makiwara, ma tale tempo residuo non viene preso a far parte del TM.

Tutto questo avviene con una programmazione anticipata “feedforward”, tempi, intensità della contrazione, adeguamento della mano alla superficie, tutto è già scritto prima, durante il TM una modificazione di durezza o di posizione del makiwara vanifica completamente il compito motorio e può dare origine a traumi.

Quando avessimo la percezione di controllare volontariamente l'atto motorio è segno che siamo usciti dal campo balistico ed il TM è salito sopra la soglia dei 250 – 300 ms.

Tempo totale TT e concetto velocità situazionale Vs

E' la somma dei tempi di reazione e di movimento **TT = TR + TM**.

Questo tempo rappresenta effettivamente il tempo impiegato a completare la tecnica a partire da uno stimolo imperativo random.

Ovviamente, in combattimento, le informazioni che riceviamo quando l'avversario esegue la tecnica, non sono random, come quelle strumentali, ma possono quasi sempre essere associate a segnali sottili (Invarianti) che regolarmente le precedono, e che sono alla base dell'anticipazione. In ogni caso, dai test effettuati, si evince che i campioni di Kumite possiedono dei bassissimi TT

strumentali, mentre non è affatto detto però che il possedere dei bassissimi TT significhi automaticamente essere un campione.

Conoscendo il TT di un praticante si può definire per lui una velocità particolare ovvero la Vs o velocità situazionale che possiede un grande valore d'indagine delle sue capacità psicofisiologiche.

Se per fare solo qualche esempio proviamo a prendere dei casi reali, vediamo subito come 3,8m/s di velocità media in un Gyakutsuki la cui distanza coperta era di 0,8m dia un TM di 0,21s e se poi consideriamo il tempo di reazione dello stesso atleta che è di 0,230s ne risulta un tempo totale o TT di 0,44s.

Ora se noi consideriamo la vera velocità media di quell'atleta ovvero la velocità situazionale vediamo che essa non sarà più di 3,8m/s ma di 0,8/0,44 ovvero di 1,82m/s che è molto più bassa, ma è anche quella più vera perché tiene conto del tempo totale, quello dall'inizio di uno stimolo imperativo e non soltanto del tempo a partire da quando uno comodamente decide di muoversi.

Diviene ovvio come un altro atleta la cui velocità media normale, sia più bassa per esempio di 3m/s ma che possegga anche dei tempi di reazione di 0,160s alla fine risulterà essere più veloce del primo perché avrà una Vs di ..

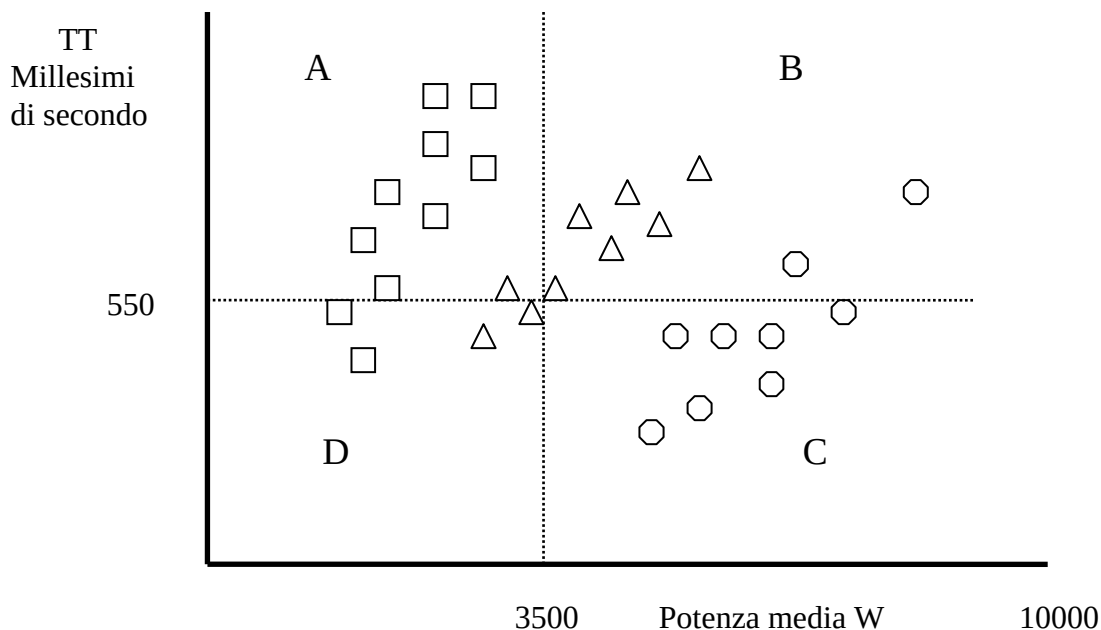
Riportiamo in Figura 1, il grafico che mette in relazione il TT e la potenza media utile di ogni singolo colpo di gyakutsuki, eseguito da tre popolazioni diverse di praticanti, una di basso, una di medio e una di alto livello.

Il piano cartesiano è diviso in quattro quadranti, il quadrante C classifica colpi di alto livello, con potenza sopra i 3500 W, ritenuta come limite inferiore per questa categoria e TT al di sotto dei 550 millesimi di secondo, ritenuto come limite superiore di tempo, per un alto livello.

Si vede facilmente che le tecniche contrassegnate con un cerchietto sono eseguite da alti livelli, mentre quelle contrassegnate da triangoli e quadratini sono rispettivamente eseguite da medi e bassi livelli.

Questo grafico definito “**tempo totale – potenza**” con tutte le sue possibili varianti, è un vero e proprio strumento di analisi psicofisica, e rappresenta nell'ambito della letteratura scientifica una novità estremamente interessante.

Nel Karate tradizionale, possiamo misurare di una tecnica fattori che più di ogni altro si possono assimilare al Kime.



Ulteriore utilizzo del grafico “**tempo totale – potenza**” è nell’ambito dell’analisi dell’evoluzione dell’efficienza e dell’efficacia (in termini di bilanciamento ottimale dei parametri tempo e potenza) nella circostanza di intervento di fattori allenanti.

Nella figura 1.a nel grafico Tempo totale – Potenza sono state inserite delle rilevazioni di tecniche *shuto uchi* in cinque differenti momenti intervallati da una settimana. Graficamente i punti più piccoli e meno colorati appartengono al primo stadio (non allenato) e i punti più grandi e con colore più scuro rappresentano il quinto stadio (dopo quattro settimane di allenamento quotidiano della tecnica).

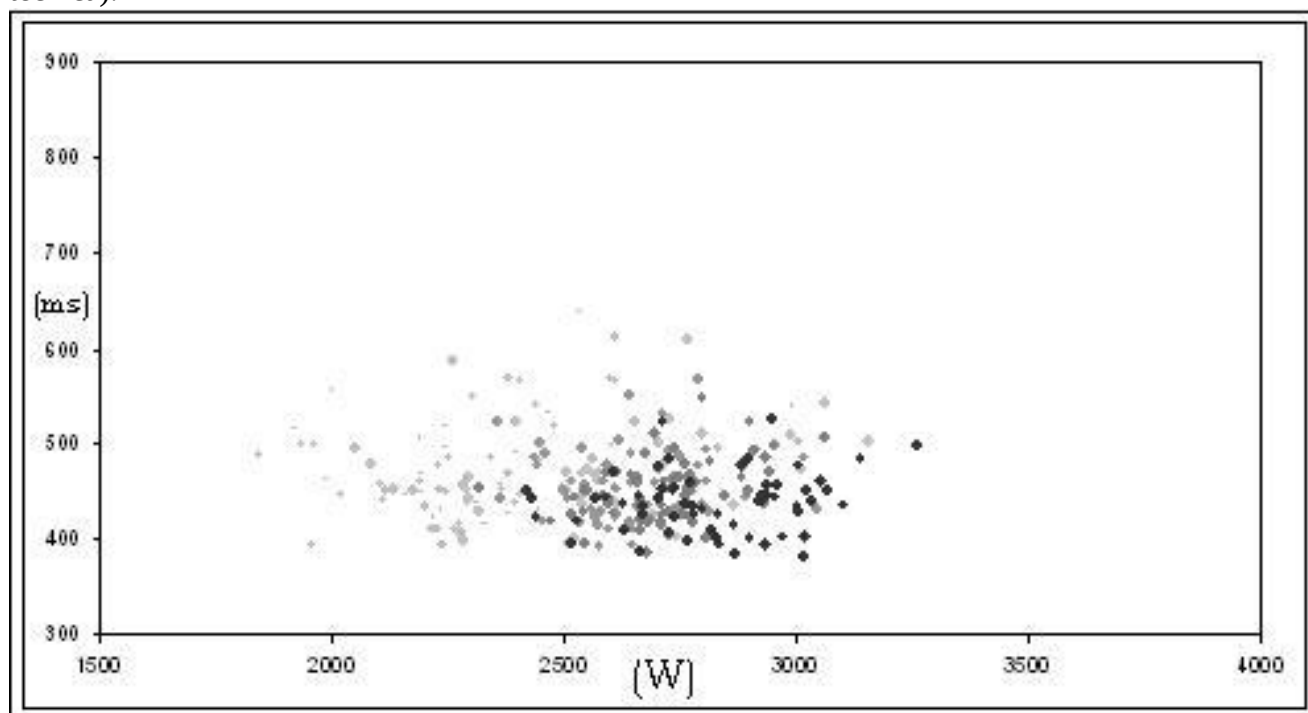


Figura 1.a: Grafico Tempo Totale – Potenza di tecniche *Shuto uchi* in cinque momenti diversi di allenamento

Concettualmente è possibile suddividere la “nube” di eventi rilevati in quattro quadranti, come già evidenziato nella figura 1. Una tale rappresentazione è riportata nella figura 1.b.

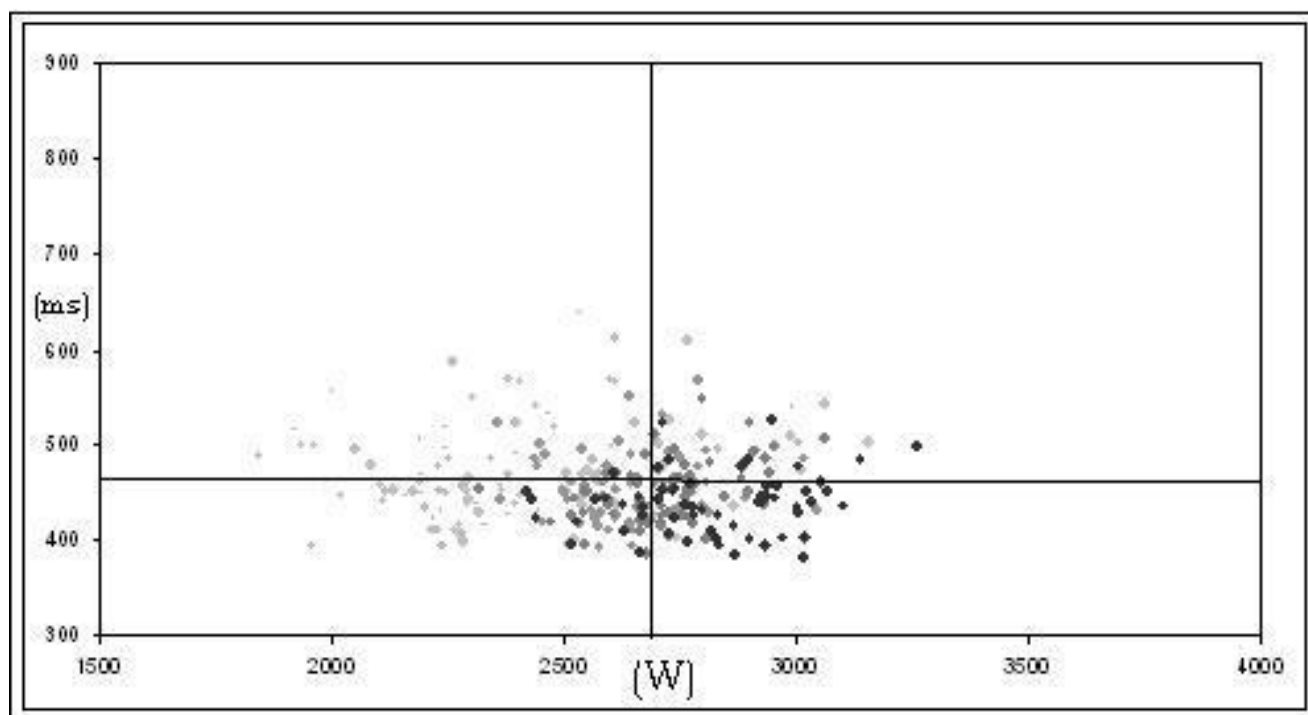


Figura 1.b: Ripartizione in quattro quadranti in funzione del baricentro (tecnica “media”)

La rappresentazione in figura 1.b consente una prima catalogazione delle tecniche e della loro evoluzione. Nel quadrante di Nord-Ovest (NO) si collocano quelle tecniche che rispetto alla media sono considerabili come “bassa potenza e alto tempo totale”. Nel quadrante di SE si collocano, al contrario, le tecniche considerabili come “alta potenza e basso tempo totale”. Negli altri due quadranti, di SO e NE, si collocano tecniche che si collocano al di sopra della media soltanto per uno dei due parametri di riferimento.

Già da una osservazione superficiale è possibile rilevare la linea di tendenza che consente di rilevare l’efficacia del grafico nell’individuare la progressione della maturazione della tecnica: se il baricentro delle tecniche del primo stadio si colloca più in prossimità del quadrante di NO, negli stadi successivi il baricentro si sposta progressivamente in direzione di SE. In quest’ultimo quadrante, infatti, si colloca un numero viepiù crescente di tecniche di stadi più avanzati di allenamento.

Queste considerazioni spingono a cercare un modello descrittivo più complesso della progressione dell’allenamento.

Partendo dalla considerazione che le risorse cognitive e meccaniche di un essere umano sono limitate da caratteristiche strutturali, e combinando questa considerazione con l’evidenza che l’utilità marginale di una unità di allenamento è decrescente, è possibile estendere il modello precedente così da dare significati più precisi all’evoluzione delle tecniche.

Nella figura 1.c sono stati inseriti due assi nel grafico che sono stati nominati “t min” e “P max”.

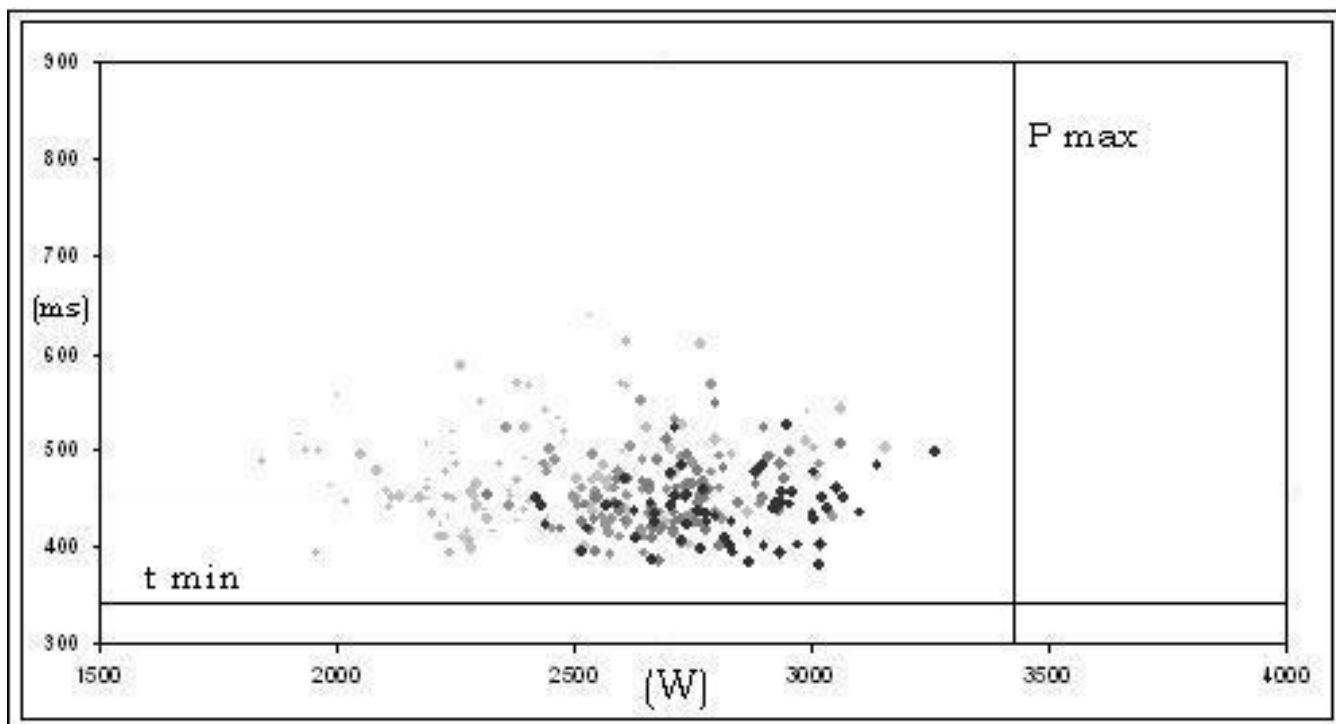


Figura 1.c: limiti teorici dei parametri di riferimento

T_{min} rappresenta il valore minimo di tempo totale al di sotto del quale il soggetto dell'analisi¹ non potrebbe mai scendere per via delle sue caratteristiche (tempo di viaggio delle informazioni dalla retina ai centri cerebrali preposti alla decisione all'azione, tempo di trasmissione delle informazioni all'apparato muscolare, tempo di attivazione delle fibre muscolari, tempo di raggiungimento del bersaglio, ecc.).

P_{max} rappresenta il valore massimo teorico di potenza esprimibile dall'apparato osteo-muscolare dell'individuo² per quella specifica tecnica.

T_{min} è esprimibile come un minimo. P_{max} è concepibile come un asintoto.

A questo punto si può definire "Frontiera di efficienza" il luogo dei punti tali per cui per una data potenza viene impiegato il tempo totale minimo per ottenerla.

Poiché un coordinamento maggiore delle fibre muscolari necessario a potenze più alte richiede di risolvere una entropia informativa maggiore, la funzione non potrà che essere monotona crescente e con curvatura rivolta verso l'alto.

Una rappresentazione ipotetica della Frontiera d'efficienza è riportata nella figura 1.d.

¹ Il tempo minimo e la potenza massima erogabile sono fattori che dipendono dalle caratteristiche del singolo individuo, e quindi variano da persona a persona.

² V. nota precedente.

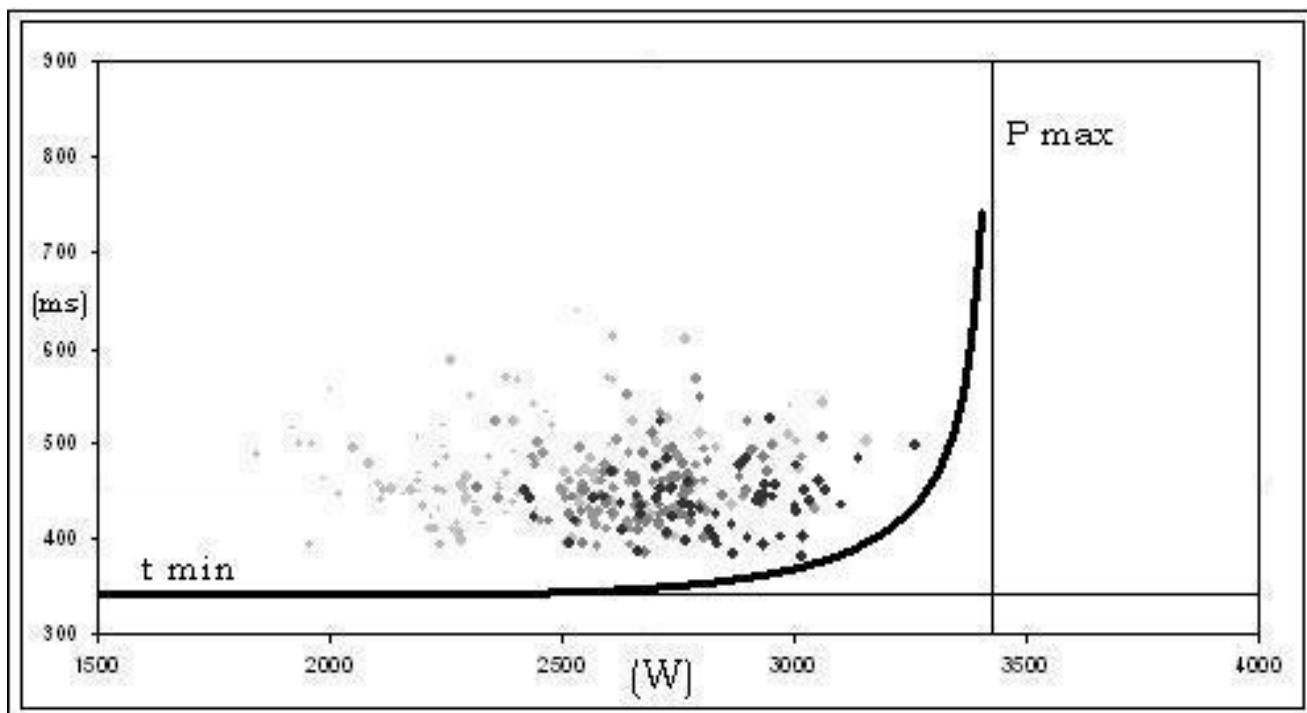


Figura 1.d: Frontiera d'Efficienza

Definito il concetto di efficienza di una tecnica come minimo tempo totale per il raggiungimento di un predeterminato livello di potenza o, viceversa, la potenza massima esprimibile per un determinato livello di tempo totale predeterminato, diverso è il concetto di Efficacia interna di una tecnica.

Per comprendere il significato di quest'ultimo concetto si può fare ricorso a due casi limite. Il primo caso è quello di una tecnica eseguita nel tempo totale minimo possibile per quel individuo con l'erogazione di una potenza minima (verosimilmente poche centinaia di W). Il secondo caso è quello di una tecnica eseguita con la potenza massima erogabile ma in un tempo relativamente alto. In entrambi questi casi si potrà parlare di tecniche efficienti, perché per il vincolo di tempo minimo e di potenza massima sono rispettati rispettivamente la potenza massima raggiungibile ed il tempo minimo richiesto. Tuttavia, già intuitivamente si comprende che una tecnica reale non troverebbe mai beneficio da configurazioni simili (salvo forse il caso delle tecniche di rottura).

Tra le due situazioni estreme presentate è possibile tuttavia muoversi verso una soluzione intermedia facendo ricorso ai concetti di utilità marginale delle unità di tempo e delle unità di potenza.

Quando ci si trova nella parte più orizzontale della frontiera di efficienza ad un relativamente piccolo peggioramento dei tempi totali fa fronte un significativo incremento delle potenze erogate. E' quindi economicamente vantaggioso spostarsi in termini ascendenti sulla curva.

Viceversa, quando ci si trova nella parte verticale della frontiera di efficienza, ad un relativamente piccolo incremento di potenza fanno fronte peggioramenti dei tempi notevoli. In tale circostanza è economicamente vantaggioso sacrificare la potenza per ottenere benefici in termini di tempi più sostanziosi e quindi spostarsi in termini discendenti sulla curva.

Contemplando contemporaneamente questi due fenomeni, si definisce come punto di Efficacia interna sulla Frontiera dell'efficienza quella tecnica tale che qualunque spostamento di tempo o potenza porterebbe a peggiorare il bilanciamento tra le due variabili.

Poiché però il concetto di Efficacia interna e la stessa Frontiera di efficienza (tra l'altro qui esaminata in maniera semplificata) sono concetti teorici, più che punto di massima efficacia è più corretto parlare di un'area di efficacia cui, tendenzialmente, verrà a convergere l'allenamento di una

tecnica. Quest'area, per via delle considerazioni analitiche esposte, si colloca nei pressi dell'incavo della Frontiera d'efficienza.

L'area di efficacia è concettualmente raffigurata nella figura 1.e.

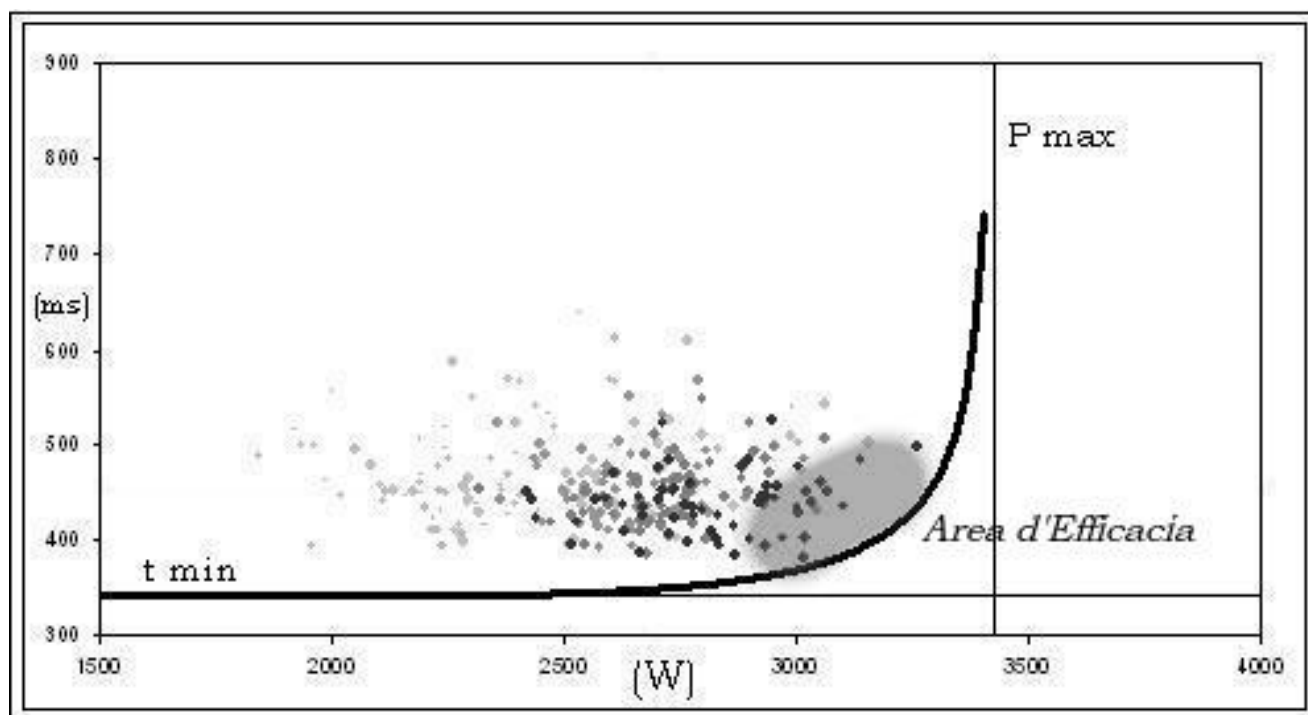


Figura 1.e: Area d'Efficacia

Dinamica dell'impatto

“Aspetti introduttivi”

Cenni di cinematica

Velocità media ed istantanea

In senso fisico la **velocità media** è il rapporto tra lo spazio percorso e il tempo impiegato a percorrerlo, $v_{media} = \frac{s}{t}$. Se per esempio lo spazio percorso è 0,9 metri e il tempo impiegato a

percorrerlo è 0,2 secondi, la velocità media sarà $v_{media} = \frac{0,9}{0,2} = 4,5$ m/s.

Nel Karate T. la velocità media riveste un ruolo importante perché determina il TM ovvero il tempo di movimento, che equivale al tempo impiegato dalla tecnica a percorrere il suo tragitto dall'inizio alla fine.

Come abbiamo visto, un colpo che viaggia ad una velocità media di 4,5 m/s impiega due decimi di secondo a percorrere 90 centimetri.

La velocità media della tecnica non ha influenza sull'energia trasferita all'eventuale bersaglio, ma ha una valenza fondamentale nella determinazione dei TT o tempi totali di interesse tattico.

La velocità che la tecnica possiede al momento del contatto ha un ruolo importante per ciò che riguarda l'energia trasferita, per rilevarla si deve introdurre il concetto di velocità istantanea.

La **velocità istantanea** è la velocità che una tecnica possiede in un punto della sua traiettoria all'istante considerato, essa è la derivata prima della posizione e rappresenta la rapidità di variazione della posizione del punto all'istante t considerato.

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} = \tan \alpha$$

La sua misurazione nelle tecniche di Karate T., si avvale di trasduttori di posizione e cronometri che forniscono la curva spazio-tempo $S(t)$ dell'intera esecuzione, come mostrato in Figura 2.

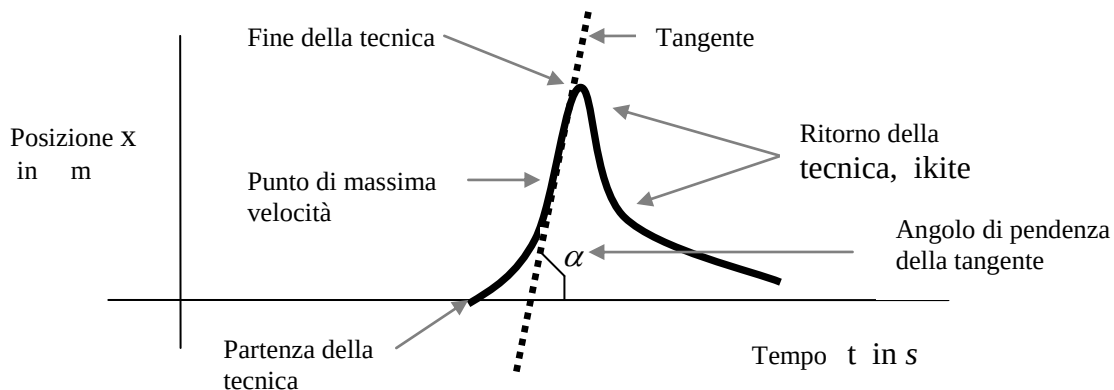


Figura 2: Curva “spazio-tempo”.

Dopodiché, se si vuole calcolare per esempio la velocità istantanea massima, basta trovare il punto dove la tangente alla curva ha pendenza massima e lì si calcola facilmente la velocità istantanea massima, come tangente dell'angolo di pendenza, $\tan \alpha$.

Considerando nel nostro esempio un angolo α di 80° si potrebbe stimare una velocità istantanea massima di quella tecnica nell'ordine di $v(t) = \tan 80^\circ = 5,67$ m/s.

Se per un numero sufficientemente grande di punti di tutta la curva $S(t)$ calcoliamo le relative velocità istantanee, riportando poi tutte le velocità in un grafico, otterremo un'altra curva che rappresenta l'andamento della velocità della tecnica nel tempo ovvero otterremo la curva velocità tempo $V(t)$ come in Figura 3.

