



KATATE DORI TAI NO HENKO La Fisica

di Carlo Cocorullo

L'esercizio di base del *Tai no henko* (lett. variazione del corpo) è un esercizio di estrema importanza nel Takemusu Aikido; *Katate dori*, è la presa ad un polso con una mano in guardia opposta (*gyaku hanmi*).

In questo esercizio si percepisce il principio di rotazione, la sensazione di "vuoto" propria dell'arte dell'Aikido. Non a caso il Fondatore di quest'Arte O Sensei (Venerabile Maestro) Morihei Ueshiba, eseguiva e proponeva questo esercizio ogni lezione, ogni giorno di pratica. In particolare questo esercizio è alla base di ogni tecnica *ura*, ovvero in cui, chi esegue la tecnica (*tori*) fa ruotare intorno a se stesso, al proprio asse, l'attaccante (*uke*).





E' di estrema importanza che durante l'esercizio di *Katate dori Tai no henko* la presa di *uke* sia forte e stabile.

Un sistema di punti che mantengano la distanza reciproca viene chiamato **corpo rigido**; ovviamente questa è sempre una semplificazione per permetterci di trattare alcune caratteristiche del moto di un corpo. Per questo è necessario che il corpo sia inestensibile e non elastico.

Se i due corpi si piegano in avanti, durante l'esercizio oppure hanno una presa morbida, che scivola, oppure si muovono in modo elastico, variando l'estensione del braccio, non è possibile comprendere e **sentire** questo principio, bisogna essere rilassati, strutturalmente vincolati, mantenendo la distanza iniziale senza più variarla.

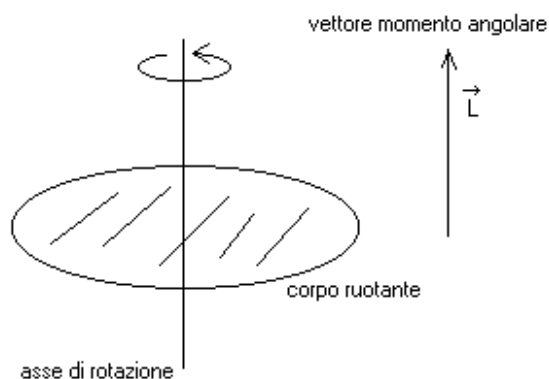
In altre parole non devo allungare il braccio, né come *tori* né come *uke* affinché il sistema non diventi elastico.

Senza tirare e senza spingere: non variando le distanze tra i punti, la risultante delle forze interne al sistema è nulla e quindi eventuali variazioni dell'energia cinetica durante il moto sarebbero dovute solo alle forze esterne. **Non devo spingere, altrettanto, né in basso né in alto.**

Cosa sta succedendo: innanzitutto stiamo "trasmettendo energia" sotto forma di lavoro, inoltre stiamo usando un principio fisico universale.

E' necessaria una premessa poiché ci sono diversi concetti da mettere in campo.

Il **momento angolare** polare (o momento della quantità di moto) o impulso angolare rispetto ad una determinata origine (detta anche polo) è definito come il prodotto vettoriale tra il vettore posizione (rispetto alla stessa origine) e il vettore quantità di moto. Si tratta di una **grandezza vettoriale** che ha direzione coincidente con l'asse di rotazione, verso definito dall'avanzamento di una vite destrorsa che segue la rotazione e intensità pari al valore indicato da: $\vec{L} = I \cdot \omega$





La **conservazione del momento angolare** è una importante legge fisica, che può essere così formulata: il momento angolare L di un sistema è costante nel tempo se è nullo il momento delle forze esterne che agiscono su di esso.

Il principio di conservazione del momento angolare è di fondamentale importanza. Tramite esso si possono comprendere importanti fenomeni naturali anche a livello cosmico.

Esempi :

- 1 - il pattinatore.

Sappiamo che se un pattinatore allarga le braccia, la sua velocità angolare di rotazione diminuisce, mentre se le chiude, la velocità aumenta. Ciò dipende dal fatto che il momento d'inerzia di un corpo dipende dalla sua massa e da come essa è distribuita (in modo che se la massa è più distante dall'asse di rotazione il momento d'inerzia aumenta) per cui, quando il pattinatore allarga le braccia, il suo momento d'inerzia aumenta, mentre quando le chiude diminuisce. Essendo il momento angolare uguale al prodotto del momento d'inerzia per la velocità angolare e dovendo esso, poiché il momento risultante delle forze applicate (forza di gravità e reazioni vincolari) è nullo, conservarsi, quando il pattinatore allarga le braccia il suo momento d'inerzia aumenta e quindi, perché il momento angolare non vari, occorre che la velocità angolare diminuisca. Viceversa, quando egli stringe le braccia, il suo momento d'inerzia diminuisce così che la velocità angolare deve aumentare perché il momento angolare rimanga ancora costante.

