

Analisi Biomeccanica: Il drag-flick nell'Hockey su Prato

Quali meccanismi agiscono?



Prof.ssa Valentina Camomilla
Corso di Laurea Triennale:
Scienze Motorie e Sportive
Curriculum 2
A.A. 2023/2024

Studente: Filippo Treno (G.O.S.A.L.)

La tecnica del Drag Flick



L'analisi del Drag Flick

Terzo principio della dinamica

Impulso frenante e propulsivo

Primo principio della dinamica

Forza di attrito statica

Forza di attrito dinamica

Teorema dell'impulso

Secondo principio della dinamica

Moto parabolico

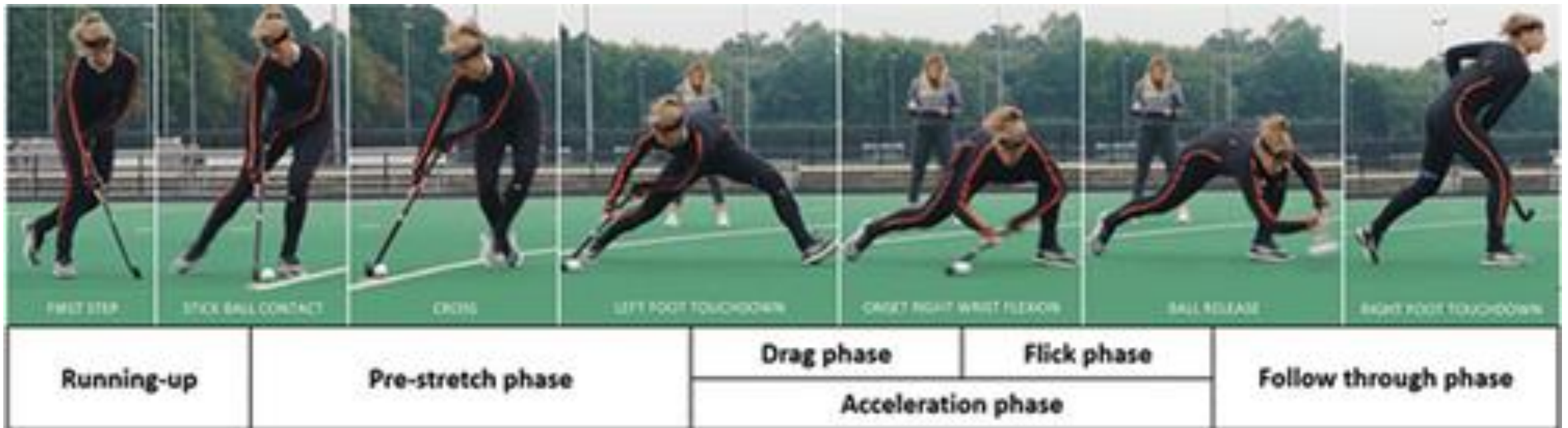
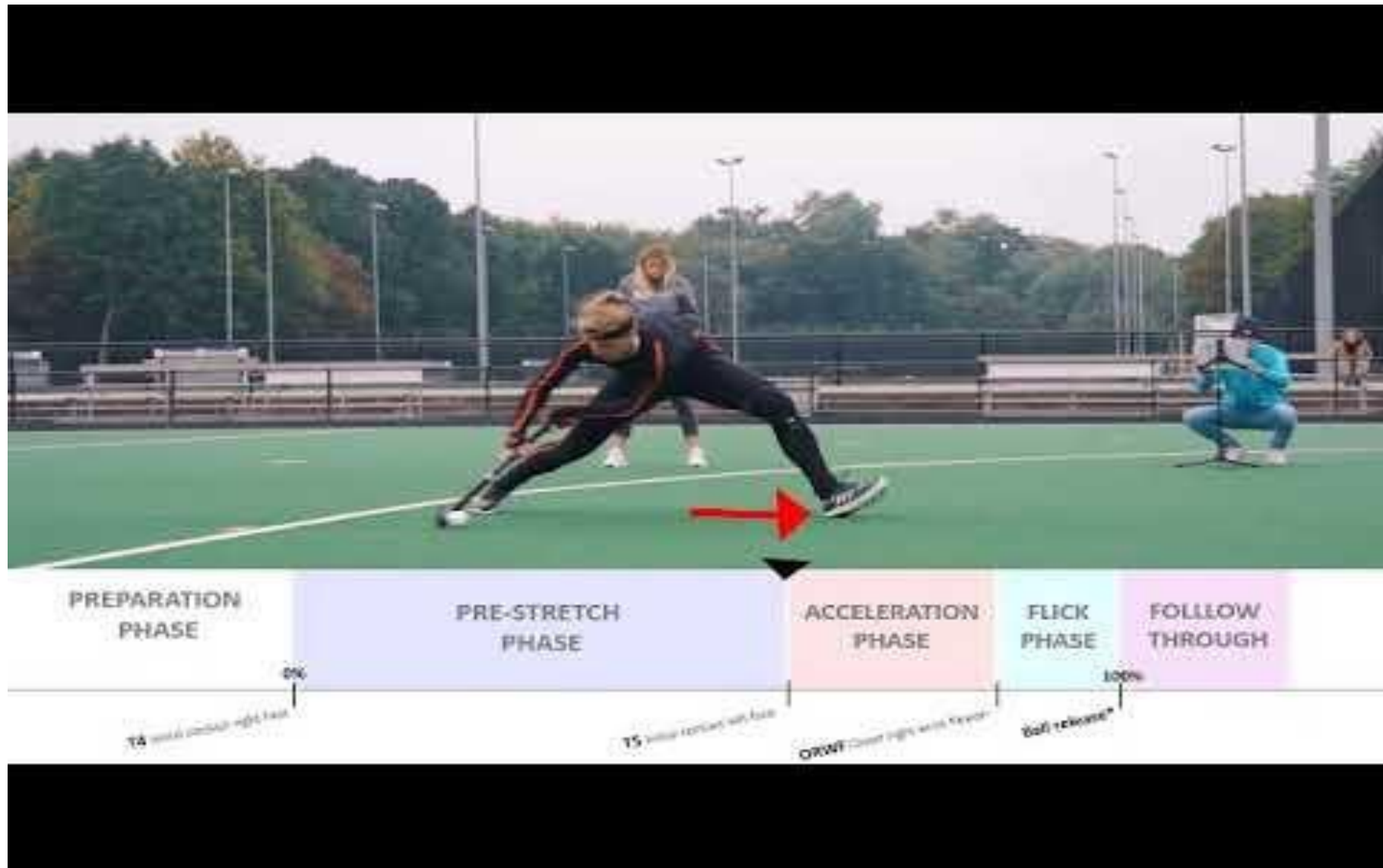