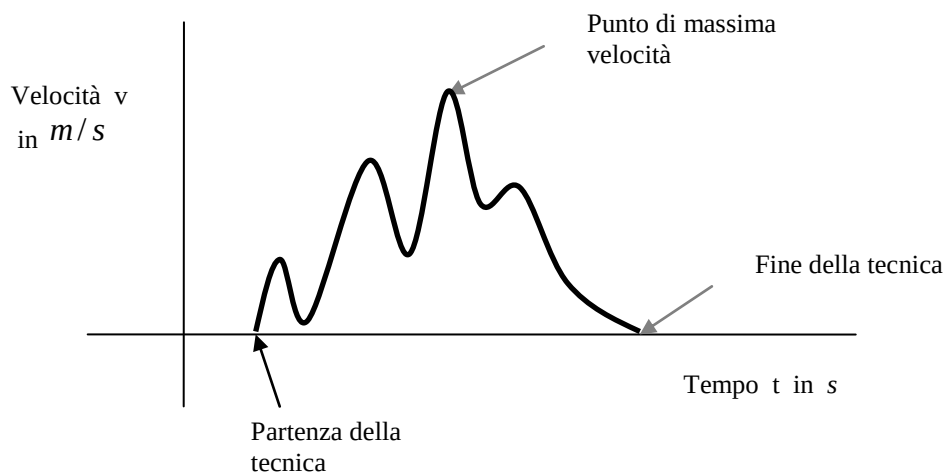


Figura 3: Curva “velocità-tempo”.

La velocità istantanea nella tecnica di Karate T. serve a determinare il punto della traiettoria che possiede velocità massima e che in genere non corrisponde alla fine della tecnica a vuoto o al momento dell'impatto.

Il rapporto tra la velocità terminale d'impatto e quella massima raggiunta ci dà un importante coefficiente coordinativo, (Coefficiente di Sincronizzazione) tanto più è alto, quanto più è efficiente l'azione.

Un campione in genere ha questo coefficiente oltre il 95% e con velocità medie di circa 3,5 m/s riesce ad imprimere alla tecnica di Gyakutsuki punte di 14 m/s che spesso corrispondono a quella d'impatto.

Dai test si evince però che l'azione efficace del campione non si trova mai su questi valori, perché per produrre queste estreme velocità i tempi di reazione TRS si allungano oltre i limiti consentiti.

Ovviamente la velocità istantanea d'impatto, a differenza di quella media, ha un valore cinetico notevole, tecniche che impattano a velocità dell'ordine dei 10 m/s e sostenute da una forza adeguata, facilmente producono sul bersaglio un lavoro di 60-70 Joule che è appunto la quantità di energia trasferita.

Accelerazione media ed istantanea

Si definisce **accelerazione media** a_m il rapporto tra la variazione di velocità Δv e il relativo

intervallo di tempo Δt , $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Se per esempio, un colpo nella sua traiettoria esecutiva passa da una velocità di 0 m/s alla partenza ad una di 10 m/s nel punto di massimo, in un tempo di 0,2 s la sua accelerazione media sarà stata

$$\text{di } a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(10-0)}{(0,2-0)} = 50 \text{ m/s}^2$$

In realtà nei due decimi di secondo che la tecnica ha impiegato a raggiungere da 0 i 10 m/s le accelerazioni reali, in alcuni momenti, potrebbero essere state molto più grandi di 50 m/s^2 ed in

altri molto più piccole, sarà dunque necessario ricorrere alla accelerazione istantanea per poterlo verificare.

Si definisce **accelerazione istantanea** $a(t)$ la derivata seconda della posizione e rappresenta la rapidità di variazione della velocità all'istante considerato, $a(t) = \frac{d^2x}{dt^2}$ e dato che la derivata prima della posizione, è la velocità istantanea $v(t) = \frac{dx}{dt}$, si può anche scrivere che l'accelerazione istantanea è la derivata prima della velocità all'istante considerato cioè $a(t) = \frac{dv}{dt}$.

Se prendiamo una normale curva di velocità di un colpo come in Figura 4, possiamo facilmente trovare il punto della curva la cui tangente ha maggiore pendenza, e in quel punto si calcola l'accelerazione massima come $a_{\max} = \tan \alpha$.

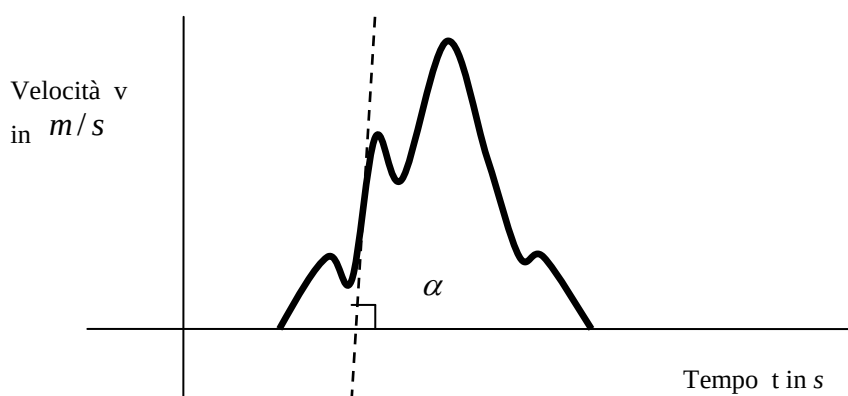


Figura 4: Metodo di calcolo della massima accelerazione.

Se per esempio ipotizziamo l'angolo α di $89,71^\circ$, la sua tangente risulterà essere di 200 e ciò è appunto il valore dell'accelerazione in quel punto ovvero $200m/s^2$ corrispondenti a circa 20g.

Se per un numero sufficientemente grande di punti di tutta la curva procediamo allo stesso modo otterremo una quantità di valori di accelerazione che se rappresentati in un diagramma ci forniranno una nuova curva accelerazione tempo $A(t)$ come in Figura 5.

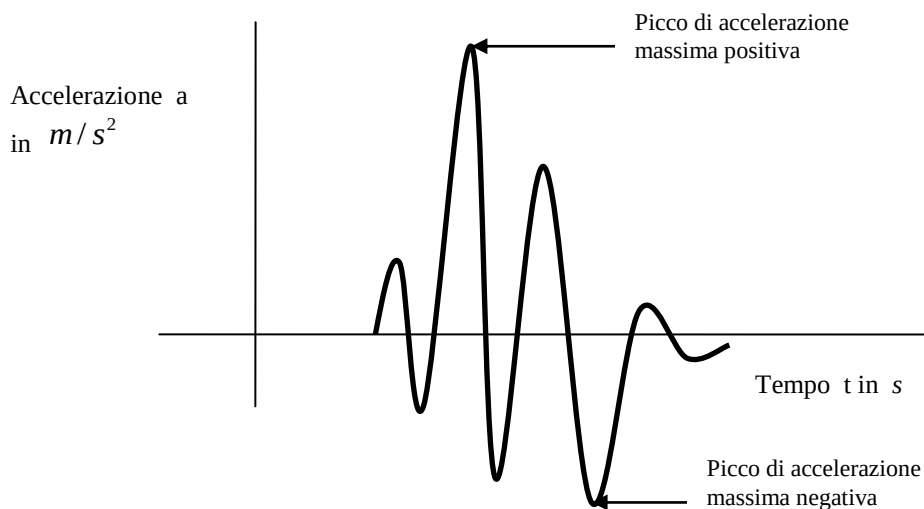


Figura 5: Curva di “accelerazione-tempo”.

La curva di accelerazione di un colpo ci informa di dove e di quanto varia la velocità esecutiva, ed è fondamentale che nella fase iniziale questa sia al di sopra di un certo valore, altrimenti il colpo risulterebbe partire con progressione lenta e per certi aspetti quindi più facilmente intercettabile.

Ma nello stesso tempo l'accelerazione iniziale non può essere troppo grande (**massimale**) ovvero non deve superare il valore critico in cui si comincia a manifestare un importante fenomeno di limitazione biomeccanica, denominato ESFI (**Effetto di Scomparsa della Forza a causa dell'Inerzia**).

L'insorgere di questo effetto nelle tecniche con distanza esecutiva sopra i 70 – 80 cm, riduce notevolmente la velocità finale ed implica quindi una riduzione della potenza trasferita.

Nelle tecniche, con distanza esecutiva sotto i 50 - 60 cm il fenomeno ESFI è praticamente inesistente ma a velocità massime d'impatto non corrispondono necessariamente velocità iniziali (**dopo 35 ms dalla partenza**) massime.

Dai dati sperimentali si evince che velocità molto grandi d'impatto possono essere generate a partire da un range di velocità iniziali abbastanza ampio e personalizzato, lo stesso atleta può raggiungere velocità d'impatto di 12 ms a partire da velocità iniziali indifferentemente di 0,8 – 1,3 ms.

Questo aspetto può essere ritenuto a ragione una estensione nel campo condizionale del concetto di **Equivalenza Motoria**.

Riportiamo di seguito un rilevamento reale di posizione –velocità –accelerazione di un gyakutsuki a vuoto Figura 6.

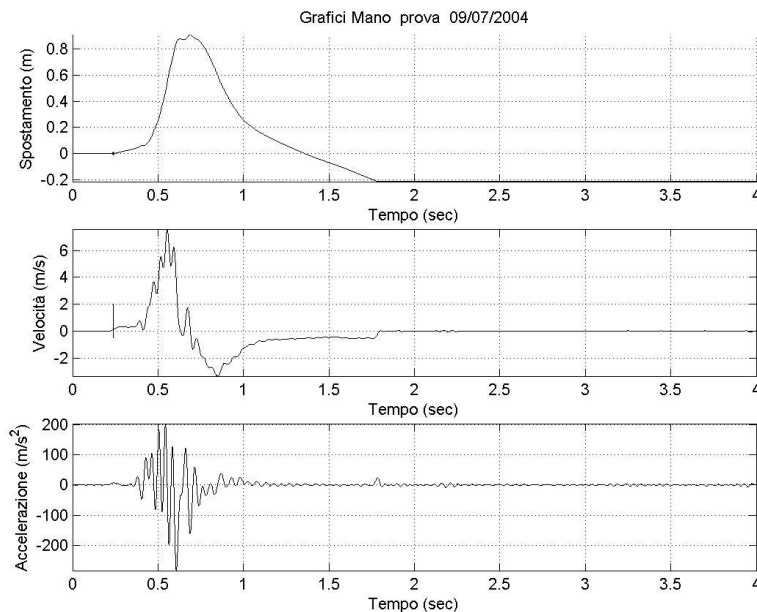


Figura 6: Grafico reale di “posizione –velocità –accelerazione” di un gyakutsuki

La forza trasmessa all'impatto e il suo modello di calcolo

Di tutti i possibili tipi di forza, per il nostro scopo è sufficiente analizzarne tre:

- 1) Quella dell'inerzia dove la forza $F = m \cdot a$ ossia massa m per accelerazione a .
- 2) Quella elastica dove la forza $F = -k \cdot x$ ossia costante elastica k per lo spostamento x .
- 3) Quella di attrito viscoso dove la forza $F = \beta \cdot v$ ossia il coefficiente di viscosità β per la velocità v .

Infatti sia il corpo impattante (pugno o calcio o altra tecnica), che quello impattato, posseggono caratteristiche di massa, elasticità e viscosità assimilabili a quelle tipiche dei solidi deformabili reali.

Quando una regione del corpo viene colpita, essa reagirà al colpo proprio sommando queste tre sue caratteristiche e l'equazione che ne scaturisce sarà del tipo:

$$F(t) = M \cdot a + k \cdot x + \beta \cdot v \quad \text{o più precisamente} \quad F(t) = M\ddot{x}(t) + kx(t) + \beta\dot{x}(t)$$

questa equazione rappresenta il modello di calcolo del sistema massa – molla - smorzatore qui sotto schematizzato Figura 7.

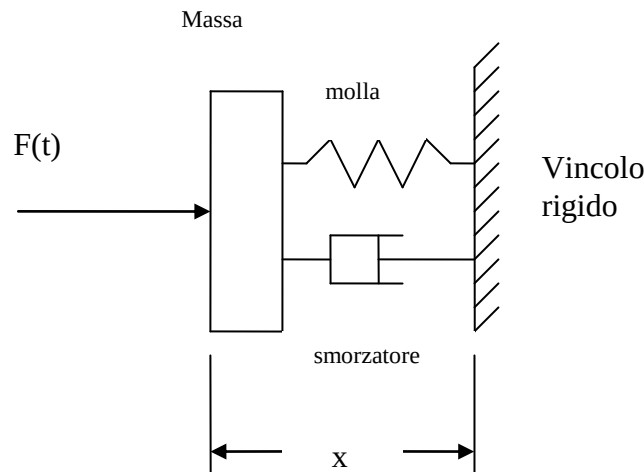


Figura 7: Modello “massa-molla-smorzatore”

Come vediamo questo modello è anche quello di buona approssimazione del classico makiwara anche se ovviamente possiede una disposizione schematica diversa.

Applicando al makiwara un sensore di posizione, saremo in grado tramite computer di rilevare la curva $S(t)$ o $X(t)$ relativa allo spostamento della massa impattata.

Come abbiamo già visto precedentemente dalla curva $X(t)$ possiamo tramite derivazione ricavare sia la velocità $V(t)$ espressa anche come $\dot{x}(t)$ (leggi x punto di t e vuol dire derivata prima della posizione rispetto al tempo), sia l'accelerazione $A(t)$ espressa anche come $\ddot{x}(t)$ (leggi x due punti di t e vuol dire derivata seconda della posizione rispetto al tempo).

A questo punto non rimane che stimare sperimentalmente le costanti di massa m , di elasticità k e viscosità β del makiwara per poter risolvere completamente l'equazione differenziale del modello.

Risolta l'equazione, saremo in grado di avere istante per istante la quantità di forza impressa al makiwara dal colpo ovvero l'intera curva $F(t)$ come in Figura 8, indispensabile per le ulteriori deduzioni meccaniche.

L'unità di misura della forza è il Newton N, e rappresenta la quantità di forza necessaria ad aumentare di 1 m/s in un secondo la velocità della massa di 1 kg che equivale ad imprimerle una accelerazione di 1 m/s^2 (leggi un metro al secondo quadrato).

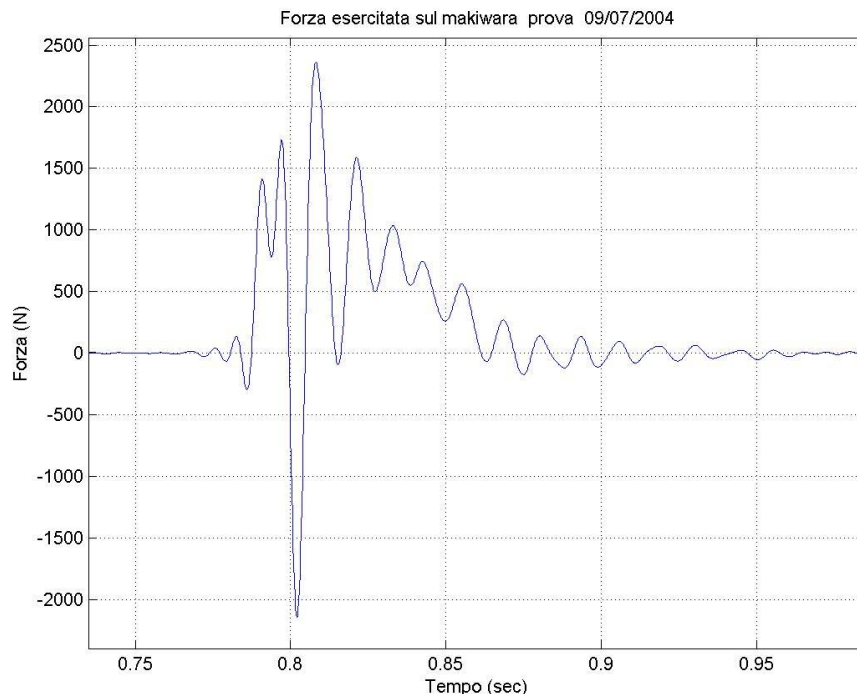


Figura 8: Curva $F(t)$ reale relativa all'impatto di un gyakutsuki

La curva $F(t)$ di Figura 8 esprime la forza nel senso dinamico, ovvero esprime la variazione della forza durante il tempo di contatto del colpo con il bersaglio.

Nei makiwara con costanti m , k e β , dimensionate in maniera tale da simulare con buon grado di approssimazione un reale addome in contrazione (**dimensionamento antropico**), si sono registrati picchi di forza dinamica dell'ordine di 2600 N (circa 265 kg), con tecniche di gyakutsuki, la cui velocità al momento del contatto con la tavola era di oltre 12 m/s.

Se aumentiamo il k del makiwara (rendendolo più rigido) che rappresenta il suo rapporto forza /deformazione, la stessa energia trasferita, che prima aveva generato forze di 265 kg può arrivare sino a 850-1000 kg che rappresenta il valore limite di resistenza delle strutture anatomiche della mano.

Lo spazio di deformazione.

Deve essere chiaro che la stessa energia, se costretta a trasferirsi in spazi di deformazione più piccoli, dà origine a forze più grandi. Se $L = F \cdot S$ allora $F = \frac{L}{S}$: provate a colpire in piena energia un sacco la cui deformazione è dell'ordine delle decine di centimetri, oppure un muro rigido, ve ne renderete subito conto.

La differenza di dolore avvertito e di trauma subito non è altro che la diversa forza impressa nei tessuti della mano dovuta al diverso grado di deformazione dei materiali impattati, sempre ovviamente a parità di superficie di contatto.

La superficie di contatto

Diminuendo la superficie di contatto, la forza totale trasmessa non cambia, ma localmente il tessuto dovrà sopportare un carico concentrato maggiore, nel senso che una forza di 2600 N distribuita in 10 cmq da' origine a un carico di forza per centimetro quadrato di $F_{cmq} = \frac{F_{tot}}{cmq} = \frac{2600}{10} = 260N$

(circa 26,5 kg per centimetro quadrato equivalenti a circa 26,5 at "atmosfere" di pressione).

Mentre, se la superficie di contatto fosse di soli 2 cm come nel caso di un ipponken, il carico per centimetro quadrato sarebbe di 1300 N (circa 132,5 kg) di non facile sopportazione per i tessuti.

Angolo d'incidenza

Un altro aspetto importante del trasferimento della forza è l'angolo di incidenza tra questa e la superficie impattata, per cui essa sarà massima solo quando si verifica una condizione di normalità, ovvero solo quando l'angolo d'incidenza è di 90°.

Una tolleranza ottimale rientra in uno scostamento dalla normalità di $\pm 15^\circ$ e ciò si evince dal fatto che essendo la forza trasmessa uguale a $F_{trsf} = F \cdot \cos \alpha$ uno scostamento di 15° di una forza di 2600 N comporterà una trasmissione di $F_{trsf} = 2600 \cdot \cos 15^\circ = 2511,41$ N ovvero oltre il 96% e una perdita di trasmissione sotto il 5% può essere ritenuta trascurabile a tutti gli effetti.

L'energia trasmessa all'impatto

Quando la forza impressa al makiwara ne modifica lo stato, vi sono nuovamente tre considerazioni da fare:

1) La massa della tavola colpita subisce una brusca variazione di velocità, da zero passa rapidamente ad una certa velocità v , il quadrato di questa velocità per la metà della massa ovvero $\frac{1}{2}mv^2$ è appunto l'energia cinetica e rappresenta l'energia relativa alla massa.

2) La forza impressa, flette, e dunque sposta la tavola di una certa misura, sarà allora il quadrato di questa misura per la metà della sua costante elastica, ovvero $\frac{1}{2}kx^2$, l'energia elastica e rappresenta appunto l'energia relativa alla sua elasticità.

3) Una certa quantità di energia verrà dissipata, cioè non sarà più riutilizzabile in senso meccanico, per il fatto che il materiale reale possiede sempre intrinsecamente un certo grado di viscosità.

Il metodo di stima di questa energia è complesso e non sarà illustrato in questa introduzione. Basti pensare però che la sua quantità, in makiwara costruiti appositamente per tali misure è circa il 5% del totale dell'energia ed è dunque praticamente trascurabile.

La somma delle energie cinetica, elastica e quella dissipata ci fornisce l'energia totale messa in gioco nell'impatto ed in particolare, l'energia cinetica ed elastica trasferite producono lavoro nel bersaglio, quella dissipata no .

L'unità di misura dell'energia è il Joule. Un joule è il lavoro effettuato da una forza di 1 Newton per spostare una massa di un metro lungo la sua retta di applicazione.

L'energia massima misurata in un gyakutsuki è stata di 111 joule trasferita in un tempo utile di 0,013 s ovvero in 13 millesimi, a fronte di 45 millesimi di tempo totale di contatto, con un altrettanto spostamento utile della tavola di 0,045 m: 4,5 cm a fronte di un affondo totale di 11 cm.

Il concetto di tempo e affondo utile, risiede nel fatto che solo entro questi valori si ha potenza efficace, ovvero il 90% di quella totale dopodiché le velocità si abbassano a tal punto che la potenza nei successivi 32 millesimi di secondo relativi ad un ulteriore affondo di 6.5 cm è troppo bassa per produrre shock nel bersaglio.

Proviamo ora a dare una descrizione intuitiva di cosa sono 100 joule di energia, perché non restino solo dei numeri;

Immaginate un disco da 10 kg come quelli normalmente usati per allenarsi ai pesi, lasciatelo cadere e dopo un metro avrà raggiunto la velocità di $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 4,43 \text{ m/s}$

impiegando un tempo di $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9.81}} = 0,451 \text{ secondi}$ e quindi la sua energia cinetica sarà

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4,43^2 = 98,12 \text{ joule valore molto prossimo a } 100 \text{ j.}$$

Lo stesso risultato si ottiene più rapidamente applicando la formula dell'energia potenziale $E_p = mgh$ massa x accelerazione di gravità x altezza.

Potenza trasmessa all'impatto

Si può definire la potenza trasmessa all'impatto in due modi;

1) Energia trasferita nell'unità di tempo, ovvero considerando la potenza media:

$$P_{med} = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

per cui se i 111 J sono trasmessi in 13 millesimi di secondo la potenza media relativa a questo intervallo sarà $111/0.013=8538 \text{ W}$, aumentando il tempo di trasferimento la potenza diminuisce.

2) Come forza per velocità:

$$P = F \cdot V$$

Per cui, se la forza di 2500 N, relativa ad un trasferimento di energia di 111 J è applicata con una velocità di 3,41 m/s la potenza sarà egualmente di 8500 W. Diminuendo la velocità, la potenza risulterà minore.

L'unità di misura della potenza è il Watt (W), 1 W è la potenza fornita da un sistema che compie il lavoro di 1 joule in 1 secondo.

Nella Figura 9 è mostrato il grafico Potenza-Tempo relativo all'impatto di un gyakuzuki.

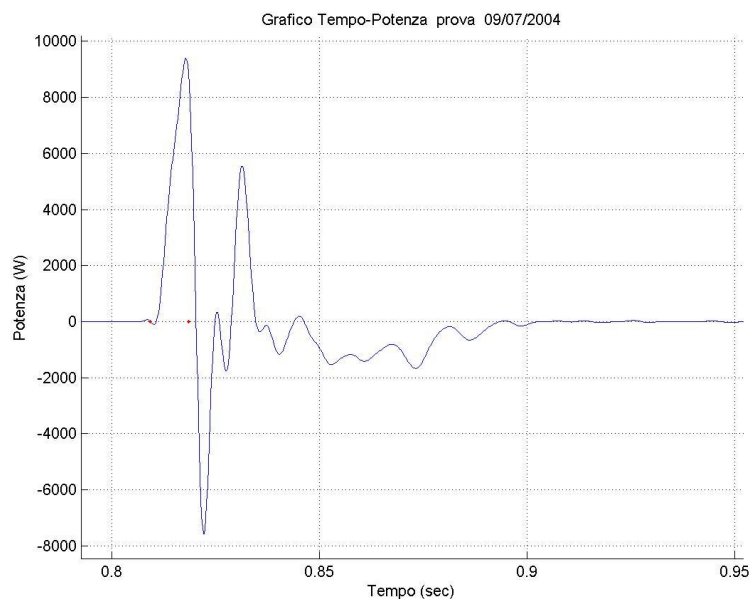


Figura 9: Grafico reale “potenza-tempo” relativo ad un gyakutsuki.

Approfondimenti

La forza d'impatto e la sua misura

1. Primo approccio alla stima della forza d'impatto con l'uso del makiwara come strumento di misura.

Descrizione del makiwara come dinamometro capace di misurare la componente statica della forza. Illustrazione di esperimento reale:

- Con una matita fissata alla tavola trasversalmente, può essere tracciata su di un foglio di carta posto lateralmente la linea corrispondente alla misura di flessione.
- Usando un dinamometro si può mettere in relazione la forza applicata alla tavola con la flessione subita e ripetere la prova più volte con forze applicate crescenti.
- Si può allora mettere su carta le misure effettuate e costruire il diagramma forza flessione, da cui ricavare la costante elastica k .
- Con la costante k nota si può ricavare ogni volta la forza F mediante la relazione nota come legge di Hooke $F = -k \cdot x$ semplicemente leggendo la quantità x di flessione della tavola.
- Osservare come la stessa misura di flessione può essere raggiunta a partire da applicazioni molto diverse della forza, spinta lenta, spinta rapida, colpo ecc.... Il fatto che la misura della forza poi sia sempre la stessa, ci insospettisce e cominciamo ad intuire che qualcosa non va in questo procedimento. Non è possibile che ha sensazioni diverse ricevute dall'applicazione in vario modo della forza, corrisponda sempre una stessa misura, semplicemente perché è stato percorso sempre lo stesso spazio di flessione.

Allestimento di esperimento per il rilevamento della forza statica

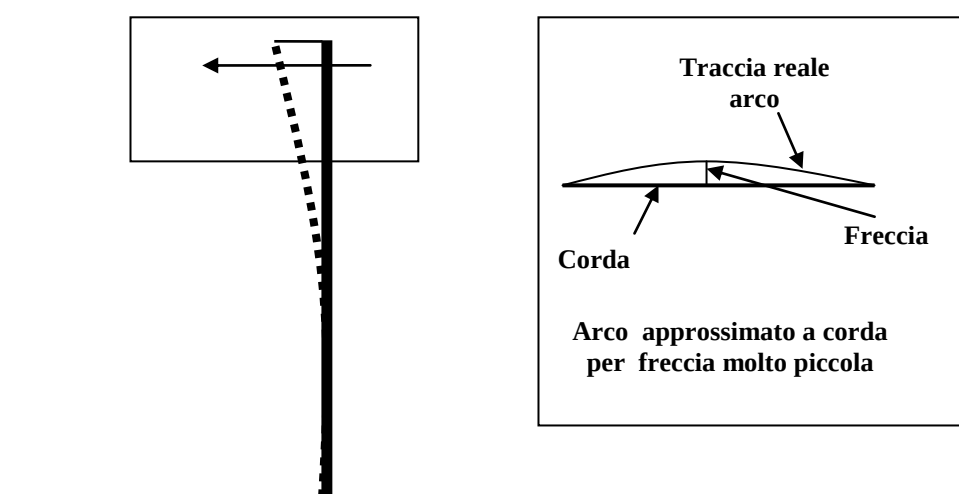


Figura 10: Stilizzazione di makiwara visto di profilo

Costruzione del diagramma forza lunghezza

Con un dinamometro ed un calibro procederemo a costruire il diagramma forza flessione da cui ricaveremo la costante elastica k necessaria per il rilevamento della forza statica.

Una volta applicato il dinamometro alla tavola, fletteremo la stessa di un centimetro, verificandolo con un calibro e leggeremo sul dinamometro la forza in Newton corrispondente, faremo lo stesso con 2; 3; 4; 5; 6; 7 cm riportando le misure su di una tabella.

Lettura di forza in Newton	Lettura di flessione in cm
130	1
260	2
390	3
520	4
650	5
780	6
910	7

Figura 11a: Tabella delle letture, di forza e lunghezza (flessione makiwara)

Costruiamo ora il diagramma forza/lunghezza

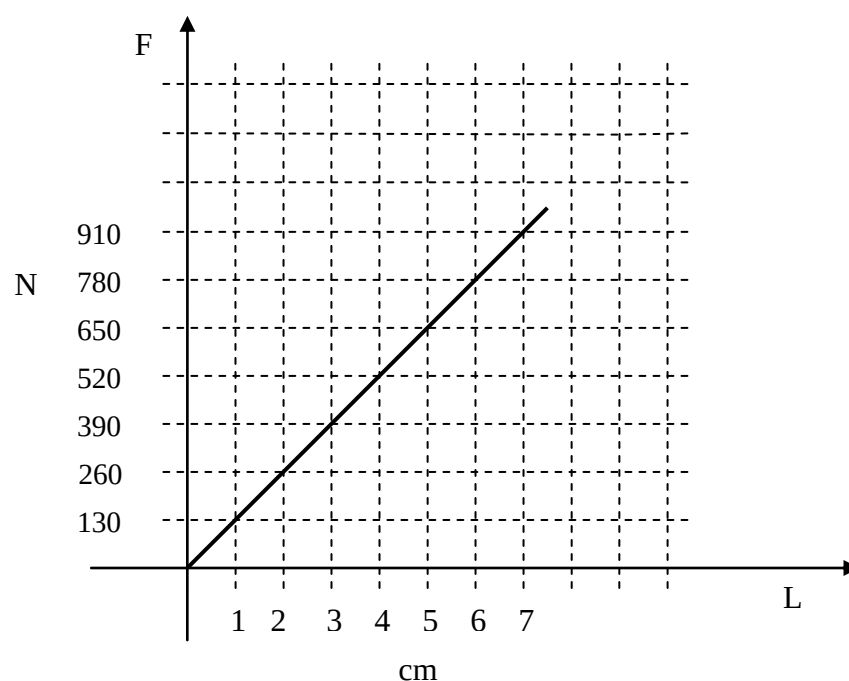


Figura 11b: Diagramma forza-lunghezza

Come vediamo vi è una proporzionalità diretta, tra forza e lunghezza da permettere il calcolo della costante elastica k con buona precisione.