- 2 - il tuffatore

allo stesso modo del pattinatore, il tuffatore, rannicchiandosi, diminuisce il proprio momento d'inerzia rispetto all'asse di rotazione passante per il baricentro, quindi aumenta la propria velocità angolare e di conseguenza ruota più velocemente. Anche in questo caso il momento risultante delle forze esterne (forza di gravità) è nullo.

- 3 - la ruota di bicicletta

perché andando in bicicletta, a velocità piccole è più difficile stare in equilibrio ? A velocità piccole, il momento angolare delle ruote è piccolo (esso è proporzionale alla velocità angolare) per cui piccole sollecitazioni esterne fanno sì che l'equilibrio si rompa.



A grandi velocità, invece, il momento angolare è grande per cui dette sollecitazioni non riescono a disturbare l'equilibrio. Questo si dimostra facilmente tenendo in mano un asse su cui ruota una stessa ruota di bicicletta. Se la velocità della ruota è grande si fa molta fatica a modificare l'orientazione dell'asse.

- 4 - la rotazione terrestre

la terra, come ogni pianeta e satellite, ruota attorno ad un asse (anche le galassie ruotano, lentissimamente attorno ad un proprio asse!). Questa rotazione è uniforme e costante proprio a causa del principio di conservazione del momento angolare. E' proprio grazie a questo principio che il giorno dura (per fortuna) sempre 24 ore (circa). In effetti questa rotazione non è perfettamente costante (in natura non esiste la perfezione!). Essa è disturbata da vari fattori (la asimmetria della distribuzione della massa, il "disturbo" apportato dalla luna (maree), ecc.). Questi disturbi sono deboli perché la terra non è soggetta ad alcun momento di forza considerevole, dato che la retta d'azione della forza gravitazionale esercitata dal sole e dalla luna passa per il centro della terra.

Il **momento di inerzia** è una grandezza fisica utile per descrivere il comportamento dinamico dei corpi in rotazione attorno ad un asse. Tale grandezza tiene conto di come è distribuita la massa del corpo attorno all'asse di rotazione e dà una misura dell'inerzia del corpo rispetto alle variazioni del suo stato di moto rotatorio.

Inerzia

Possiamo fare un paragone con la nota formula $\vec{F} = m \times \vec{a}$ e possiamo notare che, mentre la massa inerziale (in approssimazione, quando il centro di massa coincide con il baricentro, il peso) è la misura dell'opposizione del corpo alla modifica del suo stato di moto, il momento d'inerzia è l'opposizione del corpo allo stato di rotazione. La differenza fondamentale è che mentre la massa è una quantità **definita** del corpo, il momento d'inerzia dipende dalla scelta dell'asse di rotazione. In altre parole, una piramide posta sulla punta o meglio una trottola, è maggiormente predisposta alla rotazione (cfr. corpo instabile) rispetto ad un cubo. Lo stesso cubo ponendolo su di uno spigolo è molto più predisposto alla rotazione e incrementa il suo momento di inerzia.

Quello che possiamo notare è che la componente del momento angolare lungo l'asse di rotazione dipende dalla forma del corpo, cioè dalla posizione dei singoli punti rispetto all'asse di rotazione ed un coefficiente che è proprio di ogni corpo.