Figura 1, fasi ti tiro - Ladru B. et al. review 2023

Il movimento del Drag-Flick



Video 1, fasi ti tiro - Ladru B. et al. review 2023

RUNNING-UP

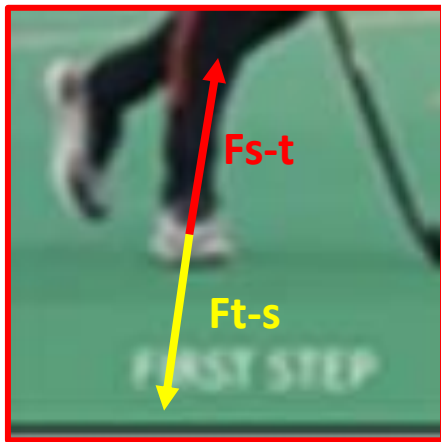


Figura 2, fase iniziale del Running-up

Il drag-flicker partendo da fermo si avvicina alla pallina. Step fondamentale per prendere la rincorsa necessaria per poi trascinare ed infine spingere la pallina con l'adeguata energia. L'ottimizzazione di questo step è dovuto a parametri come la posizione di partenza del drag-flicker, la distanza che il tiratore sceglie di tenere dalla pallina e dalla forza che esercita sulla superficie del campo in presenza di un adeguato attrito fra il suolo e le sue calzature.

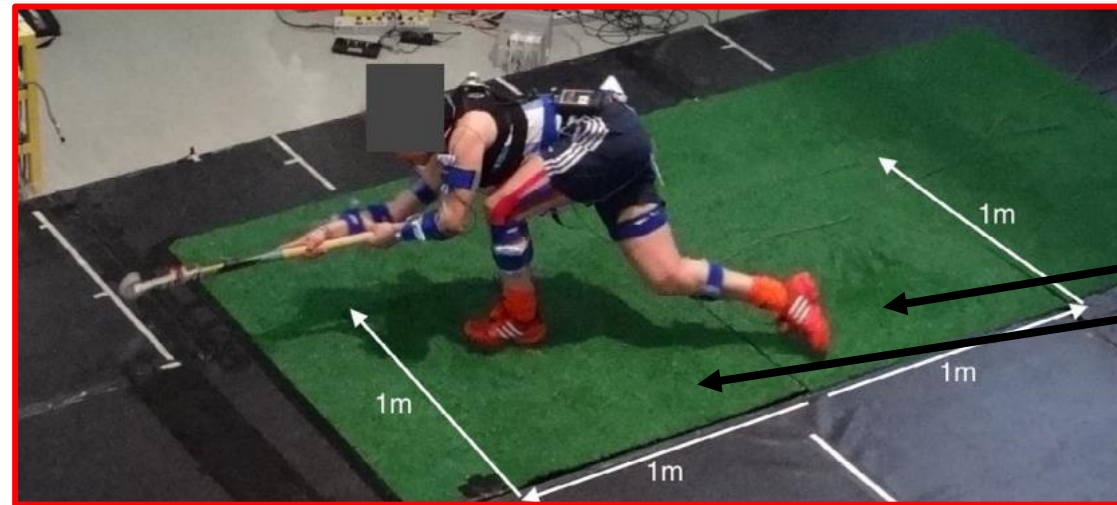
Terzo principio della dinamica: Ad ogni forza corrisponde una forza uguale e contraria