Calcolo della costante elastica k e della forza statica

Essa sarà data dal rapporto della forza espressa in Newton e la lunghezza della flessione espressa in metri.

$$k = \frac{F}{L} = \frac{910}{0,07} = 13000 \text{ N/m}$$

Conoscendo k sarà possibile ricavare la forza statica a partire dalla sola misura della lunghezza ovvero dalla flessione della tavola, ammettiamo infatti di flettere la tavola di 5,5 cm (0,055 m), la forza necessaria a permettere questa flessione sarà di:

$$F = -k \cdot x = 13000 \cdot 0,055 = 715 \text{ N}$$

Per dare un'idea più usuale di quanto sia una forza di 715 Newton, dobbiamo sapere che in prossimità della superficie terrestre la gravità eserciterà una forza di questa entità su di un corpo la cui massa è di $m = F / g = 715 / 9,81 \cong 73 \text{ kg}$

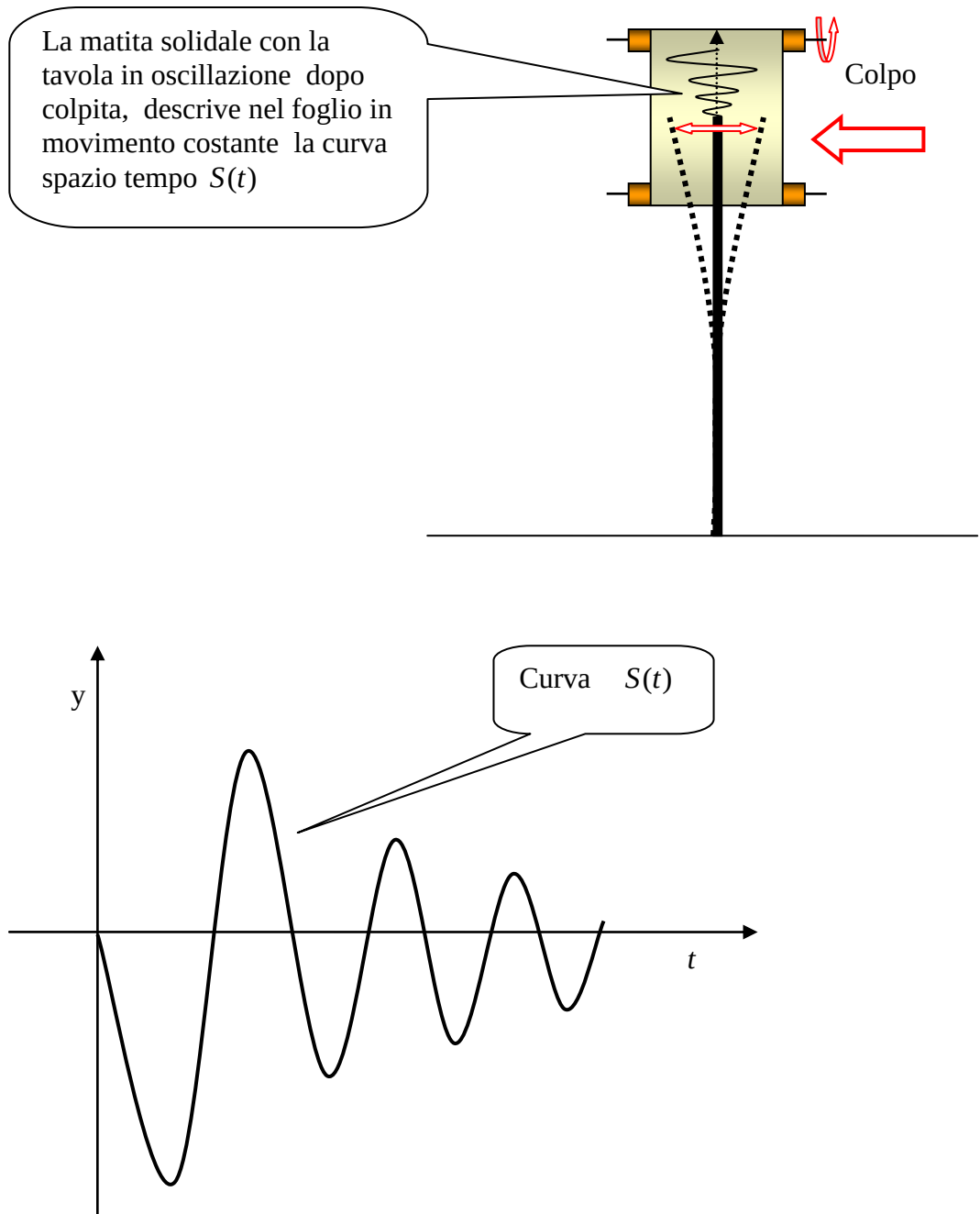
Calcolo della forza dinamica

2. **Chiarimenti sul fatto che il makiwara possiede una massa ed è quindi soggetto alla seconda legge di Newton $F = m \cdot a$ oltre che a quella di Hooke relativa all'elasticità.** Descrizione del makiwara come sistema di massa che reagirà al tentativo di variane la velocità, con una forza proporzionale al prodotto della massa per l'accelerazione. Proseguiamo con un altro esperimento reale:

- Abbiamo visto che la forza elastica dipende solamente da una costante e da una misura di posizione, dunque è indipendente dal fattore tempo e quindi non risentirà in alcun modo né della velocità né dell'accelerazione impressa alla tavola dalle varie forze applicate.
- La forza relativa alla massa $F = m \cdot a$ invece è proporzionale al prodotto della massa per la variazione di velocità ovvero l'accelerazione, è quindi una forza dipendente dal tempo perché risente della variazione nel tempo della velocità.
- Per rendersi conto di come la massa agisca nel tentativo di flettere il makiwara, proviamo ad aggiungere alla tavola dietro il punto di contatto alternatamente masse di diversa entità. Se spingiamo la tavola lentamente qualunque sia la massa aggiunta non ce né renderemo conto perché per accelerazioni prossime a zero, il prodotto massa per accelerazione viene prossimo a zero e la forza elastica dovuta alla sola misura di flessione per la costante k sarà la sola forza significativa. Ma appena provassimo a colpire la tavola le cose cambierebbero drasticamente, la brusca variazione di velocità darebbe origine a forze di reazione molto intense e la differenza tra masse di diversa dimensione sarebbe avvertita molto chiaramente.

- Per rilevare questa forza sarà allora necessario misurare l'accelerazione della tavola nel punto di applicazione della forza e la quantità di massa che effettivamente partecipa a tale variazione di velocità.
- Bisognerà ricorrere a qualche ingegnoso espediente, come di solito si fa nella risoluzione di problemi sperimentali e noi cercheremo inizialmente quello più semplice per far comprendere in profondità il problema, rimandando in un secondo tempo l'uso di strumentazione elettronica ed informatica. Questo tipo di strumentazione avanzata permette ovviamente di misurare e rilevare con estrema rapidità e precisione i parametri che ci occorrono ma ha il difetto di essere troppo preconfezionata e non far vedere i passaggi significativi intermedi e la logica dei ragionamenti matematico fisici occorrenti.
- Intanto proveremo a mettere in movimento costante il foglio di carta, dopodiché la matita collegata alla tavola vi tratterà di nuovo lo spostamento subito da questa all'applicazione della forza.
- In questo caso però osserveremo che la traccia che la matita lascia nel foglio di carta, non sarà più una linea retta come quando il foglio era fermo, ma descriverà una curva, dalla forma diversa a seconda della quantità e variabilità di forza impressa alla tavola.
- Ricordiamoci che prima la linea era più o meno lunga a seconda che la componente statica della forza fosse stata più o meno grande, ma era pur sempre della stessa forma, ovvero una retta e non eravamo assolutamente in grado di poter vedere la variabilità della forza nelle frazioni di tempo interne a tutto l'evento.
- Ora con il foglio in movimento, il grafico disegnato sarà una curva dalla quale non solo possiamo registrare la quantità di forza, relativa punto per punto all'ampiezza per la costante k , ma anche tutta una serie di altri parametri dipendenti dal tempo, come la velocità e l'accelerazione della tavola.

Figura 12: Traccia della matita sul foglio in movimento costante



Nell'asse y delle ordinate avremo la misura (s) dell'ampiezza massima della curva che corrisponde alla flessione massima della tavola ed è la stessa misura che potevamo effettuare anche senza la carta in movimento. Ma con la carta in movimento possiamo vedere anche tutte le altre ampiezze relative alle successive oscillazioni della tavola vuoi che sia ancora in contatto della mano e quindi della forza agente esterna vuoi che in assenza della forza esterna continui per un po' ad effettuare oscillazioni libere.

Mentre nell'asse x delle ascisse avremo il tempo t che ci sarà necessario per poter rilevare il periodo T delle oscillazioni e la frequenza f .

Il problema ora è quello di avere realmente nell'asse dei tempi una misura reale in secondi e questo non è possibile, facendo muovere il foglio approssimativamente.

Si dovrà ricorrere a strumentazione più sofisticata, come Ergomak che lo rileva elettronicamente in maniera straordinariamente precisa.

Proveremo poi a vedere come sia possibile rilevare i parametri che ci servono dalla curva reale tracciata da Ergomak, definita legge oraria o grafico spazio tempo $S(t)$.

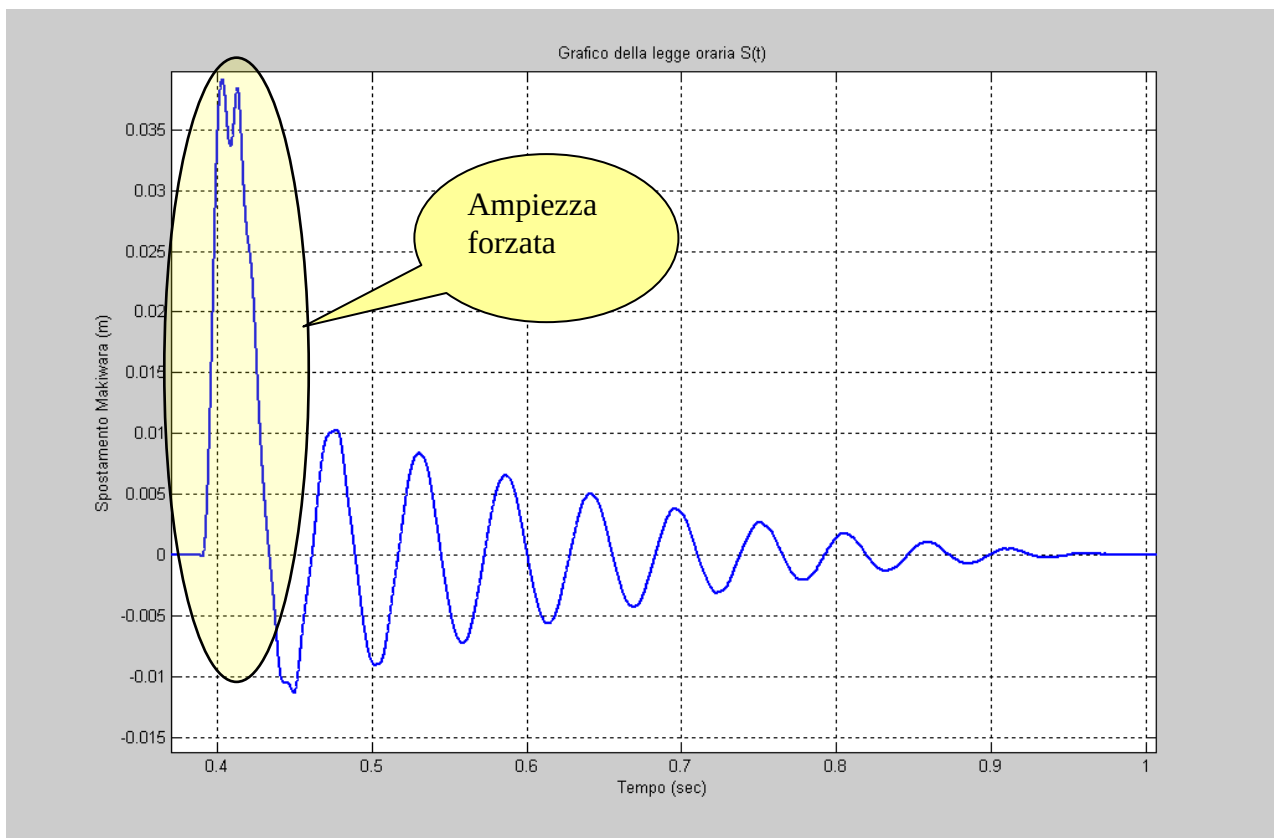


Figura 13: Grafico della legge oraria di un colpo reale

Come vediamo la tavola è messa in movimento per un tempo totale che va da 0,39 s a 0,94 s ovvero per 0,55 s (tra i due marcatori) durante il quale viene flessa dalla forza impressa, di una massima ampiezza, che presenta però a sua volta una piccola oscillazione con due picchi, dopodichè la forza esterna impressa, direttamente applicata cessa e la tavola continua ad oscillare per effetto dell'inerzia con un moto smorzato (dovuto agli attriti viscosi interni) di una frequenza propria f che vediamo essere di 9 oscillazioni in $\frac{1}{2}$ secondo ovvero 18 Hertz (dove Hertz è il numero di oscillazione al secondo).

Proviamo ad ingrandire la curva relativa alla ampiezza forzata:

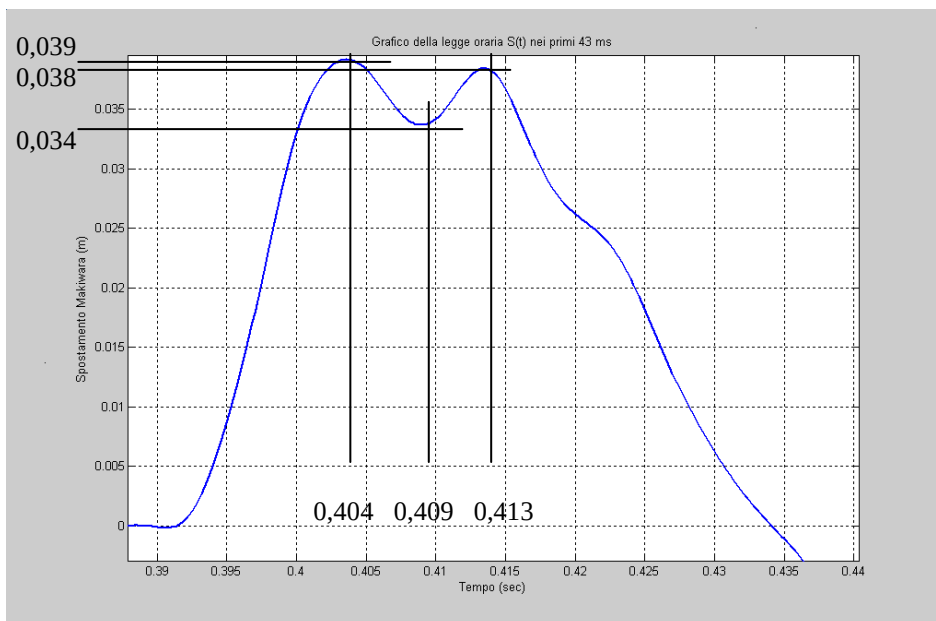


Figura 14: Curva relativa all'ampiezza forzata

La tavola comincia a flettere a 0,39 s dall'inizio dell'acquisizione dati, dunque questa misura di tempo è il nostro 0.

Raggiunge 0,039 m (3,9 cm) al tempo 0,404 s ovvero dopo $0,404 - 0,39 = 0,014s$ (14 millesimi di secondo).

Deflette leggermente ovvero torna indietro di $0,039 - 0,034 = 0,005m$ (0,5cm) in $0,409 - 0,404 = 0,005s$ (5 millesimi di secondo).

Si flette di nuovo di $0,038 - 0,034 = 0,004m$ (0,4cm) in $0,413 - 0,409 = 0,004s$ (4 millesimi di secondo)

Con la legge oraria ovvero la curva spostamento tempo $S(t)$ e la costante elastica k determinate, si può facilmente costruire la curva forza statica tempo, questa in effetti ha la stessa forma della legge oraria, perché è il risultato, del prodotto dell'ordinata di ogni punto della legge oraria, per la costante k . Fig sotto

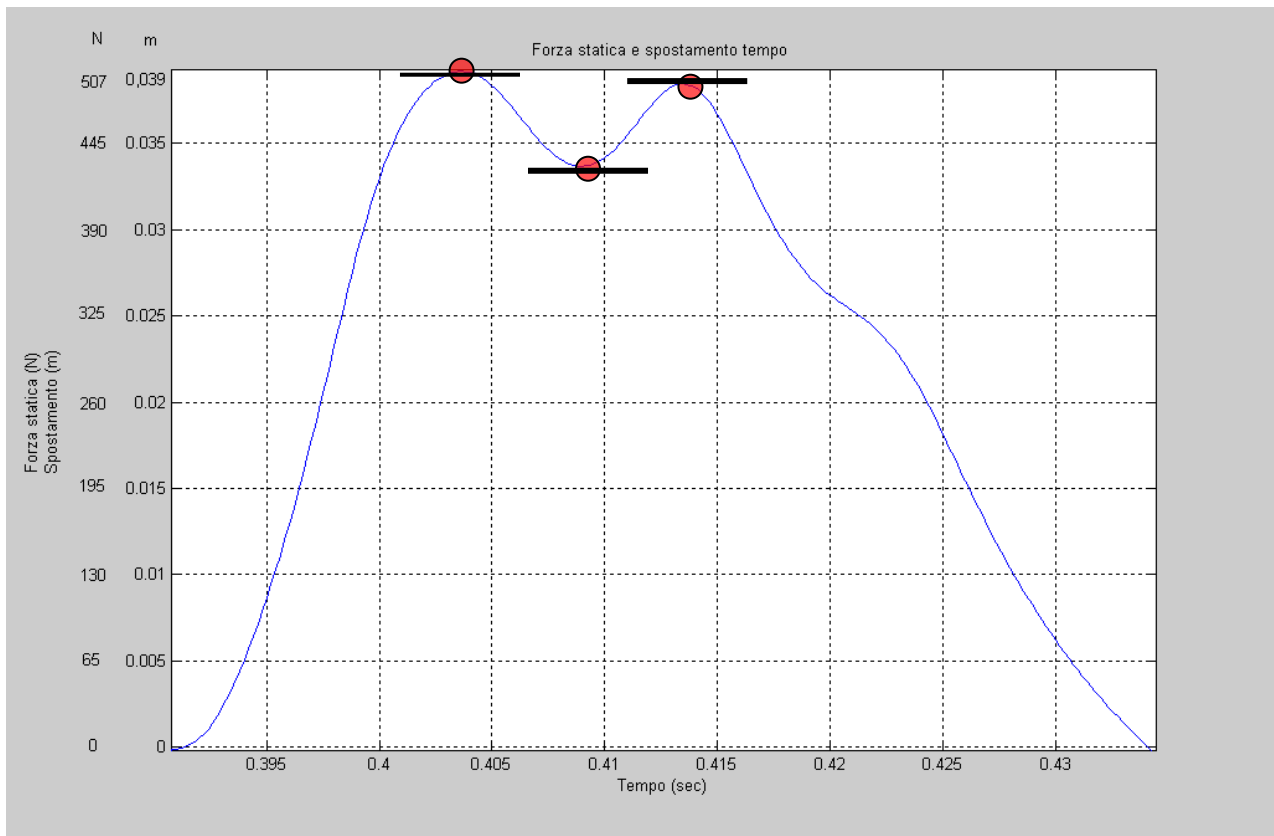


Figura 15: Curva forza statica-tempo e spostamento-tempo

Vediamo dalla curva forza statica tempo la forza nel primo picco è di

$$F_{sta1} = k \cdot s_1 = 13000 \cdot 0,039 = 507N \quad \text{dopo 14 ms}$$

Poi vi è una leggera deflessione dove la forza è

$$F_{sta1} = k \cdot s_2 = 13000 \cdot 0,034 = 442N \quad \text{Dopo 19 ms}$$

Infine di nuovo una flessione dove si raggiunge una forza di

$$F_{sta1} = k \cdot s_3 = 13000 \cdot 0,038 = 494N \quad \text{Dopo 23 ms}$$

E importante sapere che quando si realizzano queste forze la tavola è ferma (vedi le tangenti orizzontali) e al massimo della flessione, è quindi la stessa forza che si misurerebbe con una bilancia o un dinamometro e non rappresenta assolutamente la forza reale massima impressa alla tavola dal colpo.

E' facile infatti constatare che la sensazione di massimo shock alla mano noi non l'abbiamo al massimo affondo della tavola ma in prossimità dell'inizio d'impatto, quando è alta la forza dinamica dovuta all'alta accelerazione impressa alla massa della tavola.

Dovremo allora ricavare dalla $S(t)$ l'accelerazione a cui è stata soggetta la massa della tavola per poter stimare la forza dinamica da aggiungere a quella statica già nota.

Riprendiamo la curva della legge oraria $S(t)$

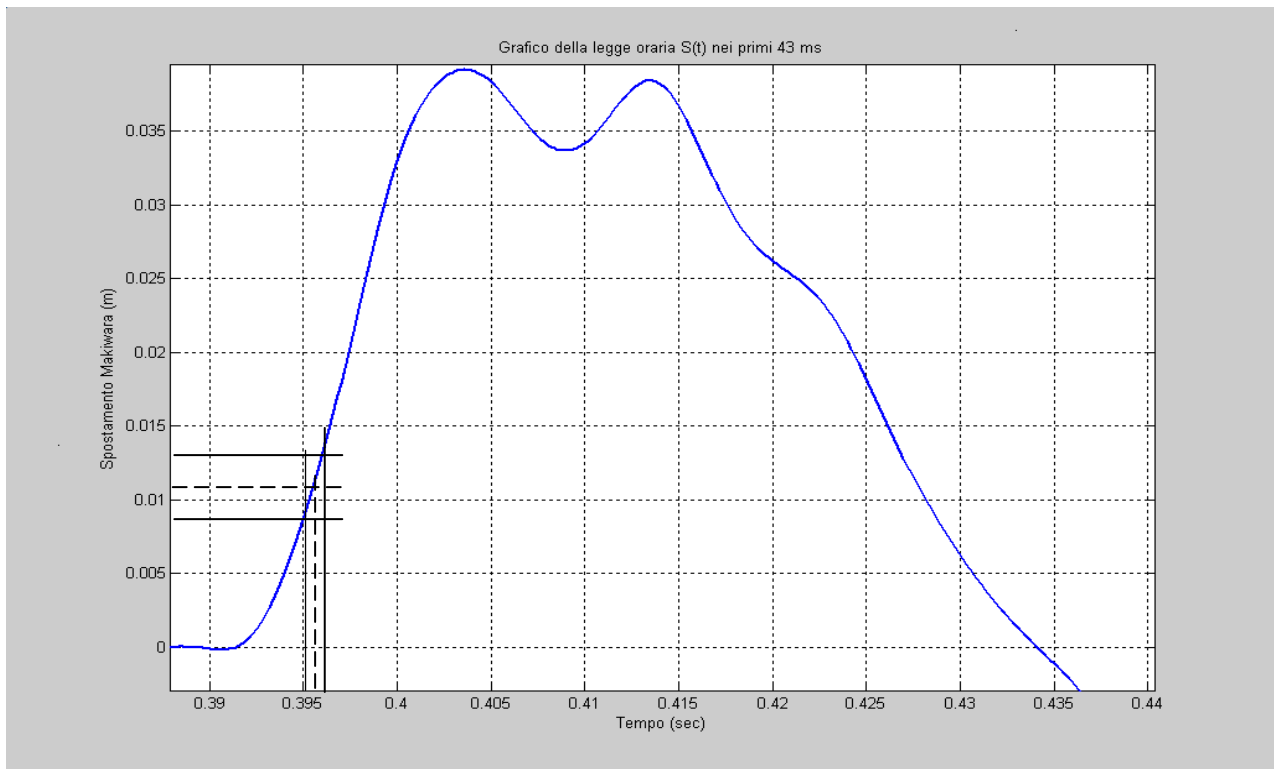


Figura 16: Curva della legge oraria

Si tratta a questo punto di calcolare per una quantità sufficiente di punti della curva, le velocità corrispondenti e riportandole poi in ordinata di un nuovo piano cartesiano che ha come ascissa di nuovo il tempo, costruiamo la curva **velocità tempo** e reiterando lo stesso procedimento ricaviamo poi quella di **accelerazione tempo**.

Insorge però un problema, un punto della curva non ha in ordinata una variazione di lunghezza né in ascissa una variazione di tempo, come facciamo a calcolare la velocità in un punto? Ovvero come facciamo a calcolare la velocità istantanea, se spazio percorso e tempo impiegato a percorrerlo sono zero?

Procediamo con questa strategia.

Se noi prendiamo nella scala dei tempi il tempo che va da 0,39 s a 0,435 s ovvero 0,045 s e lo dividiamo per 45 otteniamo delle frazioni di 0,001 s (1 millesimo di secondo) sufficientemente piccole, da ipotizzare che in questa frazione di tempo la curva sia approssimabile ad una retta, linea blu del riquadro ingrandito di figura sotto.

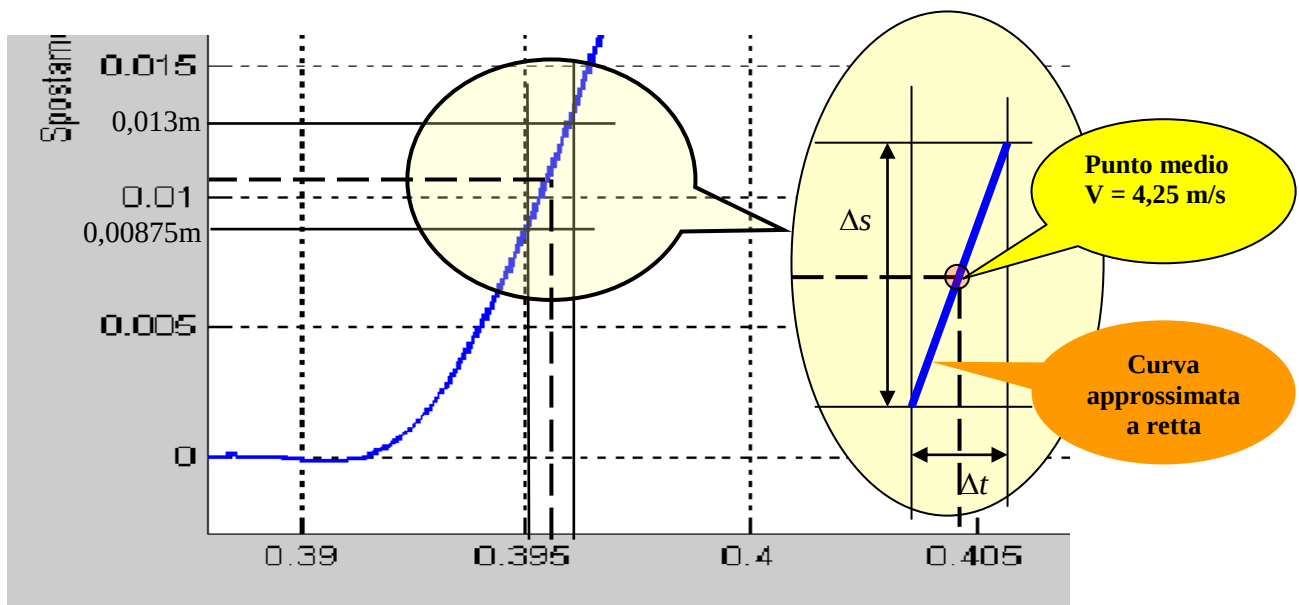


Figura 17: Strategie di calcolo della velocità

Se per esempio andiamo a vedere in ordinata lo spazio percorso dalla tavola in tale frazione di tempo e dividiamo quello spazio per la relativa frazione di tempo impiegato a percorrerlo, avremo la velocità media:

Nel tempo che va da 0,395 a 0,396 s la tavola si è flessa di una quantità che va da 0,00875 m a 0,013 m , dunque la velocità media sarà data da :

$$v_{med} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0,013 - 0,00875}{0,396 - 0,395} = \frac{0,00425}{0,001} = 4,25 \text{ m/s}$$

Questa è la velocità media e se, come abbiamo supposto, la curva è approssimabile ad una retta, vuol dire che vengono percorsi spazi uguali in tempi uguali, cioè la velocità non varia e quindi rimane costante in quello spazio Δs . A queste condizioni sarà facile dedurre che in ogni punto della retta la velocità è sempre la stessa e noi la potremmo stabilire nel punto medio e calcolarne con facilità le coordinate.

Possiamo sapere che la velocità di 4,25 m/s è la velocità istantanea che la tavola possiede dopo

$$(0,396 - \frac{0,001}{2}) - 0,39 = 0,0055 \text{ s (5,5 millesimi di secondo dall'inizio) e una corsa di}$$

$$0,013 - \frac{0,00425}{2} = 0,01087 \text{ m (1,09 cm)}$$

Se ripetessimo questa operazione ogni millesimo di secondo per tutta la curva o addirittura ogni decima parte di millesimo di secondo per tutta la curva, otterremmo un numero molto grande di valori, ognuno dei quali rappresenta la velocità nel punto intermedio della scansione temporale minima presa a nostra scelta.

Riportando poi il valore di velocità in ordinata dopo aver stabilito una scala opportuna e i relativi tempi in ascissa, otteniamo la curva velocità tempo $V(t)$.

E' ciò che grosso modo fa il computer e per comodità riportiamo sotto la curva reale $V(t)$ che questi ha già calcolato automaticamente per derivazione della curva $S(t)$

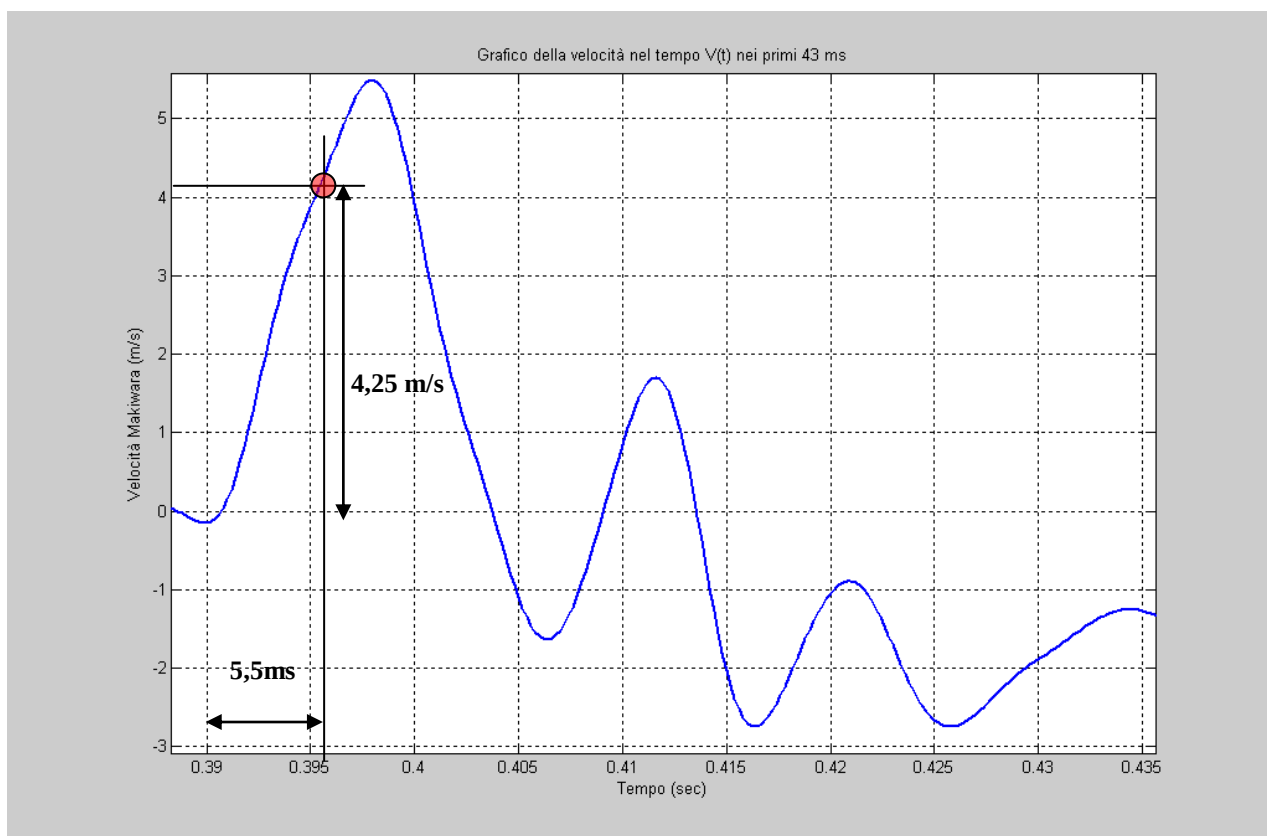


Figura 18: Grafico velocità-tempo

E' importante osservare come il calcolo manuale da noi effettuato della velocità dopo 5,5 ms dall'inizio sia effettivamente rilevabile nella curva $V(t)$ della stessa quantità di 4,25 m/s.