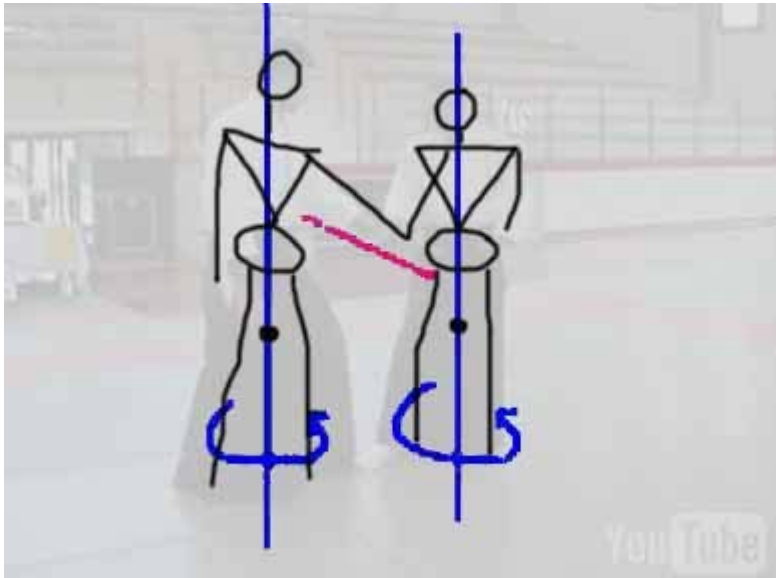


Takemusu Aikido Mantova



C.O.N.I. - F.I.J.L.K.A.M.

Federazione Italiana Judo Lotta Karate e Arti Marziali



Nel caso in cui L - ω ovvero quando l'asse di simmetria coincide con l'asse di rotazione allora , ovvero questa rotazione (il superamento del momento di inerzia) non necessita di energia. Che cosa vuol dire in parole povere? Che devo trasferire la rotazione da un asse ad un altro. Ma come faccio? Senza sforzo?

Ho due assi di rotazione, quello di *tori* e quello di *uke*.



Dobbiamo vincolare i due corpi a formare un solo **corpo rigido**.



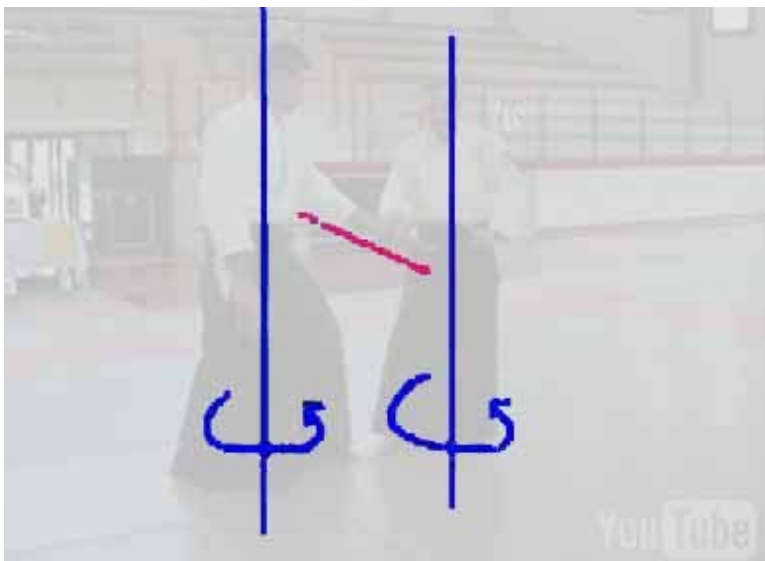
Takemusu Aikido Mantova



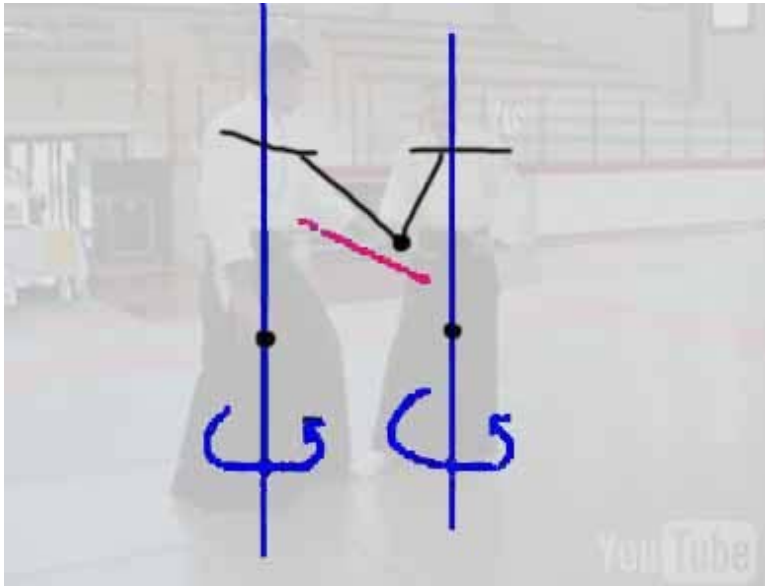
C.O.N.I. - F.I.J.J.K.A.M.
Federazione Italiana Judo Lotta Karate e Arti Marziali