La forza che il suolo esercita sul tiratore, indicata in figura 3 come **F_{s-t}** corrisponde alla forza con cui poi il tiratore riuscirà a spingersi partendo con la rincorsa. Tale forza è determinabile sfruttando il terzo principio della dinamica, secondo cui **F_{s-t}** sarà di uguale intensità e direzione, ma verso opposto a quella che il tiratore esercita sul suolo, **F_{t-s}** . La forza esercitata dalla persona sul suolo è misurabile ponendo sotto ai piedi del drag-flicker delle opportune pedane di forza (figura 4), come riportato da Ibrahim et al.2016



F = forza
t = tiratore
S = suolo

Figura 3, start

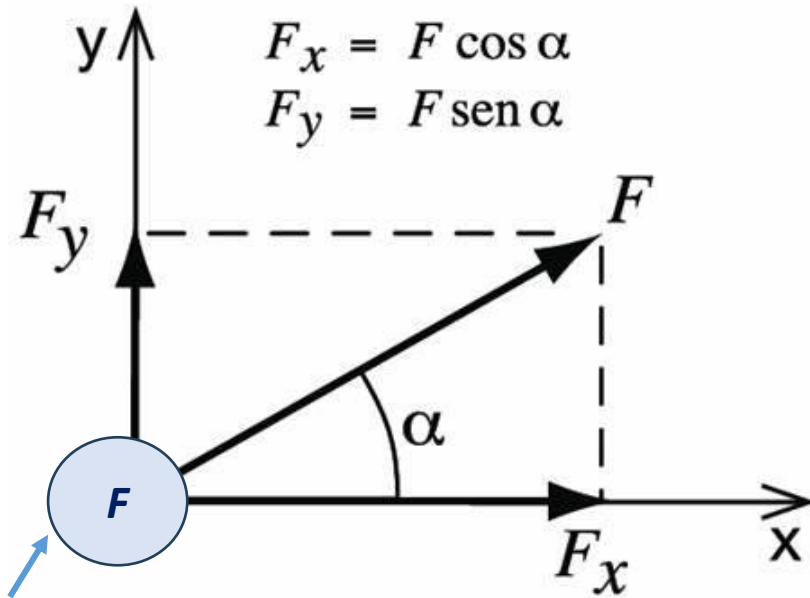


Strumenti :
pedane di forza,
marker, tel. Alta
frequenza, filtri.

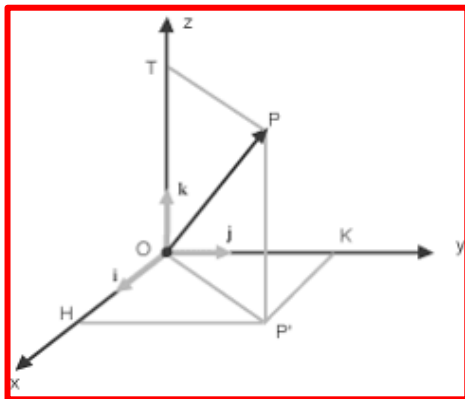
Force-plates

Figura 4, pedane di forza (da Ibrahim et al.2016)

Scomposizione della forza, regola del parallelogramma



Punto di applicazione della spinta
ad opera del piede



Scomposizione
delle forze
ottenuta
attraverso
l'utilizzo di una
pedana di forza
a tre assi.

Tutti i sistemi di locomozione si basano sul terzo principio della dinamica. Il piede spinge a terra, la risultante del suolo equivalente alla spinta impressa dal piede ha una componente orizzontale ed una verticale.

La spinta del piede deve essere obliqua in modo da minimizzare la componente verticale e massimizzare la componente orizzontale. (E di conseguenza l'attrito col suolo ci consente di avanzare). La sola componente verticale porterebbe il soggetto a saltare, mentre è unicamente la componente orizzontale a trasferirsi al movimento della pallina.