A questo punto si tratta di applicare lo stesso procedimento sulla curva $V(t)$

E otteniamo la curva accelerazione tempo $A(t)$ che illustriamo sotto:

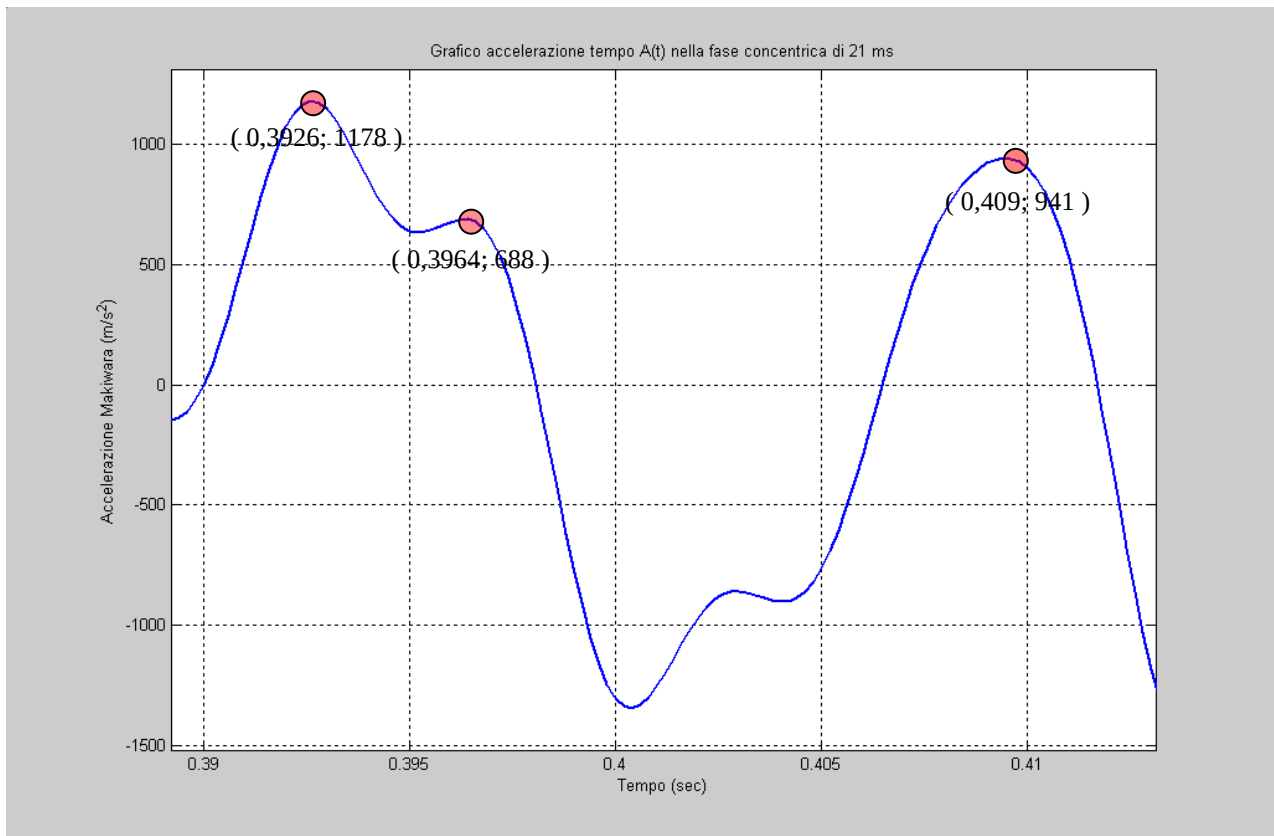


Figura 19: Grafico accelerazione-tempo

Interessandoci la sola prima fase concentrica ovvero di spinta della tavola, la curva dell'accelerazione $A(t)$ è calcolata nel tempo di 21 ms che è il tempo relativo a 2 ms prima del raggiungimento del secondo picco di massima flessione della tavola.

Come vediamo si presentano tre picchi significativi di accelerazione positiva

Il primo dopo 2,6 ms di 1178 m/s^2

Il secondo dopo 6,4 ms di 688 m/s^2

Il terzo dopo 19 ms di 941 m/s^2

Rilevata l'accelerazione bisogna ora rilevare la massa e adotteremo a questo scopo la relazione nota dal moto armonico

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

ovvero la pulsazione ω_0 è uguale alla radice quadrata del rapporto tra la costante elastica k e la massa m , sapendo che la pulsazione ω_0 è uguale a $2\pi f$ dove f è la frequenza, si ricava facilmente

la massa come $m = \frac{k}{\omega_0^2}$ sostituendo ω_0 con $2\pi f$ sia a $m = \frac{k}{(2\pi f)^2}$

La frequenza f si misura dalle oscillazioni libere in un secondo della curva reale e come vediamo essendocene 9 in 0,5 s la frequenza sarà di $9/0,5 = 18 \text{ Hertz}^*$

La massa quindi risulterà $m = \frac{k}{(2\pi f)^2} = \frac{13000}{(2\pi \cdot 18)^2} = \frac{13000}{12778} = 1,017 \text{ kg}$

Una riprova empirica si può fare osservando realmente la tavola oscillare e rilevando la regione di tavola in movimento, ne calcoliamo tramite il volume ed il peso specifico, la massa:

Le dimensioni in valor medio della tavola in cm sono $10 \times 2,5 \times 35 = 875 \text{ cm}^3$ e considerando un peso specifico del suo materiale composito di $0,9 \text{ kg per dcm}^3$ il peso della tavola risulterà $0,875 \times 0,9 = 0,79 \text{ kg}$, a cui bisogna aggiungere il cuscinetto di para del peso di $0,25 \text{ kg}$ avremo così un peso complessivo di $1,04 \text{ kg}$.

Se confrontiamo le due misure di $1,017 \text{ kg}$ e $1,04 \text{ kg}$ vediamo che sono molto vicine segno che i passaggi del metodo matematico sono corretti e conviene riferirsi a questi per l'ovvio motivo che sono frutto di misure in origine più accurate.

Determiniamo ora la forza dinamica.

La componente dinamica della forza sarà stimata moltiplicando la massa della tavola per un numero molto grande di valori di accelerazione nei 21 ms, ottenendo così una nuova curva forza dinamica tempo fig sotto:

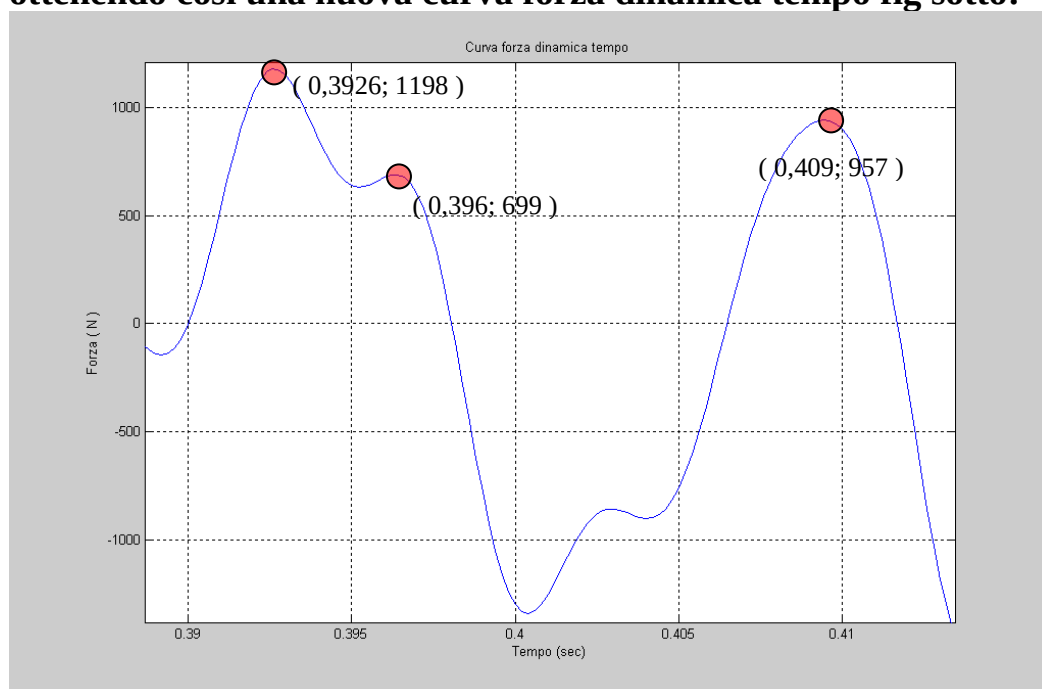


Figura 20: Grafico forza dinamica-tempo

Come si vede la curva della forza dinamica è analoga a quella dell'accelerazione perché ovviamente non fa altro che moltiplicare se stessa per una costante che è la massa invariabile della tavola.

Vediamo infatti che la forza dinamica possiede come l'accelerazione tre picchi positivi, rispettivamente di:

$$F_{d1} = m \cdot a = 1,017 \cdot 1178 = 1198 \text{ N} \quad \text{dopo } 2,6 \text{ ms}$$

$$F_{d2} = m \cdot a = 1,017 \cdot 688 = 699,7 \text{ N} \quad \text{dopo } 6,4 \text{ ms}$$

$$F_{d3} = m \cdot a = 1,017 \cdot 941 = 957 \text{ N} \quad \text{dopo } 19 \text{ ms}$$

Da queste prime stime sembrerebbe la massima forza, collocarsi nel primo picco di accelerazione, ma non scordiamoci che questa è la sola componente dinamica, nel primo picco infatti la tavola si è spostata, come si può facilmente vedere nella curva $S(t)$ di soli $0,18 \text{ cm}$ quindi la forza statica è di:

$$F_{stat} = k \cdot s = 13000 \cdot 0,0018 = 23,4 \text{ N} \quad \text{che sommata a quella dinamica darebbe } 1221,4 \text{ N}$$

Nel secondo picco la tavola si è spostata di $1,5 \text{ cm}$ e la forza statica quindi sarà di

$F_{stat} = k \cdot s = 13000 \cdot 0,015 = 195N$ che sommata a quella dinamica da 894 N

Infine al terzo picco la tavola si è spostata di 3,3 cm con una forza statica derivante di

$F_{stat} = k \cdot s = 13000 \cdot 0,033 = 429N$ che sommati alla forza dinamica danno 1386 N

Come abbiamo visto la forza massima derivante dalla somma della componente statica e dinamica è di 1386 N ed è collocata nel terzo picco.

Questo ancora non ci convince riguardo l'esperienza empirica dello shock iniziale già menzionato, ma per il momento procediamo ad analizzare tutte le componenti della forza e solo alla fine proveremo a tirare le somme.

Stima della forza viscosa interna

In realtà vi è un'altra considerazione da fare, riguardante le forze viscosse interne al materiale che si deforma

Consideriamo ora la forza della viscosità interna (smorzamento) e procediamo alla sua stima:

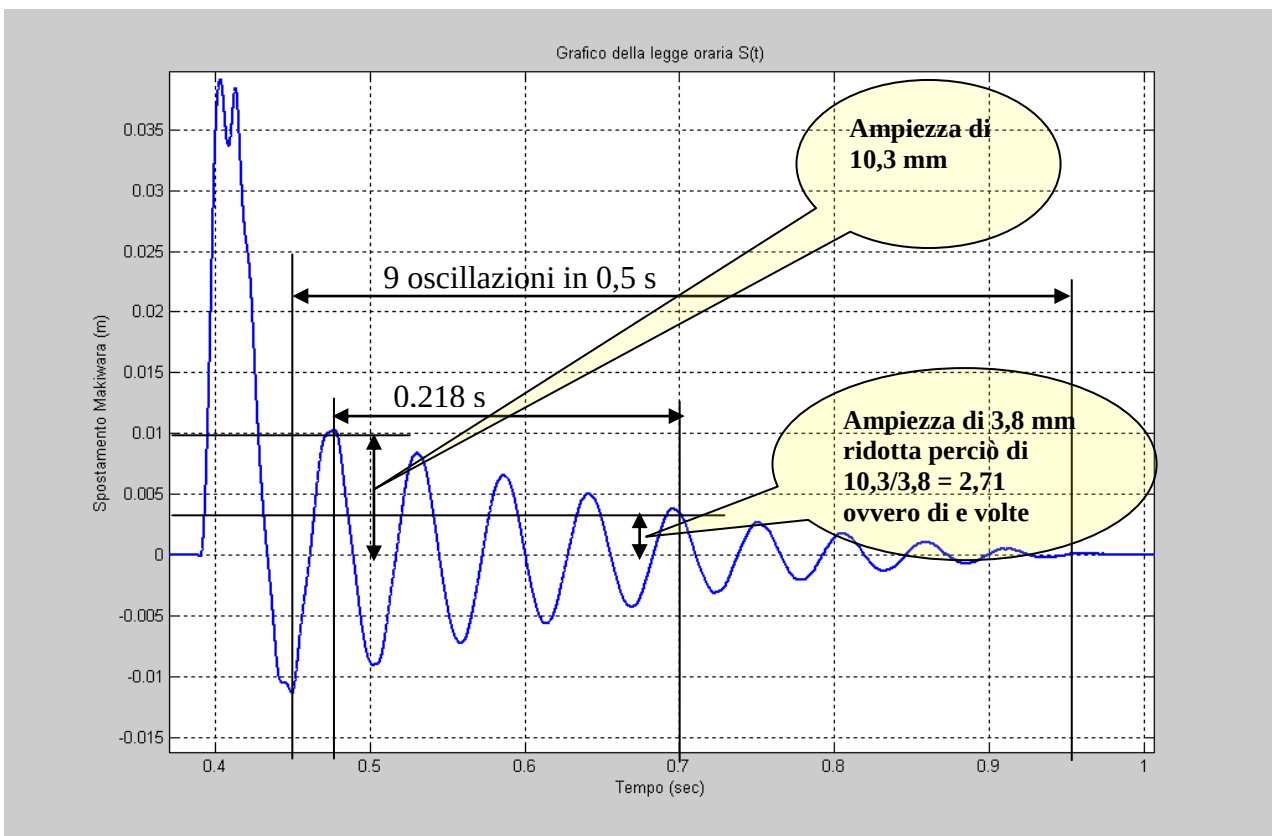


Figura 21: Calcolo dello smorzamento

Come vediamo dalla completa legge oraria $S(t)$ la tavola in oscillazione libera si smorza, compie 9 oscillazioni in mezzo secondo poi si ferma dunque la sua elasticità non è perfetta, la forza impressa perciò si troverà a dover contrastare questo effetto oltre a quello dell'inerzia e della resistenza elastica.

Questa forza della viscosità interna possiamo stimarla a partire da queste considerazioni:

Le oscillazioni si riducono in ampiezza con legge che possiamo supporre con buona approssimazione esponenziale e il tempo che trascorre in una riduzione di $1/e$ ovvero $1/2,71$ è un indice di decadimento, nel nostro caso tale tempo vediamo che è di 0,218 secondi ed il suo inverso

cioè $1/0,218 = 4,6 = \beta$ definisce un parametro di smorzamento, dalla relazione $\frac{b}{m} = 2\beta$ si ottiene $b = m2\beta = 1,017 \cdot 2 \cdot 4,6 = 9,35$ che è con buona approssimazione molto vicino al coefficiente di smorzamento della massa oscillante che Ergomak in maniera esatta stima in una quantità di $10 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$

La forza viscosa interna contrasta la forza agente frenandola di una quantità $F = b \cdot v$ ovvero di una quantità equivalente al prodotto di b per la velocità v del materiale che si deforma.

Per stimare questa forza abbiamo bisogno di sapere quale era la velocità della tavola dopo 19 ms (che è il tempo in cui abbiamo stimato anche le altre forze) e dalla curva $V(t)$ si vede che essa è di $0,4 \text{ m/s}$, la forza allora sarà:

$$F = b \cdot v = 9,35 \cdot 0,4 = 3,74 \text{ N} \text{ arrotondabili a } 4 \text{ N}$$

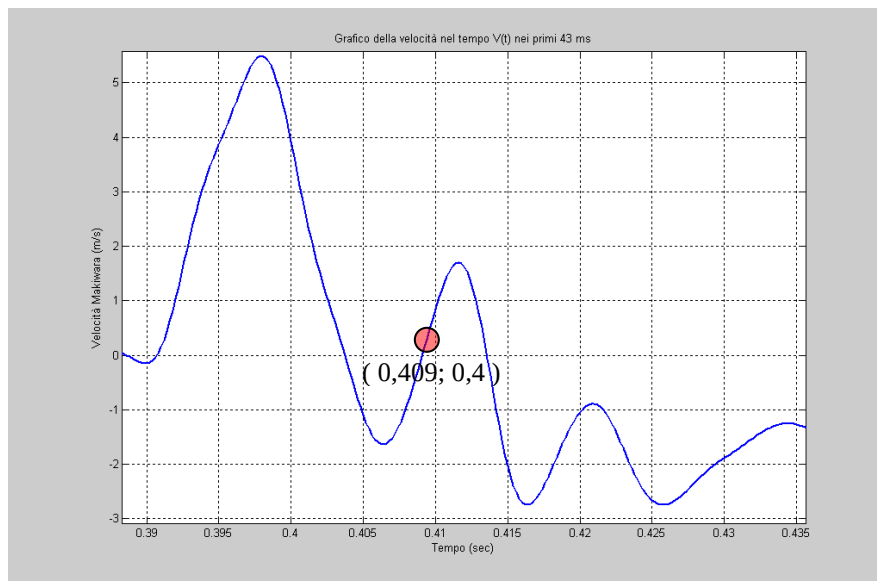


Figura 22: Grafico velocità-tempo nei primo 43ms

La stima della forza totale d'impatto

Se aggiungiamo la forza della viscosità interna alle due precedenti otteniamo la forza totale:

$$F_{TOT} = F_{DIN} + F_{STA} + F_{SMOR} = 957 + 429 + 4 = 1390 \text{ N}$$

In automatico il computer calcola la forza totale d'impatto e fornisce la curva forza totale tempo fig sotto

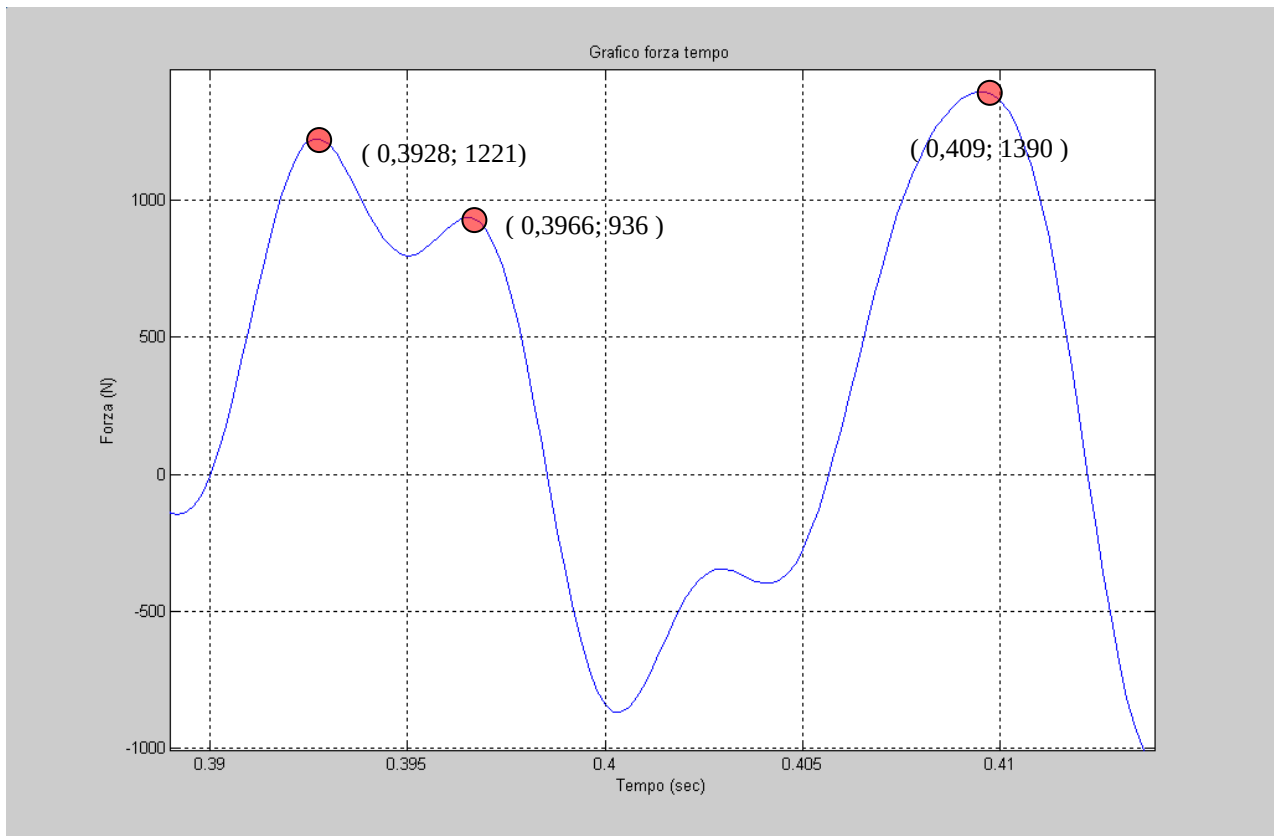


Figura 23: Grafico forza totale -tempo

La potenza come misura consistente dell'impatto

Facciamo alcune considerazioni

Avremmo potuto considerare la forza totale nel momento di primo picco d'accelerazione e in tal caso essa sarebbe stata:

$$F_{tot} = F_{din}(1178 \cdot 1,017) + F_{stat}(13000 \cdot 0,0018) + (9,35 \cdot 1,7) = 1198 + 23,4 + 15,9 = 1237,3 \cong 1221N$$

ovvero più piccola, perché ad un piccolo guadagno di forza dinamica corrisponde un grande scapito di forza statica.

Anche sul secondo picco si avrebbe una forza di:

$$F_{tot} = (688 \cdot 1,017) + (13000 \cdot 0,013) + (9,35 \cdot 4,5) = 689 + 169 + 41,1 = 899 \cong 936N$$

molto inferiore

Mentre sull'ultimo picco la forza totale come abbiamo visto è:

$$F_{tot} = (941 \cdot 1,017) + (13000 \cdot 0,034) + (9,35 \cdot 0,4) = 957 + 429 + 4 = 1390N$$

Non c'è dubbio che per quanto riguarda la forza totale d'impatto il momento in cui è espressa al massimo è proprio al terzo picco dopo 19 ms dall'inizio dell'impatto.

Ma noi sappiamo anche che in quel momento la velocità è di 0,4 m/s ovvero una velocità troppo bassa perché una massa di 1,017 kg possa avere sufficiente energia cinetica, da giustificare la sensazione violenta d'impatto che abbiamo avuto della nostra mano sulla tavola.

La dimensione della forza allora sappiamo che non è sufficiente a quantizzare e qualificare l'impatto, ma bisogna individuare altri parametri fisici e noi proveremo infatti con la potenza.

Se proviamo a calcolare la potenza che tali forze esercitano essa sarà data dal prodotto della forza stessa per la velocità di applicazione:

$$P = F \cdot v$$

Nel primo picco sarà

$$P_1 = F_1 \cdot v_1 = 1221 \cdot 1,7 = 2075,74 \text{ Wat}$$

Nel secondo

$$P_2 = F_2 \cdot v_2 = 936 \cdot 4,5 = 4212 \text{ Wat}$$

Nel terzo

$$P_3 = F_3 \cdot v_3 = 1390 \cdot 0,4 = 556 \text{ Wat}$$

Vediamo subito come la forza più alta in realtà per via di un velocità di applicazione bassissima da origine alla potenza più bassa.

Ora però non possiamo dire che la potenza più alta è quella relativa al secondo picco di 4212 W anche se molto prossima a questo, perché per la sua corretta stima bisogna procedere ad eseguire tutti i prodotti forza velocità in un grandissimo numero di punti dell'intervallo temporale dei 19 ms da noi considerato.

Così facendo il computer realizza una sequenza altissima di valori di potenza, e ciò rappresenterà la curva potenza tempo da cui potremmo individuare a piacimento anche il punto di massimo ovvero il punto dove il prodotto forza per velocità è massimo fig sotto:

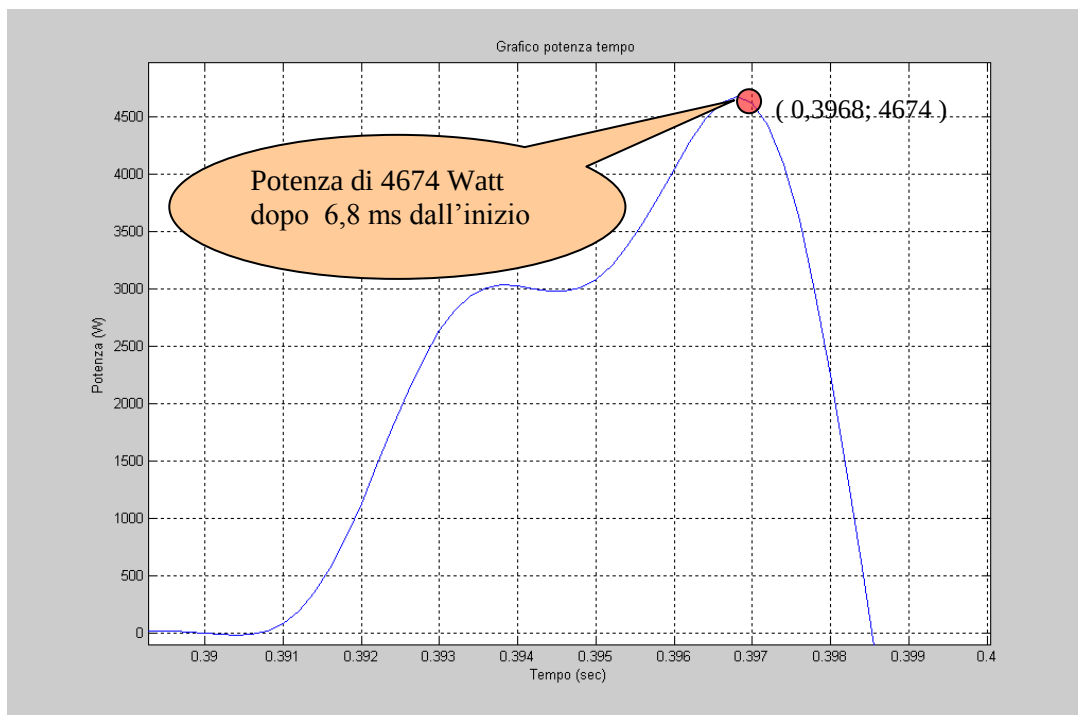


Figura 24: Grafico potenza-tempo

La potenza massima effettiva è di 4674 W e si colloca a 6,8 ms dall'inizio dell'impatto, la forza in quel momento come si vede nella curva è di 923 N mentre la velocità è 5,1 m/s (5,064) fig sotto.

Questi parametri di forza e velocità, il cui prodotto va a costituire la massima potenza rappresentano rispetto ai massimi espressi di 1390,6 N e 5,49 m/s, una percentuale rispettivamente del 66 % e 93 % .

Effettivamente l'impressione soggettiva dello shock d'impatto colloca il momento di massimo, verso la prima parte dell'evento, infatti è a circa un terzo.

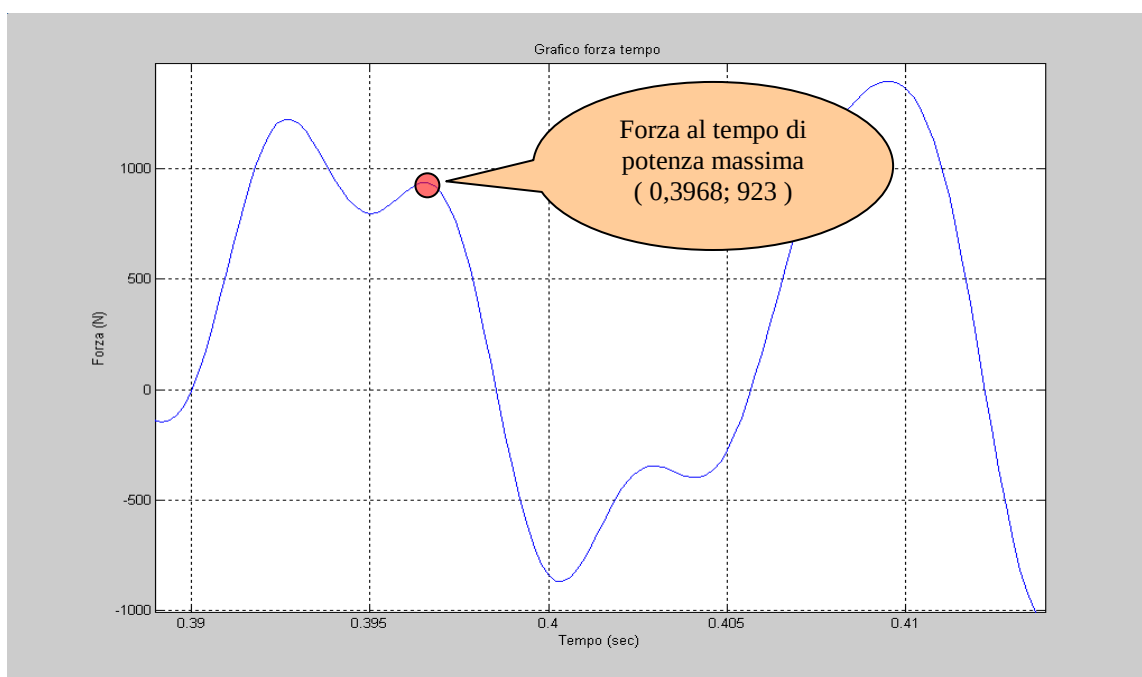


Figura 25: La forza, al tempo di potenza massima

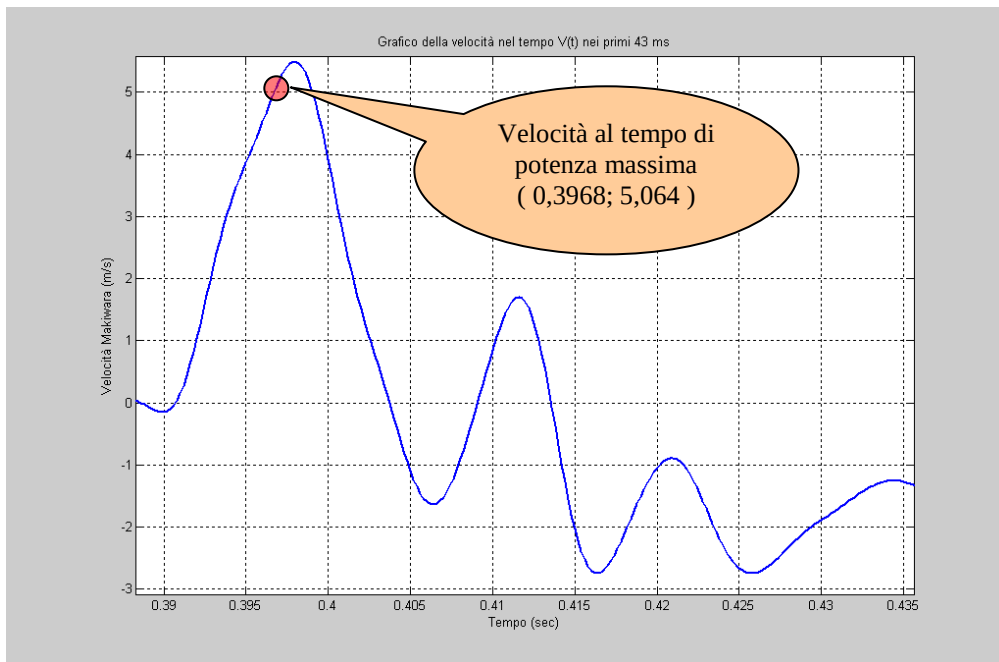


Figura 26: Velocità al tempo di potenza massima

La possibilità di rilevare tali valori, rappresenta un fatto notevole nelle analisi quantitative e qualitative delle prestazioni di potenza trasferita all’impatto e ciò è reso possibile dalla modellizzazione corretta del sistema di rilevamento della forza reale d’impatto.