Notare come la mano del Maestro prenda letteralmente il posto della mano di *uke*

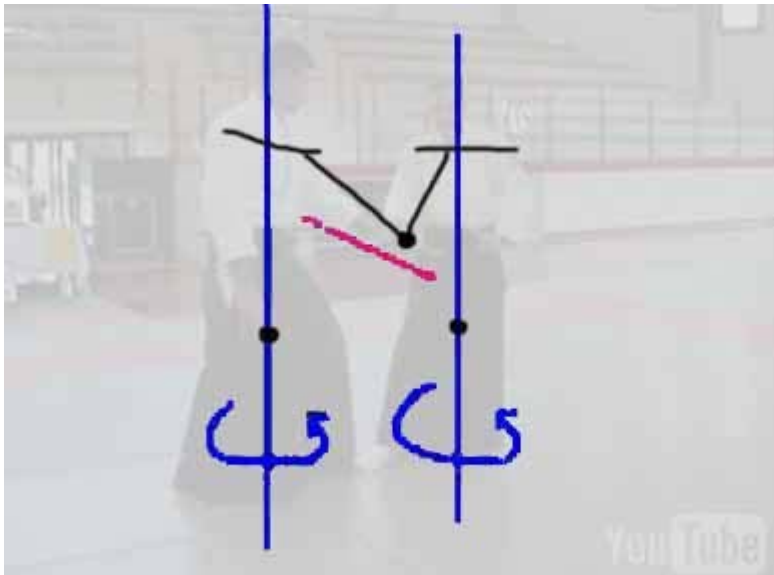


Quindi analizzando il centro di massa e il momento di inerzia e, ricordando che tale grandezza tiene conto di come è distribuita la massa del corpo attorno all'asse di rotazione, questa dà una misura dell'inerzia del corpo rispetto alle variazioni del suo stato di moto rotatorio.



Cosa dobbiamo ottenere: possiamo scomporre il moto di un corpo rigido in due tipi di moto, uno traslatorio ed uno rotatorio. La traslazione è legata alla velocità del centro di massa e la rotazione alla velocità angolare.

La traslazione è legata alla velocità \vec{v}_{CM} del centro di massa e la rotazione alla velocità angolare $\vec{\omega}$.



Eliminando la componente traslatoria ottengo il trasferimento totale della rotazione.



Takemusu Aikido Mantova



C.O.N.I. - F.I.J.L.K.A.M.

Federazione Italiana Judo Lotta Karate e Arti Marziali



Il corpo di *uke* (il suo asse) riceve la rotazione dell'asse del Maestro.

Ma è doverosa una ulteriore spiegazione. Infatti, nel momento in cui viene vinta l'inerzia iniziale, l'asse di rotazione si trasferisce nel punto di contatto.

Per cui *uke* non sente una spinta a ruotare su se stesso ma piuttosto, **ed è fondamentale**, la sensazione è quella di ruotare intorno ad un nuovo asse.

Quando l'asse di rotazione non passa dal centro di massa del corpo il calcolo del momento d'inerzia potrebbe essere complicato in quanto vengono meno le condizioni di simmetria.



Takemusu Aikido Mantova



C.O.N.I. - F.I.J.L.K.A.M.

Federazione Italiana Judo Lotta Karate e Arti Marziali

Ma per fortuna ci viene in aiuto il teorema di Huygens-Steiner che ci dice che il momento d'inerzia di un corpo rispetto ad un asse che si trova ad una distanza d dal centro di massa è dato da $I = I + m * d^2$!!! Ovvero al quadrato della distanza.

Per questo l'avvicinamento iniziale di *tori* è l'avvicinamento dei due assi.

Ed è necessario un minimo spostamento perché anche soli 50 cm. aumentano di 2,5 volte l'effetto $((0,5 \text{ m.})^2 = 2,5 \text{ m})$

Per assurdo: se, prevaricando l'impenetrabilità dei corpi, io potessi prendere il posto di *uke* e iniziassi semplicemente a ruotare, non aumento l'inerzia ovvero la “disposizione a ruotare”. Allora, indipendentemente dalla somma del peso dei due corpi, inizio a ruotare e, superando la mia Inerzia, supero anche quella di *uke*.

Approfondimenti:

http://it.wikibooks.org/wiki/Fisica_classica/Dinamica_del_corpo_rigido

<http://www.arrigoamadori.com/lezioni/TutorialFisica/MomentoAngolare/MomentoAngolare.htm>

http://it.wikipedia.org/wiki/Momento_angolare