Alcune pedane di forza sono in grado di misurare non solo la componente verticale della forza, ma anche le componenti sull'asse x e z. (figura 4)

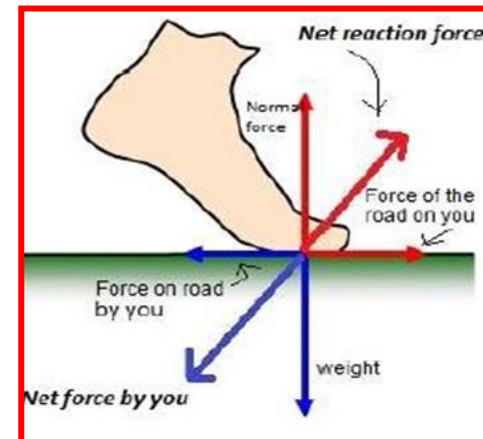


Figura 5

PRE-STRETCH PHASE

Il tiratore entra in contatto con la pallina, il corpo e gli arti inferiori superano la posizione della pallina così da consentire l'inizio della fase di trascinamento. Durante la fase di pre-stretch il tiratore deve necessariamente abbassare il proprio centro di massa per massimizzare il contatto tra bastone e pallina e quindi la spinta che verrà completata nei due successivi step. La fase di trascinamento è fondamentale per riuscire ad imprimere un'adeguata accelerazione alla pallina. Questo movimento consentirà al tiratore di posizionarsi nel modo migliore per poi iniziare la vera e propria fase di spinta. **Cruciale è il ruolo del piede sinistro**, che farà da perno nella fase di accelerazione ed alla fine di questo step sarà responsabile della spinta del corpo in avanti.

ACCELERATION PHASE e FLICK

Durante la fase di accelerazione il tiratore inizia effettivamente a fornire la spinta alla pallina, con la quale poi verrà scagliata verso la porta.

In questo step diventa significativo il ruolo di:

- Impulso frenante, impulso di propulsione
- Forza di attrito statica
- Forza di attrito dinamica
- Tempo di tiro



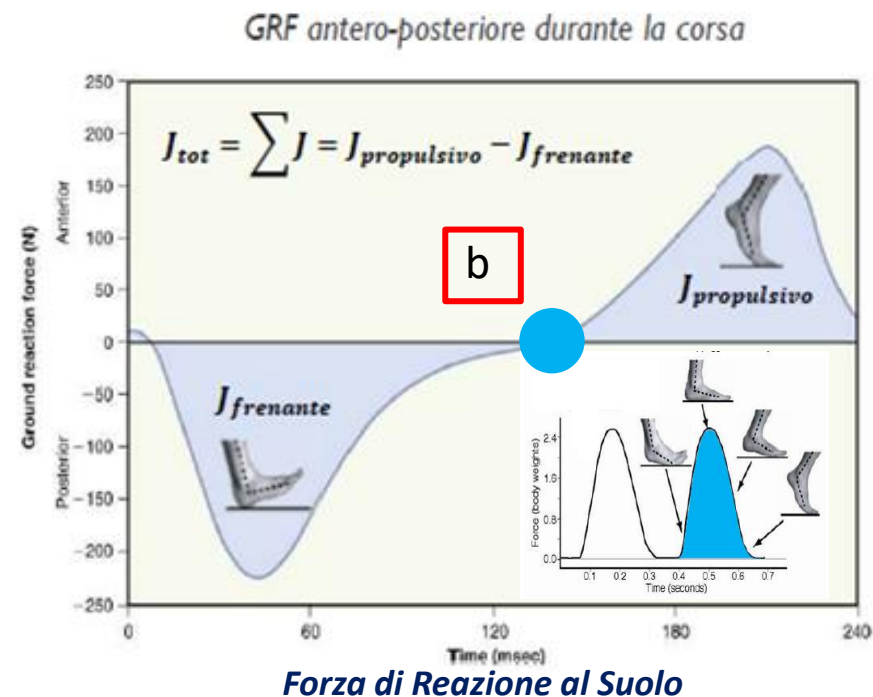
Figura 6



Figura 7



Figura 8



Terzo principio della dinamica: Ad ogni forza corrisponde una forza uguale e contraria

Primo principio della dinamica: la sommatoria delle forze agenti su un corpo in stato di quiete o di moto rettilineo uniforme è pari a zero. $\sum F = 0$

L'impulso di una forza descrive la quantità di forza esercitata in un dato intervallo di tempo **$J = F \Delta t$** .

Forze di intensità minima, se agiscono per molto tempo, possono produrre impulsi considerevoli. In modo analogo, forze elevate, se applicate per intervalli di tempo brevi, possono produrre impulsi considerevoli = **forze impulsive**.