Tale modello viene definito MMS (Massa - Molla - Smorzatore) la sua espressione matematica è una equazione differenziale del secondo ordine:

$$F(t) = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + k \cdot x + b \cdot \frac{dx}{dt}$$

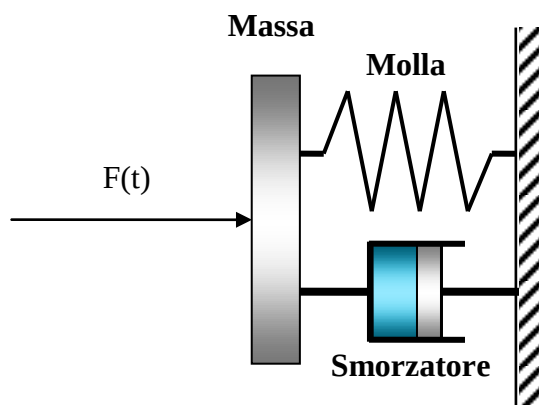


Figura 27: Modello massa-molla-smorzatore

Possiamo stimare anche l'energia come il lavoro della forza nel tratto di spostamento della tavola.

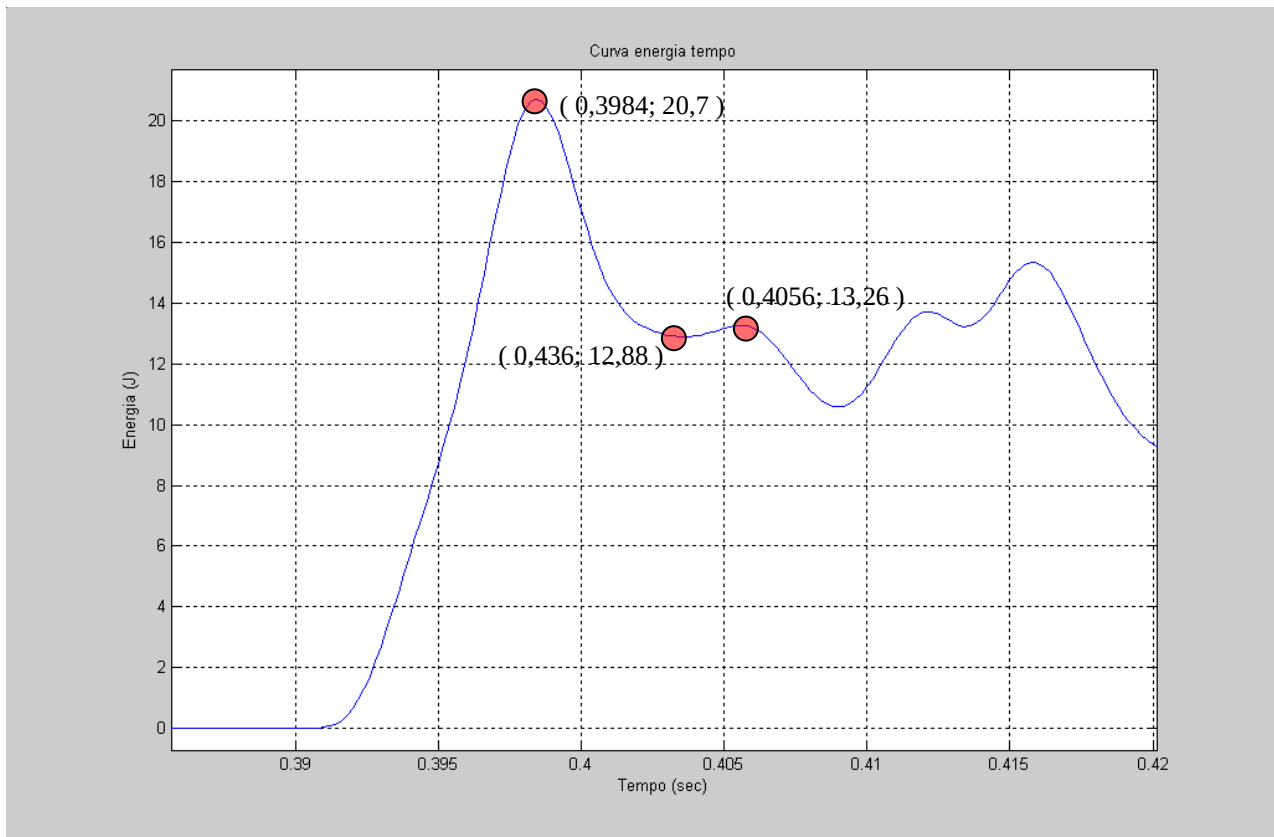


Figura 28: Grafico energia-tempo

Si vede che l'energia massima di 20,7 Joule si trova dopo 8,4 ms dall'inizio dell'impatto, dalla curva della forza si può stimare approssimativamente la media della forza in quel tratto di tempo

facendo la media della forza in quattro punti; $F_{med} = \frac{1221 + 796 + 936 + 100}{4} = 763N$

sapendo che in quel tempo la tavola si è spostata come si vede dalla legge oraria $S(t)$ di 0,0255 m il lavoro sarà dato da $L = F \cdot S = 763 \cdot 0,0255 = 19,4J$ molto prossimo a quello reale di 20,7 J

Modello intuitivo di analisi dell'impatto

La massa equivalente, l'altezza di caduta, lo spazio ed il tempo di arresto

Fino ad ora l'impatto è stato descritto in maniera formale, abbiamo visto come si misura la forza totale che viene messa in gioco e fatto ben presente che questa non è riducibile alla sola componente statica ma che è somma di tre componenti fondamentali, elastica, inerziale e d'attrito. Abbiamo poi evidenziato che la forza non è sufficiente a qualificare l'impatto ma che bisogna introdurre il concetto di potenza ed in particolare osservare che se questa può essere espressa come forza per velocità o energia su tempo è necessario conoscere separatamente i valori di forza e di velocità o energia e tempo perché essendo possibile uno stesso valore espresso in Watt a partire dal prodotto di quantità diverse dei due fattori se ne ha un effetto diverso nel processo d'impatto. È facile constatare come 6000 Watt di potenza possono essere prodotte da 3000 N di forza per 2 m/s di velocità o da 1000 N di forza per 6 m/s di velocità e in tal caso si ha nel primo evento una spinta mentre nel secondo un impatto impulsivo.

Tali quantità certamente già sufficienti per l'esperto a qualificare l'impatto in realtà per il non addetto ai lavori restano dei numeri difficilmente scaturenti una qualche forma consistente di comprensione intuitiva.

Il non addetto ai lavori in campo fisico sperimentale, dovrebbe avere comunque la possibilità di visualizzare in maniera intuitiva una qualche quantità che gli faccia comprendere qualitativamente l'evento di impatto.

Si sente spesso parlare della forza d'impatto in termini di kg, nel senso, di un peso equivalente che potrebbe essere sollevato, questo evidentemente è mediato dall'esperienza della pratica usuale del sollevamento pesi, ma tale approccio è fortemente errato, **perché non si può assolutamente accostare l'evento d'impatto al sollevamento di un peso.**

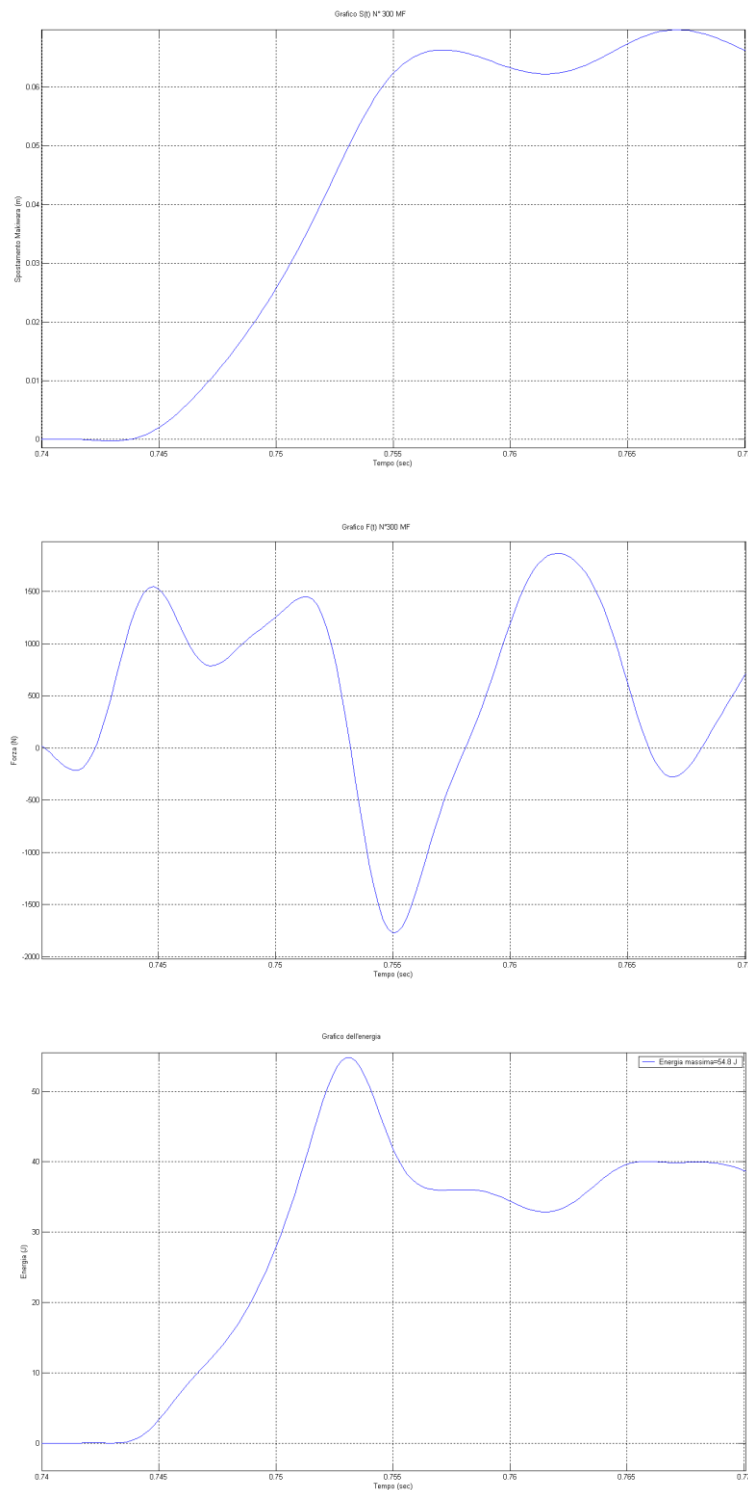
Proveremo allora a visualizzare la forza d'impatto, rifacendoci ad un'altra esperienza quotidiana, ovvero quella delle masse pesanti che cadono da varie altezze dal suolo e impattano su materiali che possono frenarle in spazi piccoli o grandi, come il caso di un disco o una sfera metallici che cadono su di un pavimento di marmo oppure su di un materasso.

A questo scopo dalle nostre misure bisogna ricavare una qualche stima di massa equivalente e questo come vedremo si può fare in vari modi e a vari livelli.

Prendiamo tre grafici fondamentali di un colpo rilevati da Ergomak:

- Il primo relativo allo spazio di affondo nel tempo, curva $S(t)$
- Il secondo è l'andamento della forza totale nel tempo di contatto con il bersaglio, curva $F(t)$
- Il terzo è l'energia nel tempo e nello spazio di contatto

Figura 29 a; b; c: Grafici di spostamento, forza, energia.



Prendendo il terzo grafico relativo all'energia trasferita nel bersaglio, con buona approssimazione questa energia per il **principio di conservazione** doveva essere anche quella che il colpo aveva nel preciso momento d'impatto.

Dovendo allora paragonare quel colpo ad una massa incidente, questa dovrà avere una energia cinetica al momento d'impatto di:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = 54,8 \text{ joule}$$

Sarà facile dedurre conoscendo la velocità di contatto misurata direttamente in 9.22m/s che la massa da noi cercata si calcoli come:

$$m = \frac{2 \cdot E_c}{v^2} = \frac{2 \cdot 54,8}{9,22^2} = 1,29 \text{kg}$$

Per poi avere un'idea semplificata ed intuitiva dell'intero processo d'impatto di una massa di 1,29kg che impatta a 9,22m/s su di un materiale che si deforma (come vediamo dal grafico spostamento tempo del capitolo precedente) di 0,07m in 0,023s, proviamo a vedere da quale altezza dovrebbe cadere per acquisire la velocità d'impatto di 9,22m/s.

Dalle note relazione cinematiche per i moti uniformemente accelerati come è il caso dei gravi si ha:

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{9,22^2}{19,62} = 4,33 \text{m}$$

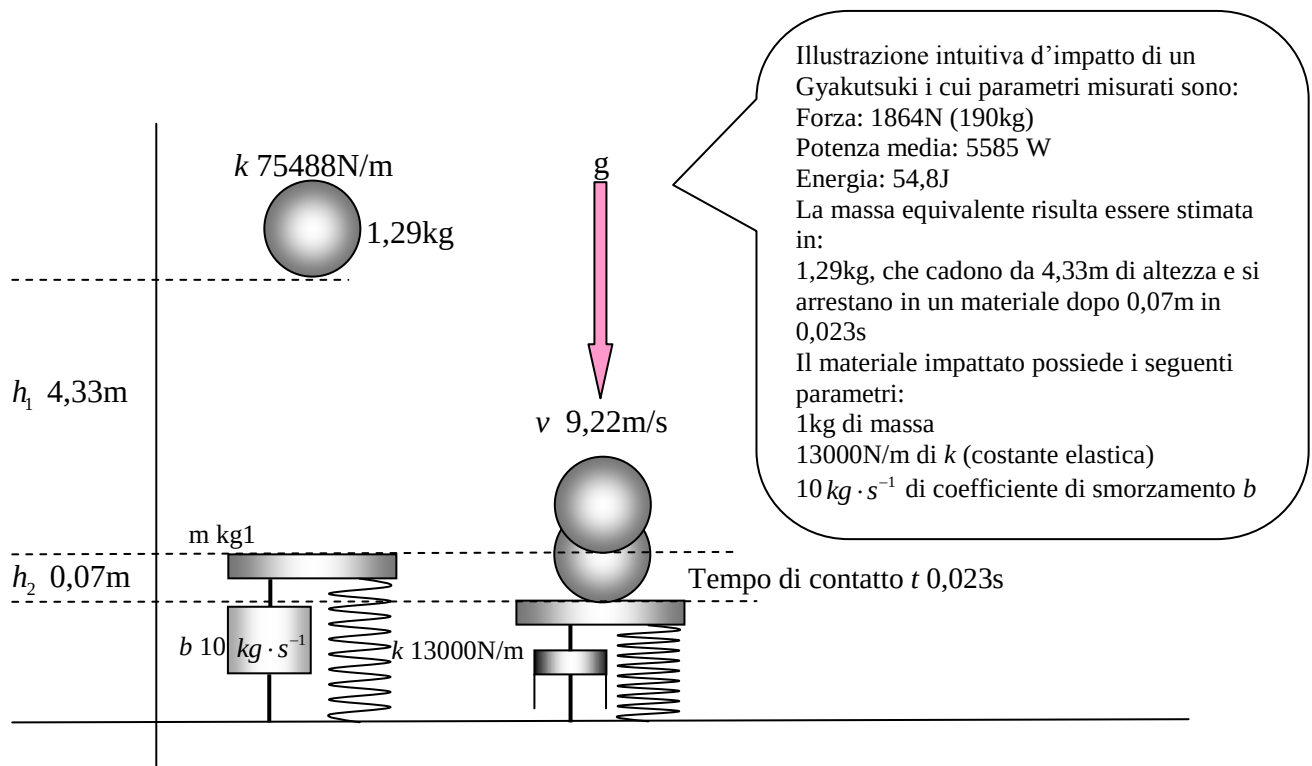


Figura 30: Modello intuitivo di analisi dell'impatto

Questa visualizzazione intuitiva dei parametri d'impatto di un colpo, è solo approssimativa, perché come è facile costatare l'andamento della forza non è affatto riducibile ad un solo fattore medio, in realtà esso possiede più picchi significativi ognuno dei quali potrebbe essere rappresentato da una determinata massa.

Inoltre per semplificare il problema abbiamo illustrato la massa equivalente come rigida e omissa la procedura di calcolo degli altri due parametri strutturali di costante elastica k e coefficiente di smorzamento b .

Considerando trascurabile il coefficiente b per la sua troppo bassa entità si può invece a solo scopo informativo dire che la costante elastica k della struttura in caduta libera di massa 1,29kg è stimata in 75488N/m, ovvero sei volte superiore al k del corpo impattato che è di 13000N/m.

Questa ultima osservazione deve far riflettere sul fatto, che la durezza del Gyakutsuki (**rigidità di connessione strutturale dei costituenti segmentari della tecnica nel tempo d'impatto**) rispetto a quella del bersaglio impattato era risultata proprio sei volte superiore.

Discussione

I

L'evento di impatto non è assimilabile ne confrontabile con il sollevamento di un peso

A questo punto deve essere chiaro che l'evento d'impatto non è assimilabile affatto ne confrontabile al sollevamento di un peso, vediamo infatti, che se assimilassimo l'evento d'impatto al sollevamento di un peso basandoci sulla forza di 1864N dell'esempio precedente essa dovrebbe essere equivalente al sollevare un bilanciere di 190kg, per 7 cm in 23 millesimi di secondo e questo come vedremo è impossibile.

Ammettiamo di essere distesi su panca piana e di avere un bilanciere di 190kg adagiato sugli appoggi sopra di noi, proviamo a vedere quanta forza occorrerebbe alle nostre braccia per sollevare quel bilanciere di 0,07m in 0,023s.

La forza di gravità eserciterà su quella massa di 190kg un trazione di:

$$F_g = P = m \cdot g = 190 \cdot 9,81 = 1864N$$

Se noi stacciamo quella massa dagli appoggi e la teniamo ferma sulle braccia quella sarà la forza che dobbiamo opporgli per tenerla in equilibrio, ma dal momento che dobbiamo sollevarla per 7cm in 23 ms le cose cambieranno drasticamente e la forza da imprimere sarà straordinariamente più grande.

Dalla seconda legge della dinamica:

$$F - P = m \cdot a$$

F è la nostra forza, P è la forza di gravità di quella massa che grava su di noi, m è la massa ed a è l'accelerazione a cui va sottoposta per fargli compiere a partire da fermi, 7cm in 23ms.

Dunque si imposterà la seguente equazione:

posto F come incognita x da ricavare:

$$x - 1864 = 190 \cdot a$$

L'accelerazione a si ricava facilmente dalla nota relazione cinematica per i moti uniformemente

$$\text{accelerati: } a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,07}{0,023^2} = 264,6m/s^2$$

e quindi:

$$x - 1864 = 190 \cdot 264,6 = 50274N$$

da cui

$$x = 1864 + 50274 = 52138N = 5315kg$$

E' evidente che la quantità di forza di 5,3 tonnellate, occorrente per sollevare una massa di 190kg per 7cm in 23 millesimi di secondo è esagerata e impossibile per un uomo.

A questo punto possiamo concludere che da un punto di vista dinamico l'evento del sollevare un peso e del colpire sono processi del tutto differenti e non assimilabili, bisogna rendersi conto che nel caso del sollevamento di un peso questi è fin dall'inizio in contatto e solidale

con le mani, mentre in un colpo la mano viene in contatto con il bersaglio già con una certa velocità acquisita.

Questo implica che nel caso del sollevamento di un peso, la condizione iniziale del braccio e della mano è, ha energia cinetica e quantità di moto zero, uguale a quella del bilanciere, mentre nel caso di un colpo la condizione iniziale, ovvero il momento in cui la mano impatta sul bersaglio non è affatto ha energia cinetica e quantità di moto zero, ma per effetto della velocità, la massa del braccio e della mano posseggono già quantità molto rilevanti di energia cinetica e quantità di moto. Per questo nel caso del sollevamento di un peso e in tutti quegli eventi in cui la velocità iniziale è 0 e solidali sono **effettore (braccia, gambe ecc..) ed utilizzatore, (bilanciere, attrezzi vari ecc..)** **vale il diagramma forza - velocità.**

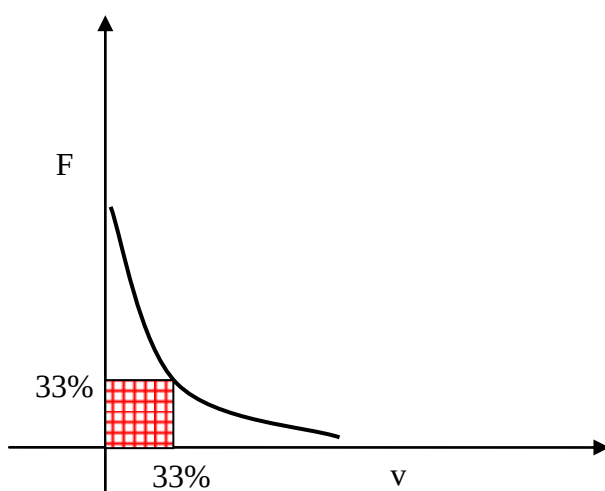


Figura 31: Diagramma forza-velocità per i processi non d'impatto

Come si vede dal diagramma forza - velocità quando la forza è massima la velocità è 0 e viceversa, il miglior compromesso in termini percentuali di forza e velocità per il massimo del loro prodotto, si ha intorno al 33 % dell'una e dell'altra e l'area che vediamo in rosso rappresenta la massima potenza.

Questa esperienza è abbastanza intuitiva, perché se noi carichiamo nel bilanciere un peso massimale è ovvio che la velocità esecutiva sia 0, se si tratta di un massimale statico (regime isometrico), e comunque sarà sempre bassissima anche se si tratta di un massimale dinamico (regime isotonico), ovvero il peso massimo con cui è possibile eseguire una sola ripetizione.

Al contrario se si riduce il peso del carico la velocità esecutiva aumenta proporzionalmente, sino al punto in cui in assenza completa di peso, la velocità esecutiva sarà massima.

Ma nel caso di un impatto le cose vanno diversamente, la forza non è affatto massima a velocità 0 come non è massima la velocità a forza 0.

Prendendo due curve, velocità - tempo e forza - tempo di un impatto reale si vede che nel tempo di velocità massima del primo picco (7,58 m/s), la forza è 400 N e rappresenta il 30 % e non 0, della forza massima del primo picco di forza che è 1360 N, mentre nel tempo di velocità massima del secondo picco (2,2 m/s) la forza è 1000 N e rappresenta addirittura il 61% della massima forza del secondo picco di forza che è di 1630 N.

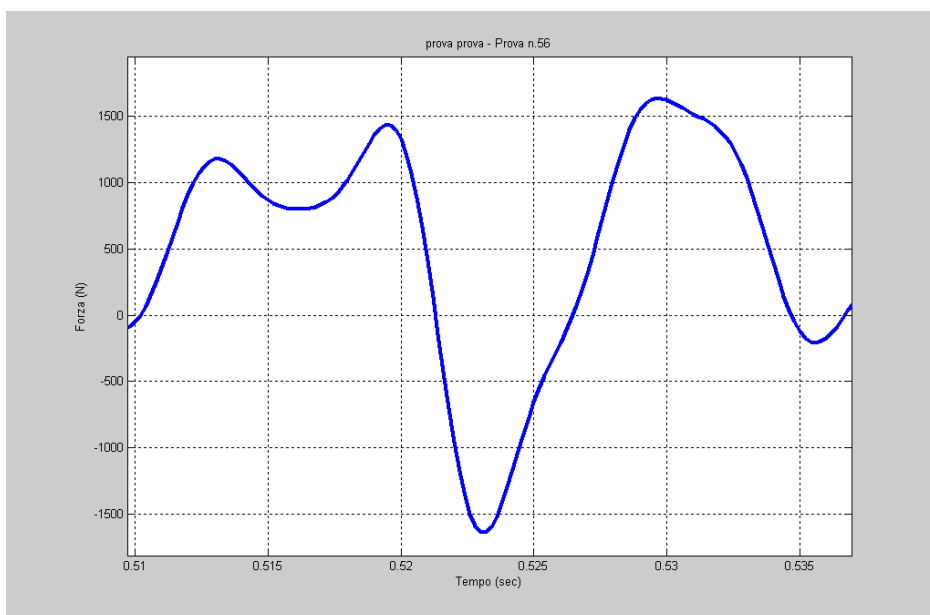
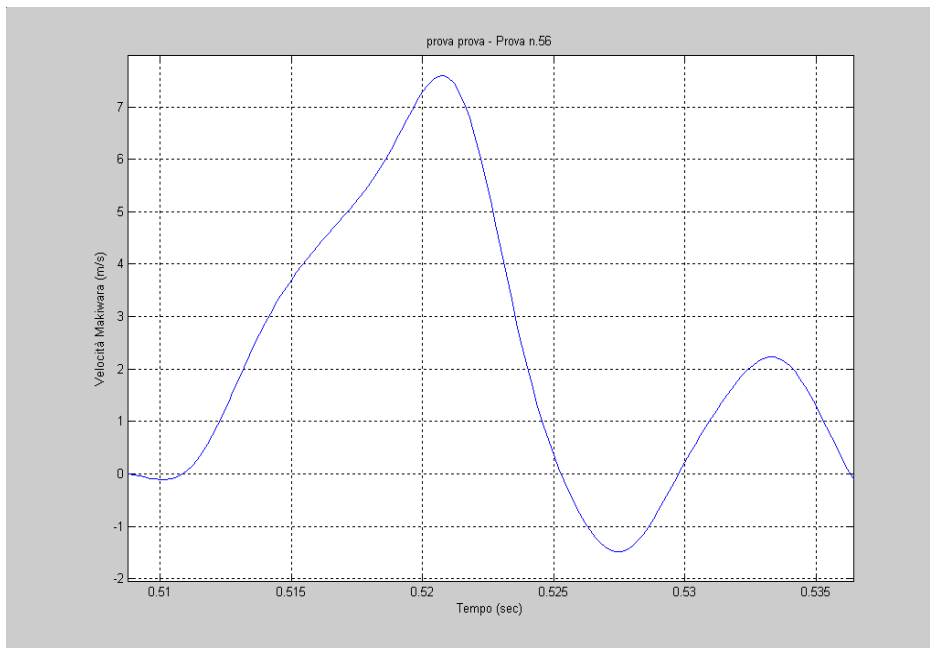


Figura 32 a; b: Grafici di velocità e forza di un colpo

Se costruiamo la curva forza - velocità del primo picco prendendo i valori di forza e di velocità ogni millesimo di secondo e riportando i primi in ordinata ed i secondi in ascissa, otteniamo un diagramma che mette subito in luce la sostanziale differenza con il diagramma forza – velocità relativo alle forze non d’impatto.

In questo caso infatti il prodotto forza per velocità che equivale alla potenza che da il valore più alto è relativo ad una forza di 1330 N e una velocità di 7,3 m/s, che come vediamo è l’area del rettangolo massimo che ha per base la velocità e per altezza la forza.

La potenza massima del primo picco sarà allora $P_{mx1} = F \cdot v = 1330 \cdot 7,3 = 9709W$ ed i valori di forza e velocità che la costituiscono sono rispetto ai massimi valori registrati nello stesso picco (1360N e 7,56m/s) rispettivamente del 97,8 % e 96,5 %.