Nel punto di intersezione **b**, la sommatoria delle forze è uguale a zero. Se osserviamo, ad esempio, l'andamento della componente antero-posteriore della forza di reazione al suolo, possiamo notare che esistono un **impulso negativo**, detto frenante (corrispondente al tratto di curva di ground reaction force GRF negativo) e un **impulso positivo**, detto propulsivo (corrispondente al tratto di curva di GRF positivo)

ACCELERATION PHASE

Attrito statico

La fase di pre-stretch si conclude con il piede sinistro del tiratore che arriva a terra, avviando la fase di accelerazione con il piede che viene **appoggiato** saldamente al suolo, diventando il **punto perno** per riuscire a darsi lo slancio con il resto del corpo con l'inizio della fase di accelerazione. Se il piede di appoggio scivolasse (**traslando**) durante questo step, l'efficienza di tutto il meccanismo del tiro verrebbe meno. Affinché il piede di appoggio rimanga saldo, e quindi fermo, possiamo valutare le condizioni in cui forze che vi agiscono garantiscono un equilibrio del corpo, ovvero fino a che è soddisfatto il primo principio della dinamica.

Primo principio: la sommatoria delle forze agenti su un corpo in stato di quiete o di moto rettilineo uniforme è pari a zero.
 $\Sigma F = 0$

Le forze che agiscono sul piede di appoggio in questa analisi del movimento sono:

- la forza peso del tiratore diretta perpendicolarmente al suolo e verso il basso, **F_p** in figura 9;
- la forza di reazione con cui il suolo spinge il tiratore. Come spiegato in precedenza, per il terzo principio della dinamica, essa corrisponde alla forza con cui il tiratore spinge verso il suolo, mantenendone la direzione ed il modulo ma il verso opposto. La forza di spinta del suolo sul tiratore è quindi rivolta verso l'alto con un **angolo dipendente dall'inclinazione della gamba** del tiratore stesso. In base a ciò la forza di spinta del suolo, **F_s** potrà essere la risultante della sua componente verticale **F_{s-Y}**, disposta con stessa direzione ma verso opposto di **F_p**, e di quella orizzontale **F_{s-X}** disposta parallelamente al terreno;
- la forza di attrito statico **F_a**; corrisponde alla forza che è necessario vincere per mettere in moto un corpo da fermo ed è orientata orizzontalmente con verso opposto a **F_{s-X}**. Il valore della forza di attrito statico è data dalla seguente formula:

$$F_a = \mu_s \times F_y$$

μ_s rappresenta il coefficiente di attrito statico ed è costituito da un valore adimensionale (senza unità di misura) che dipende solo dai materiali delle calzature e dalle superfici coinvolte, mentre **F_y** costituisce la risultante delle forze verticali agenti sul corpo. In questo specifico caso **F_y** coincide con la **F_{s-Y}**, la componente verticale della forza di spinta del suolo sul tiratore in quanto unica forza agente sulla direzione verticale positiva.

ACCELERATION PHASE e FLICK

Attrito statico

F_s = forza spinta terreno/giocatore

$F_s - Y$ = componente verticale F_s

$F_s - X$ = componente orizzontale F_s

F_p = forza peso

F_a = forza attrito statico

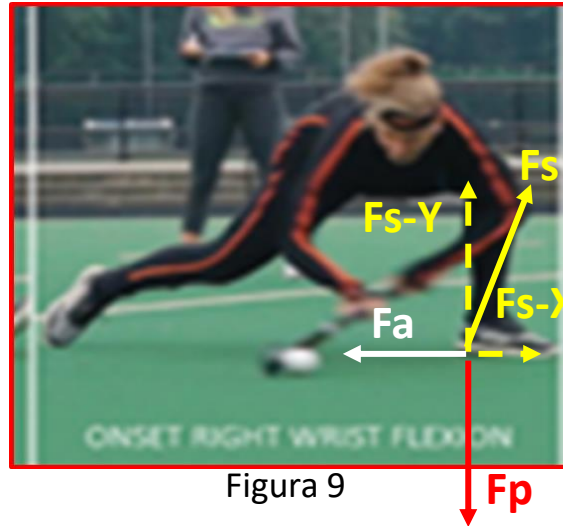
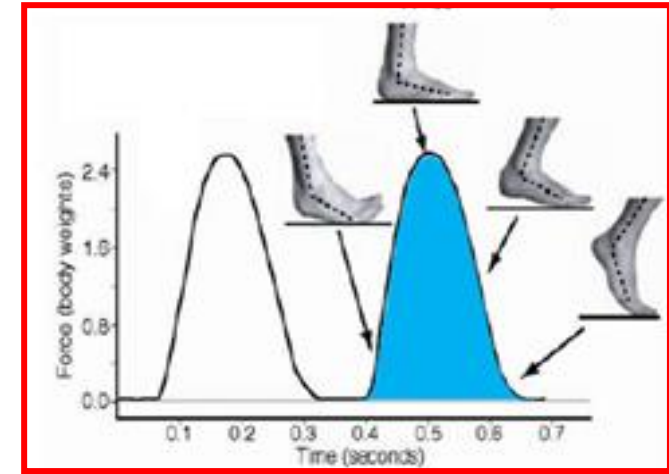


Figura 9



Affinché la sommatoria delle forze illustrate agenti sul piede di appoggio sia zero è necessario che le forze orientate verticalmente si annullino fra di loro così come quelle orientate orizzontalmente. Le forze verticali F_p e $F_s - Y$ risulteranno sempre annullarsi a vicenda, ovvero con uguali modulo e sulla stessa direzione ma con verso opposto, dato che il movimento compiuto del tiratore non è strutturato per consentire al corpo di avere una spinta verso l'alto. (condizione realizzabile se $F_s - Y$ fosse maggiore di F_p). La situazione è diversa sull'asse orizzontale: la forza di attrito dipende solo da $F_s - Y$ che si controbilancia alla forza peso del tiratore e dal coefficiente di attrito tra il suolo e le calzature del tiratore.

Il valore della forza di attrito è quindi «fissato» per ogni sistema che viene analizzato. Diventa quindi cruciale l'intensità della componente orizzontale della forza di spinta del terreno sul giocatore, $F_s - X$. Fintanto che questa uguaglia la forza di attrito statico sul piede di appoggio sarà rispettato il primo principio della dinamica e la sommatoria di tutte le forze agenti sul piede risulterà in equilibrio e pertanto rimarrà saldo a terra. Tuttavia in questo specifico caso non è strettamente necessario che la sommatoria delle forze sull'asse orizzontale sia esattamente 0: dato che F_a è una forza da vincere per mettere in moto un corpo, fintanto che $F_s - X$ sarà minore di F_a il piede non traslerà. Se però $F_s - X$ dovesse superare F_a allora l'equilibrio cessa di esistere ed idealmente il piede di appoggio potrebbe iniziare un moto con velocità non costante che nella realtà dei fatti corrisponde ad una traslazione con la perdita completa dello slancio.

Il ragionamento applicato a questa situazione è lo stesso che si potrebbe applicare alla situazione di partenza in cui si utilizza il piede di appoggio per dare inizio alla spinta durante il *running-up*. Tuttavia questo secondo caso di arresto è più critico in quanto il giocatore in movimento deve riuscire a fermare saldamente il piede di appoggio che agisce da perno per completare il movimento di spinta senza scivolare.

ACCELERATION PHASE

Attrito dinamico

$$F_{ad} = \mu_d \times F_y$$

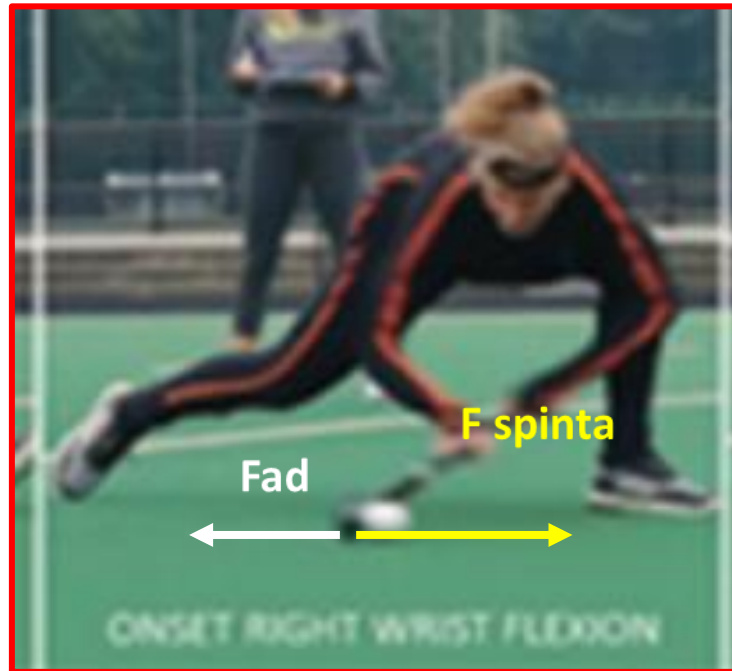


Figura 10

La forza di attrito dinamico (FAD) rappresenta la forza di attrito che agisce su corpi che sono in movimento. Strutturalmente la formula della F_{ad} coincide con quella di attrito statico ma il coefficiente di attrito dinamico ha un valore differente da quello di attrito statico. Solitamente a parità di superficie e materiali in esame $\mu_d < \mu_s$. Anche per mettere in moto la pallina sarà necessario vincere una forza di attrito statico ma più significativo in questo step è l'attrito dinamico. Infatti un elevato attrito tra il sistema bastone-suolo e pallina-suolo può inficiare pesantemente sulla buona riuscita del corner corto, impedendo al tiratore di imporre la velocità giusta ed efficace per riuscire a segnare un goal. Nel caso specifico dei campi di hockey intasati ad acqua l'attrito diventa realmente un problema in giornate molto calde, ventose o con sole battente; in Condizioni di campo secco infatti la corretta esecuzione di un corner corto è messa a dura prova e può essere compromesso.