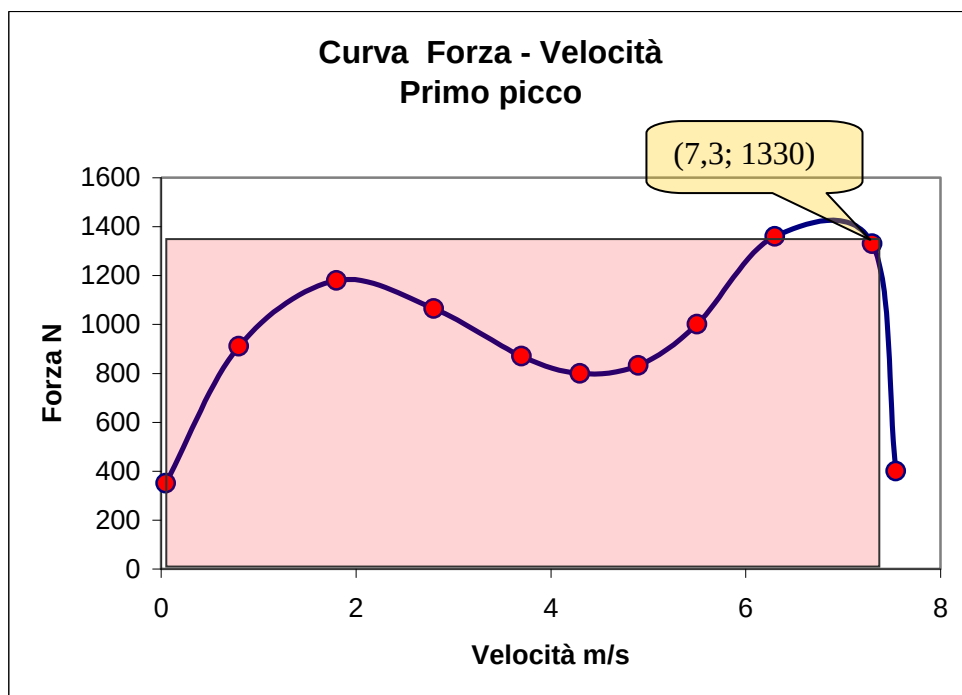


Figura 33: Grafico forza-velocità per i processi d'impatto

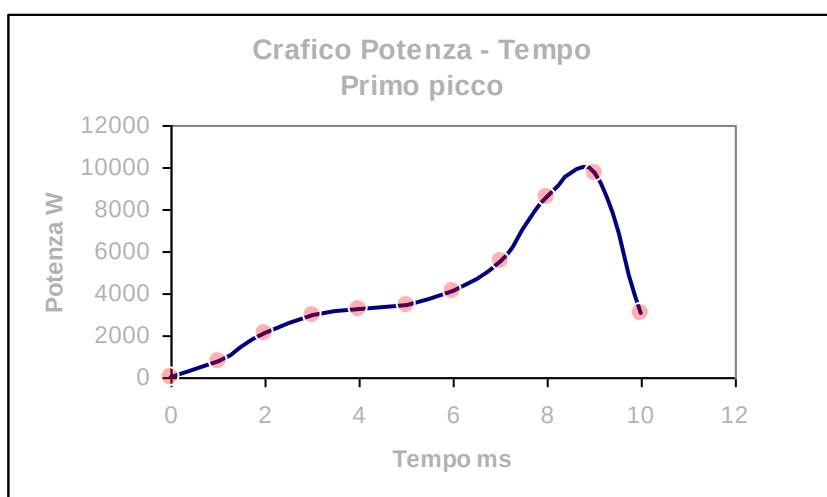


Figura 34: Grafico potenza-tempo per i processi d'impatto

Discussione

II

Quattro tipi di applicazione della forza muscolare come spinta

1 Spinta elastica - 2 Spinta inerziale – 3 Spinta peso – 4 Spinta viscosa

Forza contro resistenza elastica a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta elastica –

Già chiarita esaurientemente sotto il profilo formale nel primo capitolo riguardante il metodo di misura della forza d'impatto, ne daremo ora una descrizione qualitativa e intuitiva per ciò che concerne le condizioni iniziali di velocità 0.

Se immaginiamo di appoggiare la mano ad una molla abbastanza lunga e non troppo rigida e poi di spingerla il più velocemente possibile, ci renderemo subito conto che all'inizio essa non offre pressoché nessuna resistenza e quindi la nostra azione sarà in un primo momento molto veloce, ma poi con l'affondare della mano e il comprimersi della molla, essa diviene sempre più dura e la nostra velocità diminuisce sino a fermarsi quando la forza della molla eguaglia la nostra massima forza di spinta.

E' questa la circostanza in cui se riportiamo in un grafico i valori di forza e i corrispettivi valori di velocità si ottiene il classico diagramma forza – velocità:

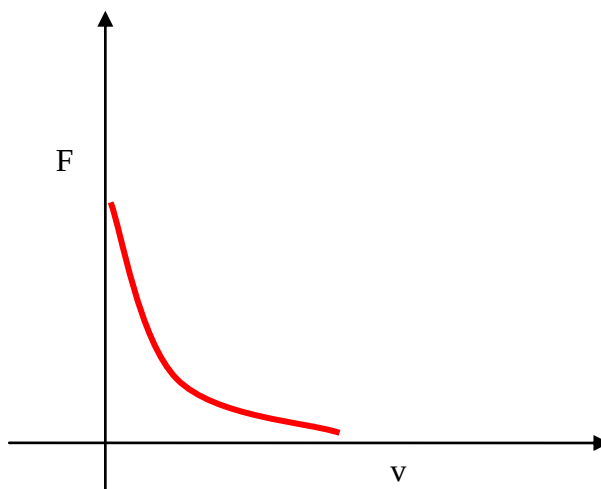


Figura 35: Diagramma forza-velocità per i processi non d'impatto

Forza contro resistenza inerziale a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta inerziale -

Immaginiamo di appoggiare la mano orizzontalmente ad un carrello, in grado di muoversi con il minimo attrito e poi spingerlo il più velocemente possibile:

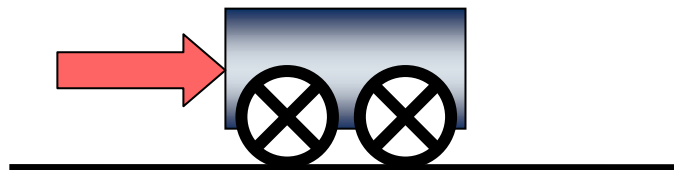


Figura 36: Massa con possibilità di movimento senza attrito

Ci accorgeremo subito che il massimo sforzo, contrariamente all'esperienza di prima con la molla, è all'inizio, quando il carrello è fermo, dopodiché avremo la sensazione che la massa del carrello opponga meno resistenza e addirittura ancora prima di aver finito di estendere il braccio nella spinta, questi non offrirà più resistenza e se ne andrà avanti con la stessa velocità massima acquisita.

Dalla seconda legge della dinamica istante per istante la forza è uguale alla massa per l'accelerazione:

$$F = m \cdot a$$

Dunque se ipotizziamo la massa del carrello di 5 kg ed una forza impressa di 150 N l'accelerazione del carrello risulterà $a = \frac{F}{m} = \frac{150}{5} = 30 \text{ m/s}^2$

Se tale forza raggiunge questo valore a partire da 0 dopo 0,05 s la velocità raggiunta dal carrello risulterà allora:

$$v = a \cdot t = 30 \cdot 0,05 = 1,5 \text{ m/s}$$

e la distanza percorsa $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} 30 \cdot 0,05^2 = 0,0375 \text{ m}$ (3,75cm)

Il lavoro che tale forza esercita sul carrello in quello spazio è $L = F \cdot s = 150 \cdot 0,0375 = 5,62 \text{ Joule}$

Per continuare ad applicare ancora forza al carrello a partire da 0,05 s trascorsi e 3,75 cm percorsi, bisogna che la velocità di applicazione di questa, ovvero che la velocità della mano che spinge, sia superiore a 1,5 m/s altrimenti la spinta non può avvenire.

Ipotizzando nei prossimi 0,05 s il raggiungimento di una velocità pari a 3 m/s, vorrà dire che in quel tempo la velocità è aumentata di 1,5 m/s e quindi vi è stata una accelerazione media di:

$$a = v/t = 1,5/0,05 = 30 \text{ m/s}^2$$

La forza applicata sarà stata ancora: $F = m \cdot a = 5 \cdot 30 = 150N$ ma la velocità raggiunta di 3 m/s è il doppio di prima e la distanza percorsa, dopo $0,05 + 0,05$ s sarà quattro volte superiore alla prima:

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} 30 \cdot 0,1^2 = 0,15m \text{ (15 cm)}$$

ed anche il lavoro è quattro volte superiore a prima: $L = F \cdot s = 150 \cdot 0,15 = 22,5Joule$

Ciò vorrà dire che per continuare ad avvertire lo stesso sforzo di spinta di 150 N su di una massa di 5 kg, il braccio deve continuare a variare la velocità aumentandola progressivamente, se questo aumento di progressione è costante nel tempo si dice che l'accelerazione è costante, ora se questa diminuisce la sensazione di sforzo diminuisce se si annulla e la velocità diviene costante non si avverte più uno sforzo e la spinta svanisce.

Se per esempio la velocità massima di applicazione della forza del braccio fosse di 3m/s la spinta progressiva dei 150 N sulla massa di 5 kg cesserebbe dopo 0,1 s e 15 cm di corsa, la massa per inerzia continuerebbe ad avanzare a velocità costante di 3m/s e la forza applicata scompare, anche se la mano può rimanere in contatto con il carrello per tutta la sua estensione.

Questo fenomeno importante, di limitazione biomeccanica, è definito **Effetto di Scomparsa della Forza a causa dell'Inerzia.**

Ci dice che l'applicazione di forza iniziale nei movimenti rapidi deve essere ben organizzata per evitare di assistere a tecniche in cui la velocità massima si realizza in punti non opportuni dell'intero tragitto.

Per fare un esempio, è inutile e dannoso che la velocità massima si realizzi dopo 40 cm in una tecnica che arriva al bersaglio dopo 70 cm.

Forza contro resistenza Peso a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta Peso -

Un altro aspetto di applicazione della forza muscolare a partire da condizioni iniziali di velocità 0 è quella contro la forza peso che si realizza ogni qual volta si solleva verso l'alto un certa massa. Nel caso precedente la massa veniva spinta orizzontalmente e in tal caso il lavoro della forza di gravità sulla massa era 0, perché agendo la gravità solo nel senso verticale, nessuno spazio era percorso in questa direzione ed è quindi chiaro che essendo il lavoro, forza per spostamento il risultato del prodotto è sempre 0.

Ma quando si dovesse sollevare un bilanciere verso l'alto le cose cambiano, questo non solo sarà dotato ovviamente di una determinata massa ma su questa la forza di gravità eserciterà un'azione tirandola verso il basso, tale da imprimergli indipendentemente dalla quantità di massa stessa, una accelerazione costante di $9,81m/s^2$ tale accelerazione si chiama accelerazione di gravità e si indica con g.

Il peso della massa indicato con P sarà allora determinato dal prodotto della massa per g ovvero:

$$P = m \cdot g$$

Se facciamo l'esempio del sollevamento in panca di un bilanciere di 100 kg questa misura si chiama kg peso, ma per il **principio di equivalenza tra massa inerziale e massa gravitazionale**, è anche la misura della massa e quindi la forza che la gravità esercita su di esso e che si può definire forza peso o semplicemente peso P sarà di:

$$P = 100 \cdot 9,81 = 981N$$

Quando teniamo fermo tra le mani il bilanciere prima di sollevarlo, questo eserciterà su di noi una forza di 981N e finché anche noi eserciteremo su di lui ed in senso opposto una forza uguale, questi non si muove, per sollevarlo infatti si dovrà imprimere al bilanciere una forza più grande, che tanto più è superiore tanto più il bilanciere sarà accelerato e se mantenuta, raggiungerà la massima estensione in meno tempo ovvero acquisirà una velocità più alta.

Illustriamone un esempio:

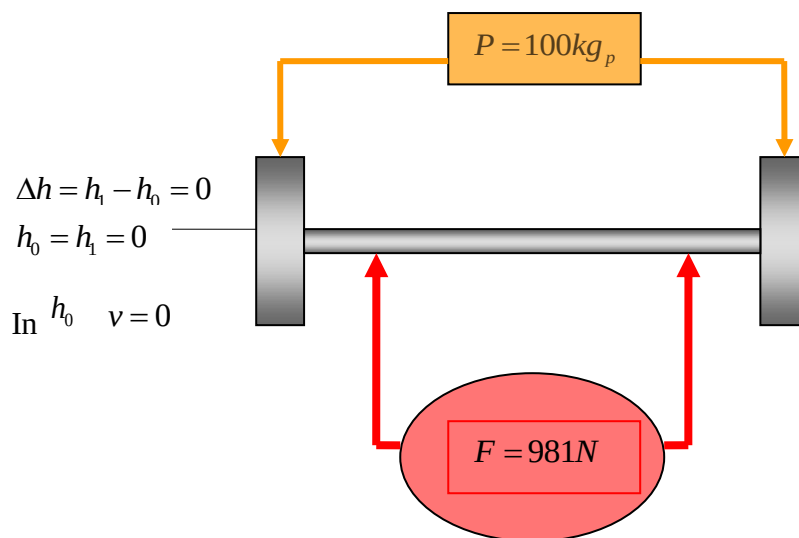


Figura 37: Massa di bilanciere in condizioni di equilibrio

Come vediamo se $\Delta h = 0$ vuol dire che non vi è variazione di altezza del bilanciere ovvero esso resta fermo e questa condizione è possibile perché la differenza tra la forza applicata dalle braccia $\bar{F} = 981N$ e diretta verso l'alto e la forza peso del bilanciere $\bar{P} = 100kg = 981Newton$ diretta verso il basso è 0.

Infatti per la seconda legge della dinamica $F - P = m \cdot a$ e se $F - P = 0$ allora dato che la massa non è 0 sarà 0 l'accelerazione a , questo significa che non vi è variazione di velocità $\Delta v = 0$.

Vi potrebbe essere però una velocità costante, $v = cost$ e ciò determinerebbe comunque una variazione di altezza nel tempo ma ciò non è possibile perché noi per definizione abbiamo scelto di iniziare da fermi cioè $h_0 = 0$ $v = 0$.

Proviamo invece ad applicare con le braccia una forza di 1100 N come in figura sotto,

$F - P$ non sarà più 0 ma $1100 - 981 = 119Newton$ e dunque se sostituiamo questo valore

in $F - P = m \cdot a$ risulterà a diversa da 0 e precisamente $a = \frac{F - P}{m} = \frac{1100 - 981}{100} = 1,19m/s^2$

Il bilanciere allora sarà accelerato verso l'alto con una accelerazione di $1,19m/s^2$ e se ipotizziamo un tempo di applicazione costante della forza di 0,7 s, l'accelerazione sarà costante e la velocità in h_1 risulterà essere: $v = a \cdot t = 1,19 \cdot 0,7 = 0,833m/s$ e lo spazio percorso a partire da $h_0 = 0$:

$$s = \frac{1}{2}at^2 = 0,29m$$

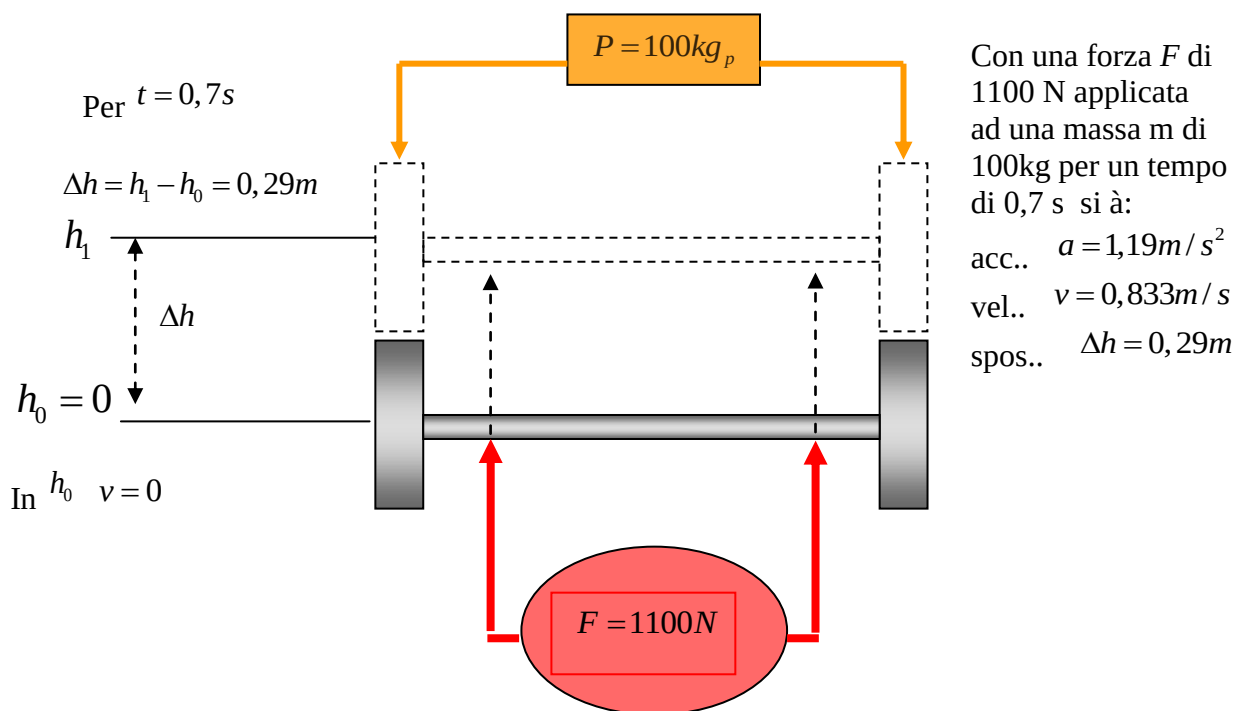


Figura 38: Dinamica del sollevamento di un peso

Se ipotizzassimo una velocità massima disponibile della nostra muscolatura per il sollevamento di tale carico, approssimativamente 0,8 m/s, dopo 0,7 s e 29 cm di corsa delle braccia non saremo più in grado di accelerare la massa di 100kg e la sua velocità da quel momento in poi diverrà costante per tutta la successiva estensione delle braccia, che potrebbe essere benissimo di 60cm.

Ma questa volta diversamente al caso della spinta orizzontale del carrello, nei successivi 31cm anche se la velocità è costante e non siamo più in grado di accelerare il bilanciere e quindi di fornirgli forza inerziale, sentiremo sulle braccia egualmente una forza che vi grava, tale forza è la forza peso di 981N, la stessa di quella che gravava all'inizio quando il bilanciere era tenuto fermo tra le mani.

Come si vede infatti se F scompare per la scomparsa dell'accelerazione inerziale, la massa rimane comunque soggetta all'accelerazione di gravità e quindi su di noi graverà sempre il suo peso

$$\cancel{F} - P = m \cdot g = 100 \cdot 9,81 = -981N$$

Una descrizione qualitativa del processo di sollevamento sarà allora identificata con la sensazione iniziale di un grande sforzo, proporzionale all'accelerazione che vogliamo imprimere al bilanciere ed una successiva sensazione di sforzo costante sino alla fine della distensione.

Ovviamente nel caso di un carico molto leggero ed una forza applicata molto alta, se l'accelerazione impressa verso l'alto supera quella di gravità, una volta raggiunta la velocità massima, non sentiremo più nessuna forza agire su di noi ed il bilanciere a fine corsa, se non frenato dalla presa della mani, si staccherà da esse e proseguirà verso l'alto di una certa misura prima di fermarsi e ricadere di nuovo.

Se ad un bilanciere di 25kg è applicata una forza che dopo 0,35 s raggiunge i 500N ciò vorrà dire che dopo 0,35 s l'accelerazione impressa sarà:

$$a = \frac{F - P}{m} = \frac{500 - 245,25}{25} = 10,19 \text{ m/s}^2$$

la velocità raggiunta sarà $v = a \cdot t = 10,19 \cdot 0,35 = 3,57 \text{ m/s}$ che è una velocità raggiungibile dai muscoli con quel carico

e l'estensione massima $s = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} 10,19 \cdot 0,35^2 = 0,62 \text{ m}$

Il lavoro che la forza di gravità compie su la massa in quello spazio è:

$$L = m \cdot g \cdot s = 25 \cdot 9,81 \cdot 0,62 = 152 \text{ J}$$

Mentre il lavoro compiuto dalla forza muscolare che spinge il bilanciante in alto è:

$$L = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 25 \cdot 3,57^2 = 159,3 \text{ J}$$

Vi è un **residuo cinetico** di $159,3 - 152 = 7,3 \text{ J}$ e perché i due lavori raggiungano uno stato di equilibrio il bilanciante se non trattenuto si dovrà staccare dalle mani e percorrere verso l'alto uno spazio in più dei 62 cm, tale che la forza di gravità compia in esso un lavoro di 7,3 Joule, questo spazio sarà:

$$s = \frac{L}{m \cdot g} = \frac{7,3}{25 \cdot 9,81} = 0,03 \text{ m}$$

Come vediamo il bilanciante a fine corsa di 62 cm delle mani se non trattenuto si staccherà da esse e proseguirà verso l'alto per altri 3 cm prima di fermarsi e ricadere.

Forza contro resistenza viscosa a condizioni iniziali di velocità 0 - Spinta viscosa -

Se muoviamo velocemente una mano nell'aria ovviamente con il corpo fermo, anche se ci impegniamo al massimo, la velocità raggiunta non potrà mai far avvertire una significativa resistenza del mezzo, se facciamo lo stesso nell'acqua però, le cose cambiano enormemente perché il coefficiente di viscosità dell'acqua a 20° C è circa 60 volte quello dell'aria.

La sensazione è quella di avvertire una forza che si oppone al movimento della mano e proporzionale alla velocità con cui noi cerchiamo di muoverla.

Immaginiamo allora di spingere in un mezzo viscoso come la glicerina, una palla dal diametro di 10 cm costituita di materiale duro, indeformabile e leggerissimo, come potrebbe essere benissimo la fibra di carbonio.

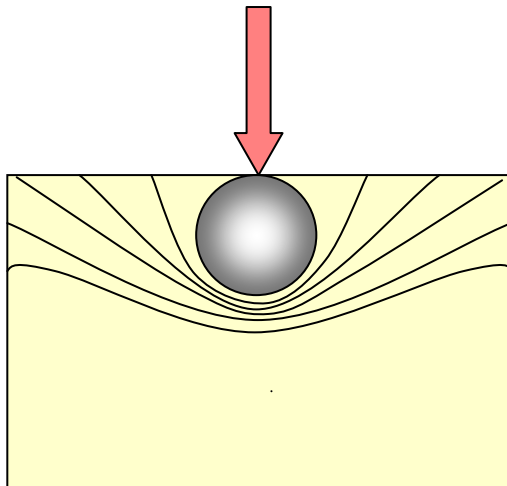


Figura 39: Spinta di una sfera in materiale viscoso

Dalla legge di Stokes la forza di reazione viscosa per corpi sferici di raggio massimo 0,05 m è:

$$F_v = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

Se la velocità con cui spingiamo la palla è di 6 m/s e come sappiamo il coefficiente di viscosità della glicerina è $\eta = 1,49 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ la forza di reazione viscosa sarà:

$$F_v = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v = 6 \cdot \pi \cdot 1,49 \cdot 0,05 \cdot 6 = 8,42 \text{ N}$$

All'incirca 860 g, è una forza questa che avvertiremo a seconda della sensibilità come 1kg, ma la cosa da mettere in rilievo è quella della proporzionalità che esiste tra forza e la velocità, se spingessimo la palla molto lentamente con una velocità di 0,1 m/s la forza di reazione che avvertiremmo sarebbe di 0,14 N (14,3 g) ovvero quasi inesistente.

Ci si potrebbe chiedere allora, quale differenza passa tra questa forza e quella dovuta all'inerzia, visto che tutte e due sembrano proporzionali al movimento, la risposta in tal caso sarebbe semplice e lapidaria, ma prima bisognerebbe fare una riprovazione a chi fa la domanda perché lascia intendere che non abbia compreso la differenza tra, velocità e accelerazione.

La forza dovuta all'inerzia dipende dalla massa e dalla accelerazione a cui vogliamo sottoporla, ora l'accelerazione è la variazione di velocità nel tempo, non è la velocità.

Potremmo per esempio passare da velocità 0 a 2 m/s in 0,1s e in tal caso l'accelerazione media

sarebbe $a_m = \frac{2-0}{0,1} = 20 \text{ m} / \text{s}^2$, una massa di 5 kg per subire tale accelerazione avrebbe bisogno di

una forza media applicata $F = m \cdot a = 5 \cdot 20 = 100 \text{ N}$ (10,2 kg) quando però raggiunge dopo 0,1 s la velocità di due metri al secondo la forza applicata scompare e la massa allora procederà per inerzia di moto rettilineo uniforme.

La velocità di due metri al secondo in tal caso non implica nessuna forza applicata, la forza compare solo quando si cerca di far variare la velocità, ovvero durante l'accelerazione e questa potrebbe assumere qualunque valore a parità di velocità massima raggiunta.

Se per esempio i due metri al secondo li raggiungessimo in soli 0,01s l'accelerazione sarebbe:

$$a_m = \frac{2-0}{0,01} = 200 \text{ m} / \text{s}^2$$

e la forza applicata per permettere tale accelerazione alla massa di 5 kg di 1000 N (102 kg).

Come vediamo una forza 10 volte più grande applicata in un tempo 10 volte inferiore genera una accelerazione 10 volte più grande ma la velocità massima che la massa raggiunge rimane la stessa di due metri al secondo.

Potremmo fare anche l'esempio opposto, ovvero una stessa accelerazione di 20 m/s^2 e quindi una stessa forza applicata alla massa di 5 kg di 100N con il raggiungimento di una velocità massima 10 volte più grande di due metri al secondo.

Se la nostra massa viaggia già a 18 m/s e in un tempo di 0,1 s passa a 20 m/s l'accelerazione risulterebbe:

$$a_m = \frac{20-18}{0,1} = 20\text{ m/s}^2$$

Dunque, anche se la velocità massima che la massa raggiunge è 10 volte superiore a prima l'accelerazione è sempre la stessa, deve allora risultare chiaro che velocità e accelerazione non sono collegate da nessun nesso di proporzionalità.

In questo caso infatti la forza di reazione dovuta all'inerzia è uguale in tutte e due i casi, sia con velocità raggiunta di 2 m/s che di 20 m/s, mentre la forza di reazione viscosa sarebbe necessariamente diversa e dieci volte superiore.

Analisi dei profili distintivi della tecnica a vuoto e a contatto nel Karate Tradizionale

Lo spunto fondamentale di riflessione da cui si articola il presente lavoro di ricerca sperimentale, è quello relativo al fatto che una tecnica eseguita a vuoto, qualunque siano gli accorgimenti mentali e fisici adottati, non è mai paragonabile alla stessa tecnica impegnata a contrastare una forza reale esterna.

Dunque la stessa tipologia di tecnica si presenterà all'atto pratico dell'allenamento, sempre sotto due aspetti sostanzialmente diversi a seconda che sia eseguita a vuoto ovvero senza contatto oppure a contatto.

L'impatto è quindi una realtà che può essere esplorata solo attraverso varie tipologie di contatto, altrimenti non può essere simulato. Nella pratica gli strumenti più preziosi a questo scopo sono l'Uchikomi, il Bunkai, il Makiwara e tutte quelle pratiche con avversario.

Vi è poi l'aspetto open, ovvero situazionale, che si diversifica e caratterizza rispetto a quello closed nell'organizzazione dell'atto motorio e del suo sistema di controllo.

In tal caso infatti lo stesso movimento viene ad essere organizzato e controllato in maniera diversa a seconda che il processo decisionale che lo scatuisce, sia riferito a stimoli interni (**Sistema di riferimento egocentrato**) o esterni (**Sistema di riferimento allocentrato**).

Si potrebbe allora essere tentati di screditare o sottovalutare la tecnica a vuoto, ma sarebbe un grave errore: la pratica a vuoto permette di allenare tutta una serie di capacità che con la sola pratica a contatto non sarebbero possibili.

E' vero che lo scopo della tecnica di Karate tradizionale è quello della massima efficacia, ma ricordiamoci che questa non è frutto solo della potenza d'impatto, ma di tutto un apparato tecnico e tattico fatto di spostamenti, brusche frenate e cambi di direzione, di tecniche eseguite come finte e quindi capaci di arrestarsi all'istante nello spazio. Vi è infine il problema della sicurezza, che permette di allenarsi a lungo ed a piena energia senza incidenti.

Tali considerazioni ci inducono a ragionare in termini di equilibrio nella pratica tra tecnica a vuoto ed a contatto evitando attentamente di cadere in pericolose prese di posizione estreme e riduttive, che in genere sono frutto solo di superficialità.

A questo scopo abbiamo analizzato le differenze tra tecnica a vuoto ed a contatto sotto vari profili, servendoci di test eseguiti su di un nutrito gruppo di praticanti di vario livello, sia con l'ausilio di strumentazione specifica da noi realizzata e coperta da brevetto, denominata ErgoMak, sia della strumentazione dei laboratori dell'istituto di fisiologia umana e neuroscienze dell'Università di Siena.

I profili delle analisi sono sostanzialmente tre, cinestesico, cinematico e dinamico anche se faremo qualche accenno ad un quarto profilo del tipo cinesiologico.

Per profilo cinestesico si intende come variano i tempi di reazione a seconda che la tecnica sia eseguita a vuoto o a contatto. Il tempo di reazione indicato come TRS (tempo di reazione semplice) è il tempo che intercorre tra la comparsa di un segnale imperativo, nel nostro caso visivo e l'inizio della tecnica. Il tempo che intercorre invece tra l'inizio della tecnica e la sua fine si definisce tempo di movimento o TM.

Per profilo cinematico intendiamo le variazioni delle velocità dei colpi a vuoto e a contatto, ovvero lo studio della legge oraria $S(t)$ delle tecniche.

Per profilo dinamico si intende la variazione delle forze in gioco nelle due tipologie d'azione.

Il profilo cinesiologico dei due tipi di azione riguarda la relativa variazione nell'uso delle catene muscolari.

I test erano così impostati:

Test A

Su tre gruppi di praticanti agonisti:

1. Basso livello
2. Alto livello generico
3. Alto livello praticanti regolari Uchikomi e Makiwara

Ogni praticante doveva eseguire delle serie di Gyakuzuki:

1. **Con colpo a vuoto: l'obiettivo è quello di raggiungere un buon compromesso tra velocità massima, media e tempo di reazione.**
2. **Con colpo a contatto: si cerca di raggiungere un buon compromesso tra tempo di movimento, tempo di reazione e potenza impressa.**

Test B

Un solo gruppo di praticanti agonisti di alto livello misto (generico e praticanti Makiwara) esegue delle serie di Gyakuzuki:

1. **Con colpo a vuoto: l'obiettivo è quello di raggiungere un buon compromesso tra velocità massima, media e tempo di reazione.**
2. **Con colpo a contatto: privilegiando bassi tempi di reazione allo stimolo imperativo.**
3. **Con colpo a contatto: privilegiando la massima potenza d'impatto**

Test A.

Procederemo a rilevare mediante strumentazione **ErgoMak**, la media e le relative deviazioni standard dei tempi di reazione, sia dei colpi a vuoto che di quelli a contatto. Tab 1; 2; 3.

Questo ci dovrebbe fornire indicazioni quantitative importanti, da cui si può rilevare lo squilibrio tra colpo a vuoto e a contatto di qualunque livello.

Tab 1

Bsso livello

N° colpi	TRS ms Vuoto	TRS ms Contatto						
1	250	323	21	223	424	41	300	292
2	286	428	22	273	286	42	219	316
3	240	403	23	260	274	43	322	321
4	519	332	24	366	534	44	272	305
5	322	450	25	225	306	45	344	410
6	382	330	26	221	288	46	257	523
7	247	221	27	256	291	47	274	385
8	324	265	28	255	306	48	294	413
9	234	288	29	227	282	49	422	425
10	276	253	30	291	331	50	307	234
11	249	292	31	193	250	51	300	264
12	333	345	32	274	255	52	343	256
13	333	333	33	201	291	53	308	261
14	503	441	34	245	296	54	251	234
15	246	330	35	169	224	55	224	258
16	363	268	36	317	383	56	317	305
17	207	250	37	201	268	57	270	269
18	201	274	38	265	343	58	304	312
19	245	275	39	313	381	59	342	230
20	430	450	40	377	378	60	358	355
						61	312	347
						62	290	284

63	285	271
Media	289,7937	320,8254
Dev st	68,62642	71,49792

Come vediamo nella tabella 1 un gruppo di basso livello esegue due serie di colpi; La prima a vuoto, la seconda a contatto.