ACCELERATION PHASE e FLICK



Figura 11

Tempo e impulso

Il tempo che si impiega ad eseguire il movimento di spinta della pallina ne influenzerà la velocità finale. Questo è razionalizzabile attraverso la definizione della grandezza fisica dell'**impulso**.

$$\text{Impulso} = F \times \Delta t$$

Si evidenzia che una forza applicata per un intervallo di tempo diverso genera un diverso impulso. A spiegare come questa grandezza sia correlabile alla velocità acquisita dalla pallina interviene il teorema dell'impulso.

l'impulso originato da una forza applicata su un corpo corrisponde alla variazione della quantità di moto del corpo.

$$\text{Impulso} = F \times \Delta t = \Delta p$$

La quantità di moto, generalmente indicata con p , è una grandezza vettoriale il cui modulo è definito in ogni istante dal prodotto della massa di un corpo per la sua velocità.

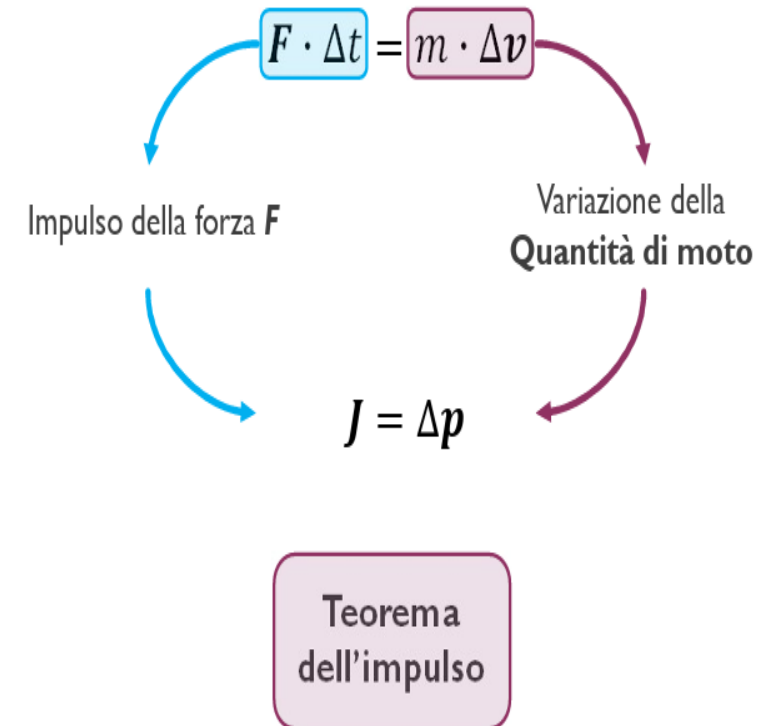
$$P = \text{massa} \times \text{Velocità}$$

Secondo principio della dinamica

Una forza applicata ad un corpo libero di muoversi produce una accelerazione direttamente proporzionale alla forza ed inversamente proporzionale alla sua massa

$$F = m \times a$$

F = Forza applicata su un corpo
 Δt = intervallo di tempo durante il quale agisce la forza
 m = massa Δv = variazione di velocità



ACCELERATION PHASE

Tempo e impulso

La variazione della quantità di moto, Δp , sarà definita come: $\Delta p = (m \times V_f) - (m \times V_i)$

m = massa del corpo

V_i = velocità iniziale del corpo

V_f = velocità finale del corpo

Nella specifica situazione di un tiro di drag flick su corner corto, in cui la forza viene applicata sulla pallina, si deve considerare che questa parte da ferma e cioè la sua velocità iniziale è pari a 0 così come la sua quantità di moto iniziale.

L'impulso sarà quindi direttamente correlato alla velocità finale della pallina, ovvero quella che la pallina assume una volta che la forza cessa di agire e quindi inizia la flick-phase in cui la pallina si scaglia verso la porta.

$$\text{Impulso} = F \times \Delta t = m \times V_f$$

Lo scopo del corner corto è quello di riuscire a tirare direttamente verso la porta dell'avversario nel minore intervallo di tempo possibile così che la squadra in difesa sia in una reale condizione di svantaggio e non riesca ad impedire il tentativo di segnare un goal.