Il tempo di reazione medio dei colpi a vuoto è di 290 ms con una Dev st di 68,62 ms, mentre la media dei TRS dei colpi a contatto è 321ms, con una Dev st di 71,5 ms.

Su una media di 290 ms di TRS una Dev st di 68,62 ms rappresenta una dispersione notevole e questo è tipico dei principianti, perché posseggono un **indice di ripetibilità** basso.

Il fatto che non vi sia una sostanziale differenza tra la dispersione dei valori dei TRS a vuoto e a contatto denota che non vi è segno tangibile di specializzazione:

il principiante può rappresentare un modello abbastanza equilibrato tra colpo a vuoto e a contatto, proprio perché non ha ancora sufficiente allenamento né nell'una né nell'altra modalità.

In Tab 2 sono riportati i dati relativi ad un gruppo di alto livello: La media dei TRS dei colpi a vuoto è di 211 ms con una Dev st di 28,2 ms, mentre i colpi a contatto danno una media dei TRS di 242 ms con una Dev st di 40,86 ms.

Al contrario i livelli alti, pur possedendo delle medie dei TRS a vuoto e a contatto rispettivamente di 211ms e 242ms e le relative Dev st di 28,2 e 40,6 ms, quindi molto più basse dei principianti, denotano un indice di ripetibilità più alta e tipica degli esperti.

Ma vi è pure una differenza troppo marcata tra la dispersione dei colpi a vuoto e quelli a contatto e questo potrebbe far supporre una specializzazione dell'alto livello orientata più, sui colpi a vuoto che su quelli a contatto.

Si rischia così di orientare tutta la funzione tecnico-tattica verso la dimensione dei soli colpi a vuoto e quindi, non facilmente assimilabile ad una esplicazione del Karate come arte marziale.

E' dunque importantissimo che un livello alto di Karate tradizionale prenda in seria considerazione l'uso del Makiwara e la pratica di Uchikomi, non solo come pratica occasionale, ma come facente parte regolare e obbligatoria del suo metodo di allenamento.

A questo proposito proviamo a vedere il risultato di un'analisi parziale, tabella 3, effettuata su di un campione ridotto di alto livello, che però pratica regolarmente makiwara e uchikomi.

Senza avere la pretesa di essere un'analisi esaustiva, per ovvi motivi di insufficienza statistica di numero di campioni, vedremo come i dati relativi alle differenze tra le medie dei TRS a vuoto e a contatto e le differenze delle relative deviazioni standard si orientano in maniera concorde alle nostre deduzioni.

Tab 2

Alto livello generico								
N° colpi	TRS ms Vuoto	TRS ms Contatto						
1	247	247	21	214	225	41	228	293
2	219	243	22	184	236	42	225	215
3	334	236	23	174	173	43	219	299
4	237	235	24	167	200	44	226	334
5	214	289	25	168	198	45	252	268
6	245	189	26	189	166	46	211	305
7	206	343	27	177	189	47	228	238
8	236	256	28	203	205	48	257	244
9	210	342	29	215	233	49	269	242
10	260	256	30	185	264	50	238	175
11	209	269	31	219	287	51	196	236
12	207	264	32	193	215	52	233	234
13	214	293	33	186	242	53	196	202
14	209	262	34	202	226	54	192	207
15	193	226	35	197	216	55	170	270
16	213	308	36	198	223	56	185	225
17	210	228	37	235	241	57	191	209
18	206	218	38	218	207	58	169	239
19	192	212	39	209	287	59	202	239
20	191	195	40	233	300	60	204	291
						61	209	218
						62	203	255
						63	180	190
Media							211,127	242,4127
Dev st							28,20346	40,86509

Tab 3

Alto livello praticante makiwara

A vuoto		A contatto		Pot med 4,5 - 5 kw	
N° colpi	TRS ms	TRS ms			
1	202	195	10	192	212
2	238	203	11	191	195
3	208	244	12	214	225
4	223	231	13	184	203
5	225	193	14	174	173
6	200	219	15	167	200
7	213	226	16	168	198
8	193	213	17	189	166
9	206	218	18	177	189
			Med	198	205,72
			Dev st	20,12	19,9

Rispetto al campione generico dell'alto livello, qui vediamo che i tempi di reazione dei colpi a vuoto hanno una media lievemente inferiore, da 211 ms si passa a 198 ms, con un guadagno di 13 ms, che non rappresenta un guadagno estremamente significativo sotto il profilo applicativo.

La media dei TRS dei colpi a contatto è estremamente significativa, perché con 206 ms rispetto ai 242 ms degli altri, si ha un guadagno di 36 ms, che sicuramente fanno la differenza sotto il profilo applicativo.

Vi è poi uno scarto piccolissimo tra i TRS dei colpi a vuoto e quelli a contatto, 198 ms e 206 ms, appena 8 ms, mentre gli alti livelli generici avevano 211 ms e 242 ms, ovvero ben 31 ms di differenza.

Se osserviamo inoltre le deviazioni standard dei TRS a vuoto e a contatto, ci sorprenderà come, 20,12 ms e 19,9 sono praticamente uguali e quindi non vi è diversità nell'indice di dispersione.

Questo ci dice che, sia il colpo a vuoto che quello a contatto sono profondamente in equilibrio tra loro sotto il profilo cinestesico.

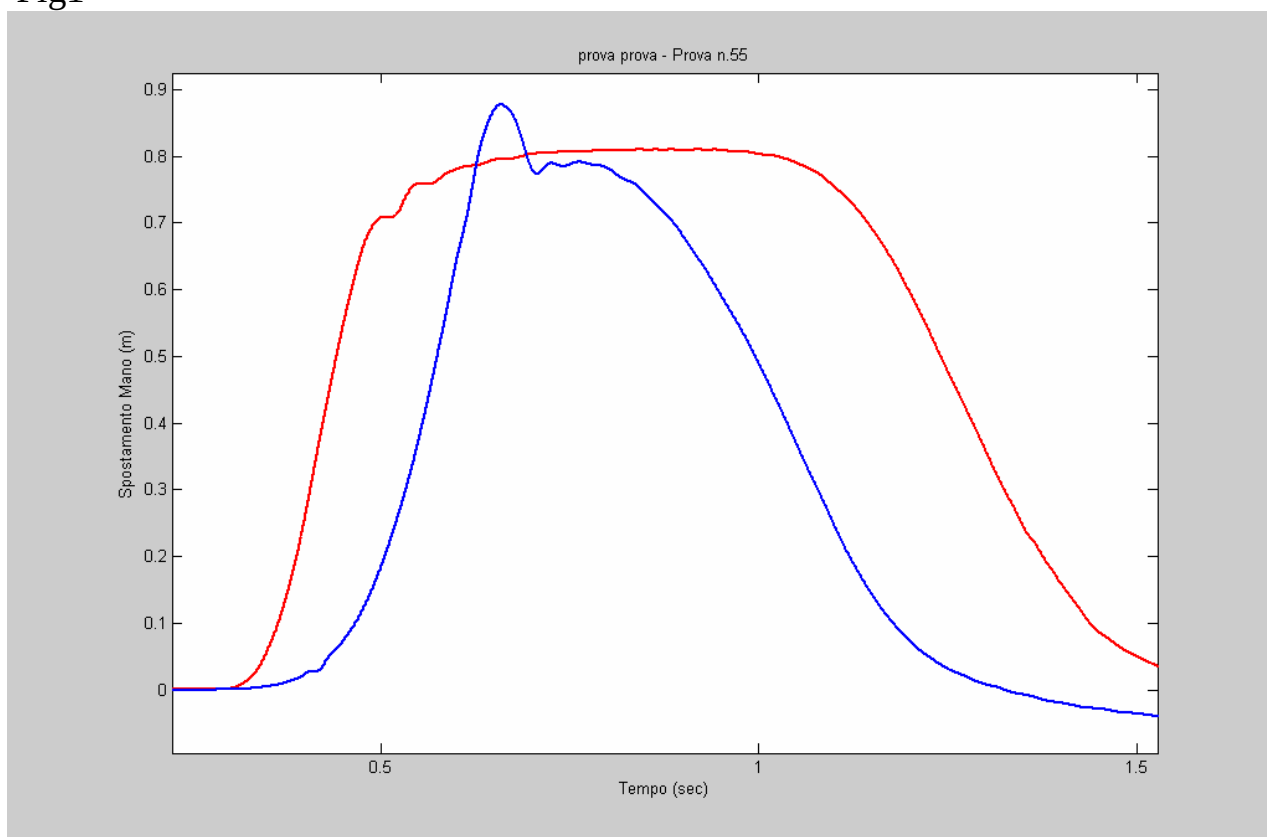
In questa condizione è plausibile pensare che, un buon esito di un combattimento agonistico, quindi con tecniche a vuoto perfettamente controllate, poteva non essere dissimile da quello di un eventuale combattimento reale a impatto pieno.

Proviamo a ricapitolare quanto abbiamo detto cercando di fare chiarezza sul significato applicativo di certi parametri.

- Un TRS basso ci dice che siamo più rapidi a reagire a stimoli esterni.
- Grandi differenze tra TRS a vuoto e a contatto ci dice che non c'è equilibrio cinestesico tra le due modalità esecutive. Quindi, potremmo consolidare un certo stile tecnico - tattico soddisfacente in modalità a vuoto, perché potrebbe godere di TRS bassi, ma che potrebbe essere poi completamente stravolto, in caso di necessità di contatto reale, perché in tal caso i TRS potrebbero essere esageratamente lunghi.
- Lo stesso si può dire delle deviazioni standard dei TRS, le quali sono strettamente legate alla ripetibilità delle performance cinestetiche. Quando la deviazione standard è alta, la ripetibilità è bassa e il nostro sistema cognitivo non avendo punti stabili di riferimento, abbassa quello che in gergo tecnico della psicologia d'azione viene definito **livello di confidenza** e non possono essere più prodotti adeguati schemi tecnico - tattici.

Spostando l'attenzione dal profilo cinestesico a quello cinematico e dinamico osserviamo che l'andamento della velocità ovvero le leggi orarie dei colpi a vuoto e quelli a contatto di analoga tipologia e lunghezza, sono diverse Fig 1.

Fig1



Nella fig 1 vediamo rappresentate due leggi orarie ovvero due curve spazio tempo, la prima a partire da sinistra di colore rosso è l'andamento di un Gyakuzuki a vuoto che ha percorso 78 cm in $\frac{1}{4}$ di secondo (250 ms).

La seconda in azzurro ha percorso lo stesso spazio nello stesso tempo e quindi la velocità media risulterà uguale per entrambi e sarà di 3,12 m/s, ma le variazioni di velocità nei 78 cm di corsa e 250 ms di TM, sono molto diverse e perfino la velocità massima sarà molto diversa.

Il colpo a vuoto in questo caso incrementa subito la velocità e dopo 35 ms di tempo e 11mm di spazio è già a 1,17 m/s raggiungendo la velocità massima di 8,2 m/s dopo 20 cm di corsa e mantenendola pressoché inalterata fino a 45 cm, dopodiché subisce una prima decelerazione e a 70 cm di corsa, ovvero 8 cm prima di fermarsi, la sua velocità è di 6,1 m/s, infine negli ultimi 8 cm si riduce a 0.

Questa brusca decelerazione finale, come è facile osservare dalla curva, è accompagnata da forti irregolarità, stando a significare che a meno di 10 cm dalla fine della tecnica la gestione spazio-temprale della sua traiettoria è molto scarsa.

Ovviamente i motivi sono molteplici ma tutti connessi ad un solo fatto:

Senza bersaglio reale, il nostro sistema di controllo motorio trova più difficoltà a gestire la fine del movimento (Questo è già sufficientemente documentato dalla letteratura sperimentale, Fitts 1954. Kelso 1979. Schmidt 1980 ed altri).

L'obiettivo reale, orientando l'azione in maniera più naturale e semplice, a partire dalle percezioni sensoriali visive, crea le condizioni necessarie per un ottimale controllo della fase terminale dell'azione.

In assenza dell'obiettivo reale, per forza di cose questo dovrà essere rievocato mentalmente e tale procedura oltre a essere più complessa e lunga, non garantisce affatto il controllo del risultato e con questo, l'innescarsi della **fenomenologia del rinforzo**, fondamentale in tutti i processi di apprendimento.

Vi è poi un problema dinamico, riguardante il fatto che trovandosi, come nel nostro caso la massa dell'avambraccio e della mano a dover subire una decelerazione in 8 cm di spazio e 80 ms di tempo, di circa $37,5\text{m/s}^2$ prima di arrestarsi, l'articolazione del gomito può essere sottoposta ad un **carico impulsivo di forza eccentrica** di 112,5 N (11,5kg) che è già molto grande.

In termini di potenza media, se si considera che tale forza impulsiva viene applicata ad una velocità media di 3 m/s siamo nell'ordine delle 340W , paragonabili in vero alla potenza media impiegata a frenare con un braccio un manubrio di 70 kg in caduta che in genere viene eseguito a 0,5 m/s.

Forze così sono considerate grandi, proprio perché si estrinsecano in tempi molto piccoli e se l'estremità della mano è libera, danno origine a incertezze molto sostenute nel suo controllo motorio.

(Bisogna fare molta attenzione a distinguere la forza impulsiva da quella non impulsiva, perché in effetti 11,5 kg potrebbero sembrare pochi, ma provate a spingere un normale disco, più o meno dello stesso peso, come quelli che si usano nella pesistica, per 8 cm, a patto però che lo facciate in 1/12 di secondo e ve ne renderete subito conto).

Il meccanismo di controllo motorio è dotato di sistemi di sicurezza che in maniera automatica riducono l'intensità di tali forze se ritenute lesive, praticamente riducendo la decelerazione e questo lo fa in due modi:

1. Anticipando la frenata, così che la velocità vada dal massimo a 0 in un tempo più lungo.
2. Riducendo la velocità massima.

La seconda curva relativa ad un Gyakuzuki a contatto come vediamo cresce più lentamente, dopo 35 ms lo spazio percorso è di 6mm e la velocità è di 0,28 m/s, a 32 cm di corsa la velocità raggiunge i 10 m/s e in maniera quasi regolare poi arriva all'impatto incrementando a 11,2 m/s.

L'incremento relativamente lento della velocità iniziale è giustificato dal fatto noto in letteratura, che un aumento troppo repentino di velocità iniziale farebbe emergere la fenomenologia **ESFI** (Effetto di scomparsa della forza a causa dell'inerzia).

In tali circostanze la velocità finale sarebbe fortemente compromessa per impossibilità della forza di continuare ad agire sulla massa per tutta la traiettoria.

La massa del braccio nel nostro caso se sottoposta ad una forza iniziale troppo grande, raggiunge subito e molto prima della fine, la velocità massima, a questo punto l'accelerazione va a zero e la forza applicata sparisce, subito dopo per effetto della naturale viscosità muscolare la velocità diminuisce.

La quantità di forza iniziale è così regolata inconsciamente perché si realizzi alta velocità d'impatto e basso tempo di movimento, indice di assenza della fenomenologia ESFI.

Test B

Proveremo ora a vedere dalla tabella 4 come le velocità medie e massime variano a seconda che i colpi siano a vuoto o a contatto e in caso di contatto se sono a massima reazione ovvero eseguiti privilegiando bassi tempi di reazione, oppure a massima potenza, cioè privilegiando la massima potenza d'impatto.

I dati sono relativi a test eseguiti su di un gruppo di 10 atleti di alto livello.

Tab 4

	Colpi a vuoto		Colpi a contatto			
	V max m/s	V med m/s	Colpi a max reaz. V max m/s V med m/s		Colpi a max pot V max m/s V med m/s	
1	7,85	3,29	8,36	3,08	13,76	3,65
2	7,66	3,42	10,61	2,98	14,26	3,38
3	9,85	3,41	9,82	3,22	12,64	3,12
4	9,26	3,56	8,27	2,61	13,87	3,59
5	9,55	3,5	9,63	2,9	13,61	3,54
6	9,19	3,61	7,24	2,49	13,7	4,01
7	7,17	3,31	7,55	3,14	10,59	2,95
8	5,16	2,63	8,45	3,05	12,49	2,87
9	5,15	2,62	7,72	2,9	11,66	2,86
10	5,35	2,94	7,16	2,87	9,49	2,21
11	5,91	3,09	8,24	2,08	9,04	2,05
12	7,13	3,26	11,77	2	8,49	2,34
13	6,7	3,03	13,71	1,81	9,49	2,92
14	9,21	4,21	12,96	1,79	10,43	2,89
15	10,46	3,19	11,79	2,07	9,73	2,61
16	8,3	3,37	12,49	1,95	11,84	2,09
17	10,85	3,45	7,35	2,68	10,99	1,95
18	9,61	3,74	8,55	2,7	11,9	1,92
19	8,95	3,19	7,68	2,29	11,88	1,72
20	10,03	2,36	9,38	2,88	11,01	2,11
21	6,93	2,89	7,11	2,65	11,38	1,81
22	6,06	3,1	8,32	2,94	8,74	1,87
23	6,03	3,12	7,43	2,26	9,08	2,21
24	6,6	2,64	6,88	2,73	9,79	1,92
25	7,59	3,01	7,6	2,52	8,45	1,97
26	9,36	3,12	7,98	2,93	10,48	2,04
27	6,93	1,85	8,01	3,06	10,06	1,79
28	7,15	3,43	6,69	2,87	7,86	1,94
29	7,4	3,36	6,67	2,7	8,85	1,59
30	7,81	3,41	8,2	2,82	7,62	1,86
31	7	3,21	8,49	2,88	9,72	2,75
32	7,12	3,57	8,19	2,67	10,4	3,02
33	7,21	3,54	8,15	2,73	10,57	2,93
34	6,74	3,36	7,75	2,6	9,8	3,15
35	6,22	1,55	7,55	2,77	10,18	3,33
36	6,48	2,69	7,73	2,72	9,25	3,14
37	6,98	3,01	8,66	2,63	9,55	3,11

38	6,56	2,7	7,23	2,8	9,87	2,42
39	8,02	2,91	7,09	2,93	9,1	2,09
40	5,74	2,97	8,12	3,48	9,02	2,36
41	7,2	3,03	8,21	3,16	11,29	2,65
42	8,16	3,69	8,46	3,12	8,04	2,76
43	6,23	3,29	7,5	2,89	9,23	2,43
44	5,63	3,08	8,19	2,97	13,05	2,64
45	6,08	3,27	7,05	2,73	7,27	2,26
46	7,26	3,57	7,82	3,41	7,73	2,39
47	6,84	3,1	6,09	2,47	7,46	2,16
48	7,14	3,28	7,64	2,67	8,74	2,09
49	6,87	2,34	6,67	2,64	10,59	2,13
50	6,67	3,16	6,89	2,56	10,6	1,96
51	7,87	3,25	6,99	2,76	11,59	1,75
52	7,39	2,79	6,78	2,39	6,71	2,32
53	6,5	2,82	6,17	2,48	7,09	2,25
54	5,9	2,86	6,02	2,9	7,87	2,42
55	5,42	3,07	6,01	2,94	9,28	1,95
56	7,14	2,98	6,31	2,73	9,54	2,35
57	5,82	2,99	6,3	2,6	9,76	2,49
58	6,91	3,08	6,46	3,07	8,46	2,55
59	5,83	3,01	6,27	2,88	7,52	2,68
60	6,41	3,03	6,93	2,77	7,54	2,7
Media	7,27	3,10	8,02	2,72	10	2,48

Vediamo allora che i colpi a vuoto raggiungono velocità massime di 7,27 m/s quelli a contatto a massima reazione 8,02 m/s e infine quelli a contatto a massima potenza 10 m/s, come si vede le velocità massime sono molto più alte nei colpi a contatto che nei colpi a vuoto.

Al contrario le velocità medie sono leggermente più alte nei colpi a vuoto che nei colpi a contatto e rispettivamente si passa da 3,1 a 2,72 e 2,48 m/s.

Conclusione

Le sostanziali diversità sotto il profilo cinestesico e dinamico tra tecnica a vuoto e a contatto ci portano a concludere che queste due tipologie di azione non possono essere considerate intercambiabili, ovvero eseguire una tecnica a vuoto cercando di simulare il contatto non sostituisce affatto la tecnica a contatto.

E' verificabile, che le tecniche che abbiano avuto una adeguata sollecitazione a contatto, anche nel caso che questo non vi sia, mantengono un senso di realtà molto consistente e diverso da quelle che al contrario sono sempre state eseguite a vuoto.

Un gyaku-zuki, se ha impattato per centinaia di migliaia di volte diligentemente nel makiwara e nel sacco, ed è stato altresì impegnato con l'Uchikomi ed i Bunkai a cogliere con precisione il bersaglio, anche se eseguito a vuoto se ne percepisce subito la consistente realtà che ne sta dietro.

Può succedere che per troppi anni uno abbia praticato, sbilanciando l'allenamento, orientandolo solo nella pratica a vuoto, a quel punto anche se le tecniche sembrano soddisfare certi requisiti atletici ed estetici, in realtà quando dovesse iniziare ad applicarle realmente dovrà necessariamente procedere ad una operazione di restaurazione cinestesica e dinamica che richiede nuovamente molto tempo.

Per avere un'idea consistente di come e quanto siano diverse le azioni a vuoto e a contatto e come sia oltremodo importante un loro equilibrio nella pratica, riportiamo qui sotto un elenco di punti fondamentali:

1. Le tecniche a contatto possono raggiungere velocità massime, superiori di quelle a vuoto di un 30-35%. Se ne possono dedurre funzioni allenanti importantissime e assolutamente non sperimentabili con i colpi a vuoto.
2. Nelle tecniche a contatto la velocità incrementa regolarmente e raggiunge il massimo al bersaglio, in quelle a vuoto la velocità incrementa in maniera irregolare e quella massima è sempre anticipata. Questa caratteristica stabilisce il ritmo proprio dell'applicazione di forza per ogni tipologia di azione e ne sancisce il principio di specificità.
3. Approfondendo il punto 2 si deve precisare che l'inizio della tecnica a contatto è naturalmente più dolce, perché in maniera automatica il sistema di controllo motorio deve evitare il fenomeno ESFI, questo inizio dolce del movimento sta alla base **dell'occultamento degli invarianti**, ovvero del non rendere facilmente visibili all'avversario i movimenti che precedono ed originano la tecnica. (la definizione di dolce non ha niente a che vedere però con una partenza progressiva e lenta).
4. La regolarità nell'incremento massimale della velocità al contatto è accompagnata da una altrettanta regolarità della traiettoria, questo aspetto, dovuto ovviamente alla presenza reale del bersaglio che orienta automaticamente il colpo, favorisce una migliore capacità di controllo della fine della tecnica e quindi influisce positivamente sul controllo dei colpi a vuoto nelle competizioni di Kumite.
5. La velocità media, molto alta dei colpi a vuoto, prelude al fatto che questi generalmente sono portati in maniera affrettata, preoccupandosi solo di raggiungere presto la completa escursione. In questo caso il programma motorio deve solo organizzare la tecnica in funzione della rapidità e sicurezza articolare, la rapidità è garantita da alta velocità media e la sicurezza da bassa velocità massima. Da queste osservazioni si evince che le tecniche colte dall'occhio come estremamente rapide, semplicemente per il fatto che raggiungono presto la loro massima elongazione possono in realtà nascondere una bassa velocità di picco (massima).

6. Sotto il profilo cinesiologico la differenza fondamentale tra colpo a vuoto e a contatto, nell'esempio di un Gyakuzuki, consiste in un uso diverso della muscolatura nella **fase conclusiva del movimento**. Il colpo a vuoto termina con una violenta contrazione eccentrica (frenante) della muscolatura del dorso, eccentrica ed isometrica (stabilizzante) nel cingolo scapolomeroale ed eccentrica nel bicipite brachiale e la contrazione dei flessori delle dita nella chiusura del pugno. Ovviamente l'ancoraggio di tali azioni muscolari è a carico di una contrazione isometrica della catena opposta ovvero quella anteriore il cui punto cardinale è la muscolatura addominale (Hara) . Il colpo a contatto al contrario termina con un violenta contrazione concentrica (spinta) dei muscoli anteriori, pettorali, addominali ecc.. concentrica e isometrica nel cingolo scapolomeroale e concentrica nel tricipite brachiale. In conclusione nel colpo a vuoto ad esclusione dei flessori delle dita, alla fine le articolazioni ed i muscoli subiscono uno strappo (**Catena muscolare aperta**) in quello a contatto una compressione (**Catena muscolare chiusa**). Azioni rapide a catena aperta, ripetute per moltissimo tempo senza essere bilanciate da azioni a catena chiusa possono portare a instabilità articolare ed essere causa di traumatologie croniche. Da un altro punto di vista, si possono facilmente contrarre traumi acuti, qualora l'esperto in pratica a vuoto dovesse occasionalmente colpire a piena potenza bersagli la cui massa ed elasticità siano causa dell'originarsi di forze qualitativamente e quantitativamente da lui non controllabili.
7. Sotto il profilo dinamico quantitativo, la differenza tra colpo a vuoto e a contatto consiste in una sproporzione enorme delle forze in gioco. Il colpo a vuoto può creare soprattutto a livello dell'articolazione del gomito delle forze impulsive di trazione nell'ordine dei 98-147N (10-15 kg) in 60-80 ms con potenze medie di 350-400W. Quelli a contatto antropico da noi rilevati, ovvero con bersaglio approssimabile alla parete alto addominale in contrazione (livello chudan) possono raggiungere i 2649N (270 kg) in 15-20ms e potenze medie di 9000W. Con bersagli non antropici, di durezza molto maggiore, come assi di legno o laterizi le forze e le potenze in gioco possono aumentare notevolmente ma per mancanza di rilevamenti diretti non possiamo darne le quantità numeriche. Le differenze cinematiche, ovvero la maggiore velocità raggiunta dai colpi a contatto rispetto a quelli a vuoto essendo del 30-35% è poca cosa rispetto alle differenze dinamiche che in termini di forza sono oltre il 2000%. Questo ci dice che con il contatto è possibile sperimentare una tale quantità di forza altrimenti impossibile con il solo colpo a vuoto. **L'altro aspetto dinamico molto più complesso che diversifica il colpo a vuoto da quello a contatto è di ordine qualitativo** e riguarda il numero di oscillazioni al secondo della forza ovvero la sua frequenza Fig 2. Da questa dipende la possibilità del propagarsi o meno dell'energia all'interno dei corpi. Il colpo a vuoto è eseguito sempre dallo stesso corpo che possedendo sempre le stesse caratteristiche di massa, densità ed elasticità è soggetto sempre alla stessa frequenza fondamentale ω_0 indipendentemente dalla quantità di forza e

velocità usate. Nel contatto invece le cose cambiano, perché i corpi impattati possono avere varietà costitutive molto diverse e costringere la nostra forza ad operare e sperimentare ogni volta frequenze diverse. **Questo aspetto qualitativo dell'impatto è alla base di una educazione che permette in maniera inconscia di modulare i parametri di potenza (forza e velocità) a seconda del corpo impattato in maniera tale da trasferire in esso il più efficacemente energia. E' da ricordare però che questo non può avvenire dopo l'impatto tramite i feedback propriocettivi perché i tempi in gioco sono circa 25 volte più piccoli della loro portata. Si evince allora che il nostro sistema cognitivo conoscendo già la natura del materiale da colpire per pregresse esperienze, programma anticipatamente (feedforward) l'evento ideale d'impatto. Dalle prove sperimentali si è osservato che la modificazione dei parametri fisici del makiwara (massa, elasticità, viscosità) all'insaputa del candidato portava sempre a risultati catastrofici nell'impatto massimale.**

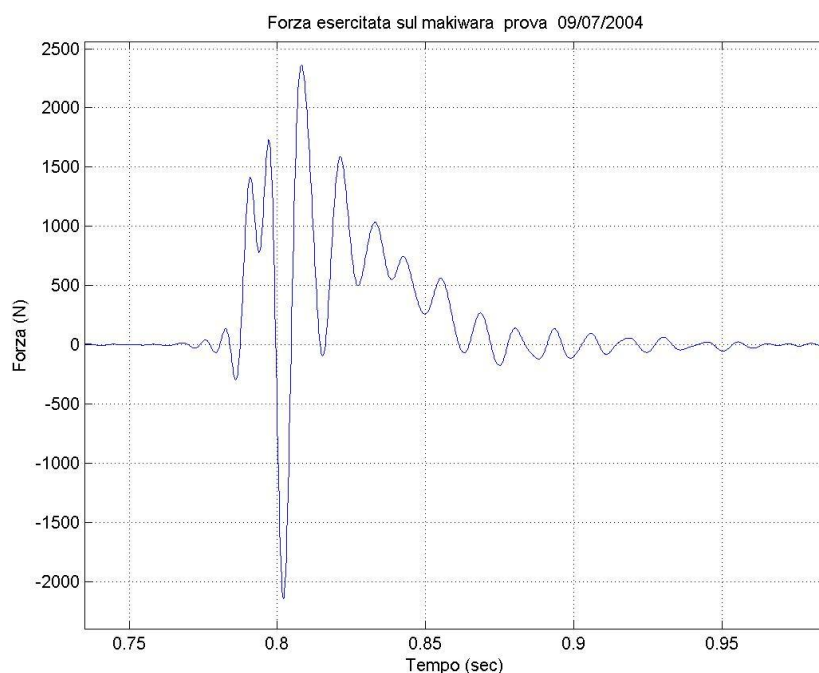


Fig 2: Curva $F(t)$ reale relativa all'impatto di un gyakutsuki

La forza del pugno in contatto con il makiwara nella sola fase concentrica (di spinta)
che dura 1/50 di secondo oscilla 2 volte
stabilendo così una frequenza d'impatto di 100 hz

8. L'esecuzione del colpo a vuoto, lentamente con grande uso di forza, favorisce il tono muscolare generale e lo sviluppo di forza isometrica. Essendo questa una forza stabilizzante crea le condizioni potenziali di opposizione all'impatto, ovvero prepara potenzialmente a sopportare e gestire il rinculo derivante dalla reazione della forza d'impatto. Una carenza di questa tipologia di forza farebbe

rimbalzare il braccio e l'intero corpo, dopo l'impatto, con grande perdita di potenza trasferita. L'affermazione di creazione di sole condizioni potenziali, sta a significare che tale pratica da sola non è sufficiente e non può sostituire le spinte su masse esterne tipiche della pratica di Uchikomi e perfino le spinte su corpi esterni non possono da sole sostituire i colpi al Makiwara e al sacco. La forza massimale, isometrica e quella di reazione di una spinta su massa antropica si esplica in un tempo che non scende mai sotto il $\frac{1}{2}$ secondo, quella di rinculo di un colpo al Makiwara non supera mai $\frac{1}{50}$ di secondo, è quindi 25 volte più rapida e richiede un allenamento specifico per essere controllata. **Deve essere sempre chiaro che la forza del colpire è diversa dalle altre tipologie di forza sia quantitativamente che qualitativamente, perché in essa come abbiamo detto entrano in gioco fenomeni di vibrazione e risonanza tra corpo collidente e corpo colliso che possono favorire o impedire il propagarsi dell'energia all'interno di quest'ultimo.**

L'esecuzione di colpi a vuoto a massima velocità e classica chiusura muscolare finale, sono fondamentali, primo, perché permettono di allenarsi con l'avversario in tutta sicurezza e poi per sviluppare il controllo dello strappo inerziale, senza del quale oltre al lesionarsi delle articolazioni, provocherebbe la perdita di equilibrio dell'intero corpo per trascinamento inerziale. In pratica un allenamento di solo contatto creerebbe delle situazioni paradossali in cui se il bersaglio non fosse preso si sarebbe ogni volta trascinati via dall'inerzia del colpo stesso con relativo trauma articolare ed esposizione facile alle manovre avversarie. Questa possibilità avvertita inconsciamente, inibisce l'azione e non permette di usare tutto il potenziale acquisito con la pratica del contatto.

9. Si può affermare che l'equilibrio tra tecnica a vuoto e a contatto è fondamentale nel Karate inteso come arte marziale e si basa essenzialmente nel rendere completa e ben bilanciata la pratica. Certamente non possiamo sbilanciarci con le percentuali, perché queste dipendono dallo stato e dal livello del praticante, ma si deve tener presente che l'Uchikomi, il Bunkai e il Makiwara non possono essere considerati dei semplici strumenti didattici di supporto, ma al contrario dovrebbero essere considerati il cuore stesso della pratica fondamentale.

La trasmissione profonda della potenza d'impatto nelle tecniche di Karate tradizionale

M^o Roberto Benocci [°]

Inq. Marco Casini ^{°*}

Dott. Filippo Coppolino [°]

Ing. Angelo Facchini ^{°*}

[°] A.S.D. Shinan Karate Kai Siena

^{*} Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione - Università di Siena

Milano – 10 Maggio 2009

Motivazioni dello studio

- Le misurazioni da noi precedentemente condotte sulle dinamiche d'impatto avevano sempre considerato un bersaglio semplice costituito da un corpo omogeneo come ad esempio una tavola (*makiwara*) dimensionato con i parametri di massa, costante elastica e smorzamento (attrito viscoso), verosimilmente come una superficie addominale in contrazione
- Sebbene i dati ottenuti consentivano di effettuare statisticamente una buona differenziazione tra i vari livelli di abilità, in alcuni casi queste misurazioni mostravano simili valori di potenza tra praticanti di livello decisamente diverso, per ciò che concerneva la loro efficacia reale constatata dall'esperienza.

Si è resa quindi necessaria un'indagine più approfondita che analizzasse la dinamica della tecnica non solo sulla superficie di impatto (addominale) bensì in profondità sui tessuti ed organi interni

Sistema Ergomak

- Le misurazioni sono state effettuate tramite il sistema Ergomak*, già utilizzato in precedenti lavori a partire dall'anno 2003



* Coperto da brevetto

Massa d'impatto (urto) equivalente

- Per valutare l'efficacia (in profondità) di un colpo (a parità di energia o potenza di superficie) si è reso necessario definire il concetto di **massa d'impatto equivalente**
- Mediante il sistema Ergomak vengono ricavate le grandezze necessarie a definire questa massa e la sua durezza e precisamente; l'energia E , la potenza P del colpo e la velocità v di contatto della mano sul bersaglio
- Il colpo impattante viene quindi assimilato a quello di un corpo con superficie uguale al pugno, dotato di una determinata massa e coefficiente di rigidità k che colpisce il bersaglio alla velocità v
- Il valore della massa d'impatto in kg è facilmente calcolabile a partire dalla nota relazione dell'energia cinetica

$$\text{Se } E = \frac{1}{2}mv^2 \text{ allora } M = \frac{2 \cdot E_{\text{energia}}}{v_{\text{velocità}}^2}$$

- Risulta evidente che due colpi di pari energia possono avere masse d'urto e (velocità) diverse.

Massa d'impatto equivalente

Il coefficiente di rigidità k della massa d'impatto esprime la capacità della massa di opporsi alla deformazione nel momento dell'impatto (per la complessità non riportiamo analiticamente il metodo della sua stima ci basti sapere che varia da 60000 a 135000 Newton/ metro, ovvero come una molla che per ogni centimetro di compressione richiedesse un carico che va da 61kg a 138kg peso)

Tale coefficiente risulta determinato da tre fattori:

1. La durezza propria della mano (o parte impattante)
2. La rigidità di connessione muscolare tra i vari segmenti corporei coinvolti nella dinamica del colpo (mano, braccio, tronco, ecc...) dipendente sia dalla forza che dalla adeguata struttura della tecnica
3. La coordinazione e sincronizzazione delle quantità di moto P (massa x velocità) delle singole sottomasse rappresentate dai segmenti corporei

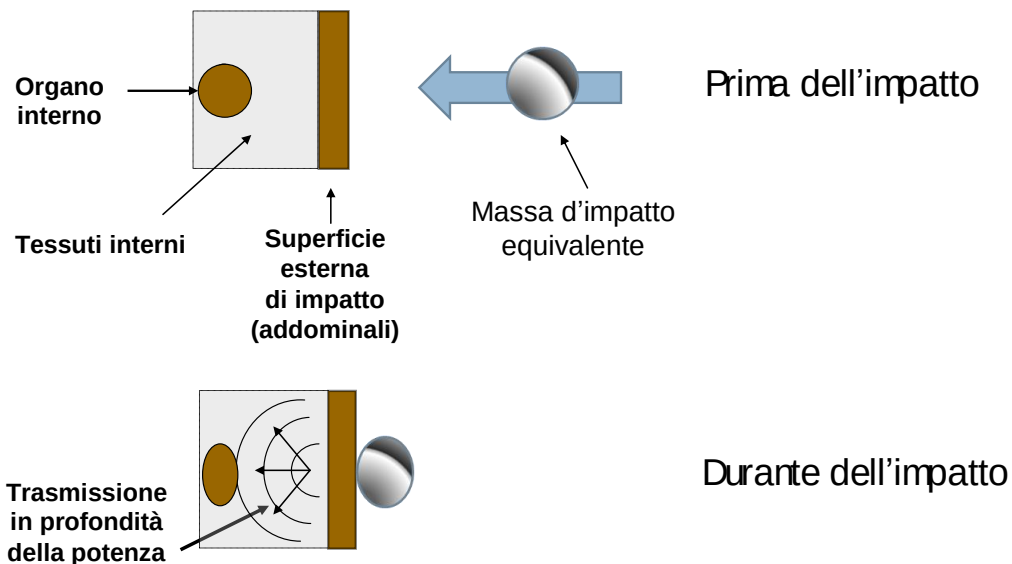
Massa d'impatto equivalente

- È evidente che una maggiore capacità di connessione e sincronizzazione muscolare produce anche un aumento della massa, in quanto più masse corporee vengono coinvolte contemporaneamente nell'impatto
- Un k alto però può essere anche frutto di sola durezza della mano senza influire minimamente sull'aumento di massa
- È stato infatti evidenziato dalle analisi sperimentali che alcuni colpi con k altissimi di 130000N/ m in realtà possedevano masse piccole e bassa velocità d'impatto con potenze che mai superavano le 3900W
- Tali colpi risultavano essere sempre massimali di soggetti di basso livello tecnico le cui mani possedevano naturalmente particolari doti di durezza (visivamente il colpo era portato con la sola mano senza l'adeguata dinamica di sostegno)

Modello del simulatore

- Una volta determinate le caratteristiche della massa d'impatto equivalente, queste vengono inserite in un **simulatore di impatto in corpo reale** per valutare la potenza trasmessa in profondità
- Il corpo impattato che funge da bersaglio è modellato mediante una serie di sistemi m.m.s. (massa-molla-smorzatore) opportunamente dimensionati in modo **antropico** ovvero come i reali tessuti umani
- L'utilizzo di tale simulatore amplia le capacità fornite da Ergomak consentendo di utilizzare i dati misurati in superficie, per valutare l'andamento dei parametri dinamici (forza energia potenza) trasmessi in profondità

Modello dell'impatto

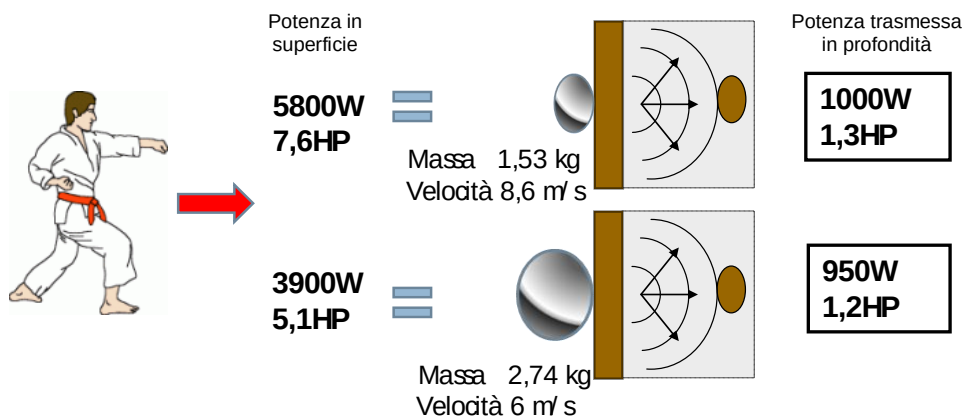


Svolgimento dell'esperimento

- Per analizzare il comportamento del modello utilizzato, sono state eseguite una serie di tecniche *gyaku-tsuki chudan*
- Le misurazioni sono state effettuate su un campione di livello vario di praticanti
- Per ogni colpo, mediante il sistema Ergomak, sono state misurate le grandezze dinamiche (forza, potenza, energia) e cinematiche (velocità), da cui si ricava la massa d'urto equivalente e la relativa rigidità

Principali Evidenze

- Non necessariamente nello stesso soggetto a potenze maggiori di impatto in superficie corrisponde una maggiore potenza trasferita in profondità

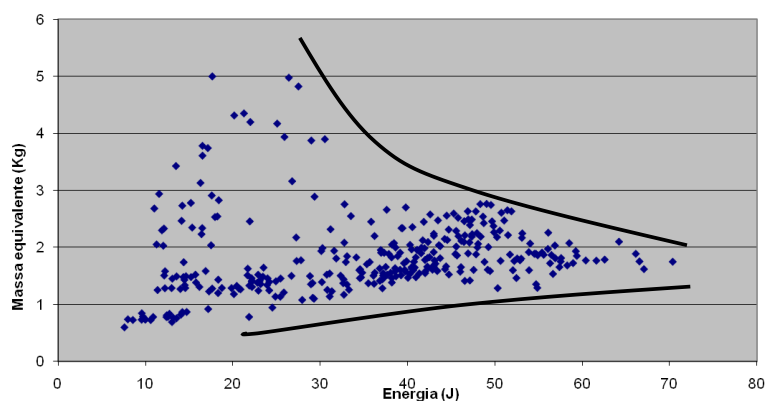


- In funzione delle caratteristiche antropiche del corpo impattato l'efficacia di un colpo in profondità dipende fortemente dalla massa d'impatto equivalente e dalla rigidità istantanea della tecnica (Kime)

Principali Evidenze

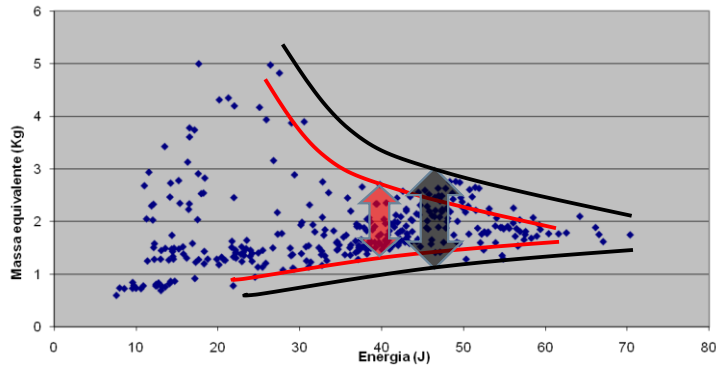
- Un individuo con notevoli capacità di maestria può all'impatto avere un k di 107813N/m e produrre 5800W relative a 57Joule di energia con 1,53kg di massa a 8,6m/s di velocità e trasferire in profondità 1000W
- Oppure ridurre la sua potenza di impatto a 3900W relative a 49Joule, migliorando il livello qualitativo del Kime e trasferire 950W, attraverso 2,74kg di massa a 6 m/s di velocità che è praticamente la stessa potenza di prima
- Tale abilità, secondo i dati sperimentali non è possibile se l'individuo possiede come massimale le sole 3900W perchè al massimo può trasferirne 477W relative a 28Joule di energia con 1,39kg di massa a 6,4 m/s di velocità

Principali Evidenze



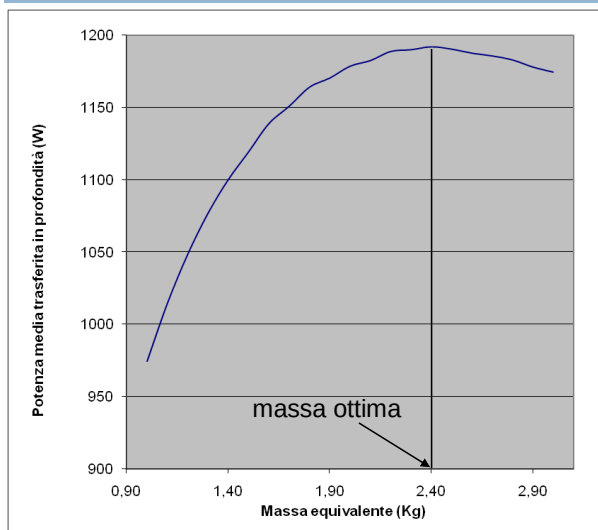
- Per colpi a bassa energia è possibile modulare la massa d'impatto equivalente in un ampio range di valori
- Al crescere dell'energia della tecnica risulta che le masse d'impatto equivalenti convergono verso un range ristretto

Principali Evidenze



- Livelli tecnici più elevati sono caratterizzati da una più ampia escursione di modulazione (freccia scura) della massa d'impatto equivalente, consentendo una maggiore efficacia dell'esecuzione tecnica
- Poiché colpi a parità di energia possono trasmettere in profondità una maggiore potenza, questi risultano anche maggiormente efficienti

Principali Evidenze



Curva ottenuta da colpi non massimali aventi uguale energia

- Per un determinato colpo esiste una massa d'impatto equivalente che massimizza la potenza trasferita in profondità
- Essa corrisponde al punto di massimo del grafico potenza trasferita / massa d'impatto equivalente
- Tale punto di massimo si colloca generalmente in corrispondenza di elevati valori di masse d'impatto equivalenti

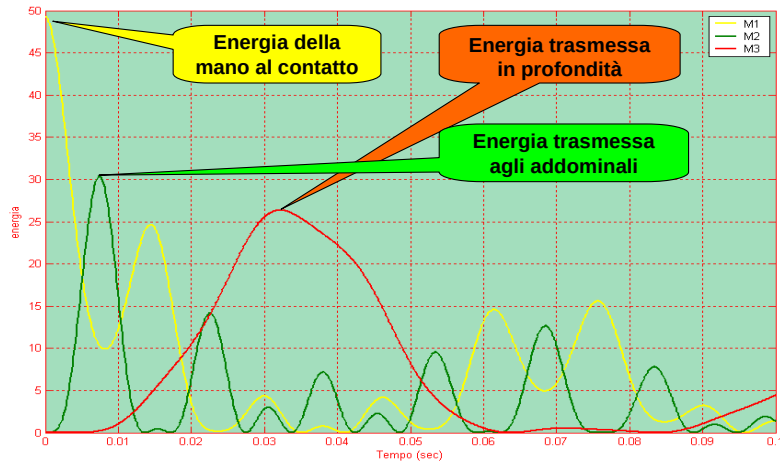
Come si presentano i dati del simulatore d'impatto in corpo reale

- Il colpo analizzato con Ergomak e riportato come esempio esplicativo possiede i seguenti parametri d'impatto iniziale:
 1. Forza 1750Newton (178kg peso)
 2. Potenza 3900 W (5,1HP cavalli)
 3. Energia 49,5 Joule
 4. Velocità di contatto 6 m/ s
 5. Massa d'impatto equivalente 2,74 kg
 6. K del corpo impattante (mano – braccio - tronco ecc..) 96000N/ m
 7. K del corpo impattato (superfice addominale) 13000N/ m
 8. Spostamento massimo del corpo impattato (affondo) 8 cm
- Tali dati introdotti nel simulatore restituiscono i seguenti grafici temporali di forza-potenza-energia trasmessi in profondità

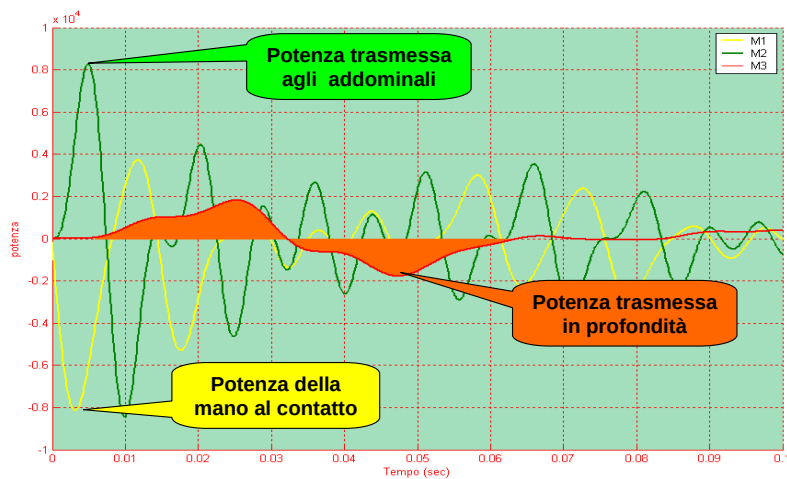
Grafici forza / tempo ottenuti con il simulatore d'impatto in corpo reale



Grafici energia / tempo ottenuti con il simulatore d'impatto in corpo reale



Grafici potenza / tempo ottenuti con il simulatore d'impatto in corpo reale



Conclusioni

- Analizzare solamente il colpo nella superficie può non rendere ragione di alcune evidenze empiriche sull'efficacia di un colpo
- È stata analizzata l'efficacia di un colpo **chudan** stimandone la potenza trasmessa in profondità
- Bisogna assolutamente non confondere la potenza trasmessa in profondità con l'affondo diretto della mano nel bersaglio
- Abbiamo visto che 1750N (178kg) di forza all'impatto flettono il bersaglio di soli 8cm, ora, essendo la rigidità di questo di 13000N/ m la sola forza di spinta sarebbe di 106kg e non 178kg
- Ovviamente la differenza di 72kg è dovuta alla forza dinamica implicata nell'accelerazione della massa impattata e non dal suo spostamento

Conclusioni

- Questo spostamento (affondo) in effetti potrebbe avvenire anche lentamente e ciò metterebbe fuori gioco completamente le forze dinamiche facendo diminuire drasticamente la potenza, sia quella d'impatto che quella trasmessa in profondità
- Nel colpo analizzato la mano arrivava a contatto ad una velocità di 7,48m/ s affondava nel bersaglio per 7,5cm in un tempo di 1/ 50 di secondo ed il picco di potenza si realizzava in meno di 1/ 100 di secondo dall'inizio.
- La potenza d'impatto è poi trasmessa in profondità dal moto ondulatorio (shock) dei tessuti, la fine efficace di questa trasmissione avviene in un tempo di circa 1/ 20 di secondo
- L'efficacia relativa alla quantità di potenza trasmessa in profondità risulta fortemente dipendente dalla massa d'impatto equivalente applicata nel **tempo utile di impatto** (che è all'incirca di 1/ 50s)

Conclusioni

- L'applicazione di grandi masse (sopra i 4-5kg) però non è più compatibile con il tempo utile d'impatto
- È stato infatti verificato che tecniche con masse d'impatto sopra ai 5kg non superavano mai i 3m/ s di velocità di contatto con un tempo d'impatto di 1/ 25 di secondo ovvero il doppio del tempo utile risultando così essere solo delle spinte prive di shock come d'altro canto era facile constatare a vista
- È stato evidenziato come praticanti di alto livello di maestria rispetto ai livelli più bassi producano colpi con maggiore efficacia ed efficienza
- Maggiore efficacia perché a parità di potenza di superficie ne trasmettono molta di più in profondità ed efficienza perché possono permettersi di trasferire la stessa potenza a partire da potenze di superficie inferiori

Appendici specialistiche

Trasmissione ondosa della forza d'urto

La forza d'urto della tecnica sotto il profilo ondulatorio

Abbiamo sin qui trattato il fenomeno dell'impatto della tecnica, prevalentemente sotto il profilo della **meccanica del corpo rigido** e questo in effetti ci ha permesso di comprendere le fondamenta dei concetti e delle leggi fisiche che lo governano.

Ma già abbiamo accennato a qualcosa, come le onde di pressione e giustamente non possiamo fare a meno, di metterle in causa, quando volessimo cogliere in maniera più esaustiva, il fenomeno che vede il trasporto della forza d'urto oltre i limiti del contatto.

Ricordiamoci sempre che una tecnica a mano nuda non raggiunge sempre direttamente gli organi interni come potrebbe fare un'arma da taglio, ma trasferisce a questi quasi sempre (escluso ovviamente le tecniche che producono ferite laceri contuse e fratture ossee) potenza indirettamente e prevalentemente tramite **onde di pressione longitudinali**.

E in particolare, il danno all'organo bersaglio dell'onda avviene generalmente per deflagrazione capillare o dei grossi vasi, qualora la sua potenza fosse molto alta.

È il contrario di ciò che avviene quando una forza esterna viene applicata direttamente al tessuto tramite un corpo contundente o da taglio, raggiunto il limite di rottura, dall'esterno verso l'interno il tessuto si separa perché le forze di legame molecolare sono superate dal carico concentrato che agisce dall'esterno, questo è valido egualmente quando il tessuto viene danneggiato dall'osso sottostante in un urto contundente.

Nel caso invece, che la potenza, sia trasportata dall'onda di pressione longitudinale, il tessuto viene leso dall'aumento impulsivo di pressione del liquido dei suoi vasi, che potendo superare il limite di resistenza a trazione di questi, inesorabilmente lo rompe dall'interno verso l'esterno.

*(bisogna subito ricordare che in un corpo liquido o gassoso, al suo interno si possono trasmettere solo onde longitudinali ovvero solo quelle onde la cui origine è una perturbazione, il cui spostamento è nella stessa direzione della propagazione dell'onda stessa. Mentre in un solido si possono trasmettere sia onde **longitudinali** che **trasversali**, ovvero anche quelle onde la cui perturbazione d'origine ha uno spostamento perpendicolare alla direzione di propagazione.*

*E' importante osservare che se pure all'interno di un liquido non si possono trasmettere onde trasversali, queste possono trasmettersi benissimo sulle superfici di separazione tra corpi di diversa densità, come sono appunto le condizioni interne del corpo umano. E' allora possibile che un'onda di pressione generata da un pugno al plesso solare possa dare origine ad uno **sciame ondulatorio** che pervade diversi tessuti, localizzati anche trasversalmente rispetto alla direzione del colpo)*

Dunque vale la pena vedere che cosa sia un'onda di pressione longitudinale e come questa può, trasportare potenza lontano dai confini in cui la forza applicata ha agito.

Per comodità di semplificazione e senza venire meno però ad una significativa rappresentazione, descriveremo il fenomeno ondulatorio nella maniera classica, delle oscillazioni meccaniche nei corpi elastici, consci ovviamente del fatto che ciò a solo valore qualitativo e non quantitativo.

Per l'analisi dei dati reali e una interpretazione esaustiva di tali tematiche, rimandiamo direttamente alla consultazione del comitato scientifico Shinan, che attualmente sta effettuando una ricerca specifica, su la forza d'urto, nelle sue varie manifestazioni.

Onde (il linguaggio matematico)

Un'onda è il risultato della perturbazione fisica di un mezzo, ad esempio il suono è la perturbazione fisica dell'aria, un sasso gettato in uno stagno genera delle onde sulla superficie ecc...

Per avere un'onda è necessaria una causa scatenante e affinché questa si propaghi e duri nel tempo durante la sua evoluzione il mezzo deve favorirne la propagazione e la proprietà fondamentale che permette questo è l'elasticità del mezzo stesso.

Dalla più elementare considerazione di piccole oscillazioni trasversali del **punto materiale** nella corda vibrante (tesa agli estremi con tensione T , lunghezza l e densità lineare $\rho(x)$) si ottiene dopo opportuni passaggi che non stiamo a rappresentare, l'equazione del moto del punto:

(equazione differenziale alle derivate parziali)

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T_0 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + F$$

se la densità ρ è costante ovvero se $\rho(x) = \rho$ si ha

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f$$

dove $f = F/\rho$ ed $a^2 = T_0 / \rho$

e che è appunto l'equazione d'onda unidimensionale.

Ovviamente le equazioni estese alle due dimensioni (vibrazioni di membrane) o alle tre (vibrazioni di corpi tridimensionali) saranno rispettivamente

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T_0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} \right) + F$$

che per ρ costante diventa

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} \right) + f, \quad a^2 = \frac{T_0}{\rho}, \quad f = \frac{F}{\rho}$$

e

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x_3^2} \right) + f$$

Nella situazione particolare, in cui dovessimo descrivere il comportamento oscillatorio di una **barra elastica** e per oscillazioni contenute entro certi limiti come potrebbe essere appunto il caso del Makiwara, potremmo usare

l'equazione delle piccole vibrazioni trasversali di una barra elastica:

$$\rho S \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(ES \frac{\partial u}{\partial x} \right) + F(x, t),$$

dove $S(x)$ è l'area della sezione trasversale della barra ed $E(x)$ è il modulo di elasticità di Young nel punto x .

E' importante precisare che per una descrizione univoca delle vibrazioni è necessario assegnare i valori dello spostamento u e della velocità u_t

all'istante iniziale (**condizioni iniziali**) e anche il regime di comportamento delle estremità (**condizioni di frontiera**).

Infatti per esempio, se l'estremità x_0 della corda o della barra si muove conformemente alla legge $\mu(t)$, si ha

$$u \Big|_{x=x_0} = \mu(t)$$

mentre se sull'estremità destra x_0 della corda agisce una forza data $v(t)$, si ha

$$\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_0} = \frac{v(t)}{T_0}$$

infatti in questo caso si ha:

$$T_0 \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_0} = T_0 \sin \alpha \Big|_{x=x_0} = v(t)$$

Se consideriamo poi che l'estremità destra x_0 sia elasticamente fissata ed α sia il coefficiente di rigidità del vincolo si ha:

$$E \frac{\partial u}{\partial x} + \alpha u \Big|_{x=x_0} = 0$$

conforme alla legge di Hooke.

Significato del moto ondoso

Il parametro che caratterizza l'onda è la frequenza ν , che ne identifica la proprietà di propagazione temporale e spaziale. Affinché un'onda si propaghi attraverso un mezzo è necessario che abbia una determinata frequenza, in caso contrario viene dispersa.

Abbiamo visto l'equazione d'onda essere:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + f$$

e se poniamo $\nabla^2 u = \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$

$$u = u(x, y, z, t)$$

dove ∇ è l'operatore differenziale nabra o gradiente e u è la funzione incognita dello spazio e del tempo.

E potendo esprimere f come $f(x, t)$ allora sarà:

$$f = P(x, y, z, t)$$

dove P è il termine forzante che dà luogo all'onda ed a^2 è un coefficiente tipico del mezzo di propagazione.

L'equazione si potrà scrivere nella forma più specifica di:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \nabla^2 u + P(x, y, z, t)$$

Se si identifica con u il campo di pressione generato dall'impatto di un pugno con il corpo ci si può riferire allora alla teoria delle onde per descriverne gli effetti.

Nell'impostazione attuale quindi a è il coefficiente che tiene conto delle caratteristiche fisiche del corpo e P è la pressione esercitata sulla superficie che è poi la causa scatenante dell'onda.

Il termine forzante

La pressione P è espressa come la forza della tecnica sulla superficie di impatto:

$$P(x, y, z, t) = \frac{F(x, y, z)}{S(x, y, z)}$$

dalla seconda legge della dinamica si ha:

$$F(x, y, z, t) = m(t) \cdot a(x, y, z, t)$$

Quindi la massa m è funzione del tempo

e l'accelerazione a è funzione dello spazio e del tempo, tenendo conto del cambio di velocità e di traiettoria nel corso dell'evoluzione della tecnica nell'impatto.

L'onda di pressione

La soluzione dell'equazione differenziale è un'onda caratterizzata dalla sua intensità e dalla frequenza.

Senza entrare nel dettaglio della soluzione si può subito esprimerla come:

$$u(x, y, z, t) = u_0(x, y, z) \cdot e^{j\omega t}$$

per $\omega = f(x, y, z, m)$

la frequenza che caratterizza l'onda è quindi funzione della massa. Variando la massa si può far variare la frequenza dell'onda e quindi se ne possono variare le caratteristiche di propagazione nello spazio e di conseguenza gli effetti che la tecnica produce.

Il problema centrale è quindi quello di innescare con la tecnica la frequenza o le frequenze che rendono possibile la propagazione dell'onda attraverso i tessuti del corpo.

La variazione della massa d'impatto permette di modificare la frequenza dell'onda generata andando a creare una serie di frequenze che mandano in risonanza il corpo colpito.

Il trasporto di energia e la potenza della tecnica

Se come parametro fondamentale dell'onda, perché sia possibile la sua propagazione in un mezzo, abbiamo detto essere la frequenza, sarà poi la reale potenza trasferita nella regione del mezzo che a noi interessa, come obiettivo della tecnica, a causare l'effetto.

Al campo di pressione dell'onda si può associare un trasporto di energia espresso come:

$$E = \iiint_v u_0(x, y, z) \cdot e^{j\omega t} \cdot dv$$

cioè l'integrazione sul volume interessato dalla sollecitazione.

La potenza della tecnica sarà quindi ricavabile come la variazione di energia nel tempo ovvero:

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \iiint_v \frac{\partial}{\partial t} (u_0(x, y, z) \cdot e^{j\omega t}) dv \\ &= - \iiint_v \nabla \cdot (u_0(x, y, z) \cdot e^{j\omega t}) dv \\ &= \iint_s u_0(x, y, z) \cdot e^{j\omega t} ds \end{aligned}$$

In pratica anche approfondendo le procedure di analisi, ricorrendo alla più corretta interpretazione ondulatoria del fenomeno della trasmissione indiretta della potenza della tecnica, l'importanza del fondamentale principio fisico quale quello della massa d'urto, rimane invariato e unico vero parametro che ci permette di gestire qualitativamente l'urto.

Si può affermare con certezza che l'importanza dell'Hara in tutte le sue espressioni tecniche non è un fenomeno tradizionale solo di tipo estetico, ma dal punto di vista fisico meccanico è determinante per realizzare il fine di efficacia di una tecnica, è quindi scientificamente consistente.