Di conseguenza per massimizzare l'impulso, considerando di svolgere il movimento nel minor tempo possibile, diventa fondamentale la forza che il giocatore riesce ad imprimere alla palla durante la fase di spinta.

La forza agente sulla pallina non è solamente quella di spinta del tiratore perché come abbiamo esplicitato in precedenza siamo anche in presenza della forza di attrito dinamico. (poco rilevante in condizioni ottimali)

Per comprendere il valore del modulo dell'impulso dovrà essere considerata la risultante delle forze tra la forza di spinta del tiratore e l'attrito dinamico.

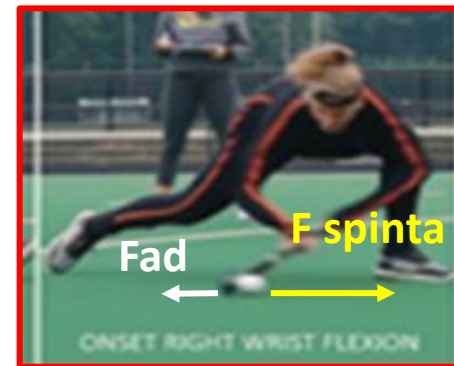


Figura 12

FOLLOW THROUGH PHASE



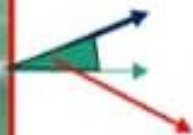
Figura 13

La follow through phase è l'ultimo step del corner corto, in cui il tiratore sfrutta tutto il movimento del corpo per «accompagnare» la pallina in direzione della porta. Nel momento in cui la pallina si stacca dal bastone la forza di spinta del tiratore cessa di agire su di essa. La velocità che la pallina acquisisce durante la spinta è quella iniziale del suo nuovo moto verso la porta, in particolare tale moto può essere descritto con il modello del moto parabolico.



FLICK PHASE

Vettore della velocità
di partenza della pallina



Angolo con cui la pallina
parte rispetto alla
direzione orizzontale

Figura 14



Figura 15

FLICK END FOLLOW THROUGH PHASE

Moto parabolico (a due dimensioni)

Secondo la scienza balistica, Il moto parabolico della pallina compie una traiettoria bidimensionale; ovvero il vettore velocità avrà una componente sull'asse verticale Y e una su quello orizzontale X, in relazione a V e all'angolo con cui la pallina viene lanciata rispetto al suolo.

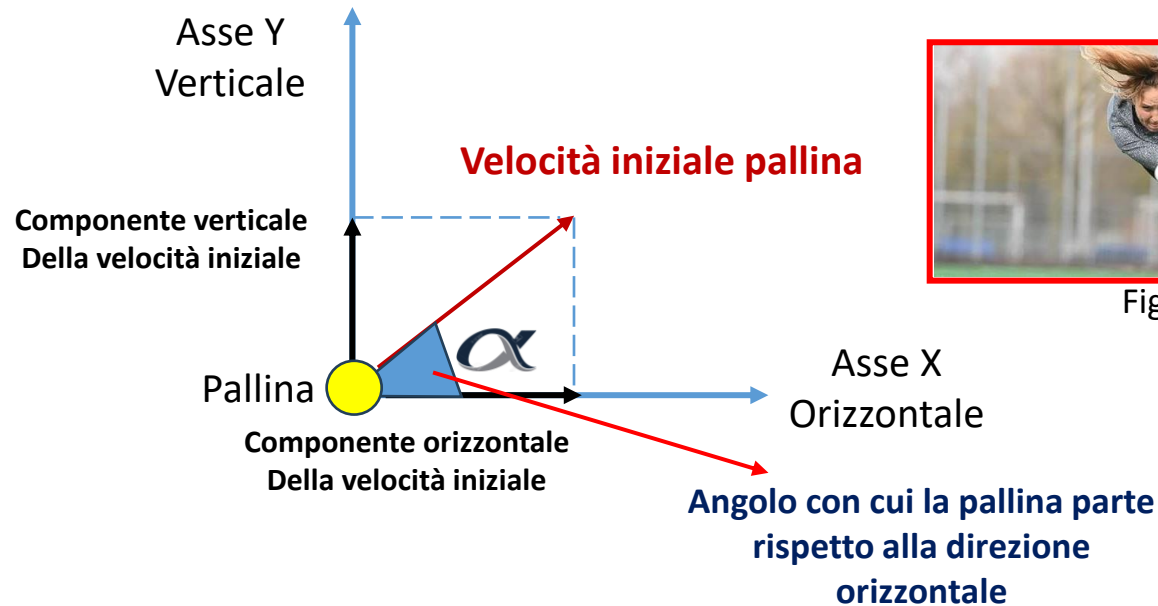
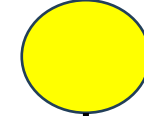


Figura 16

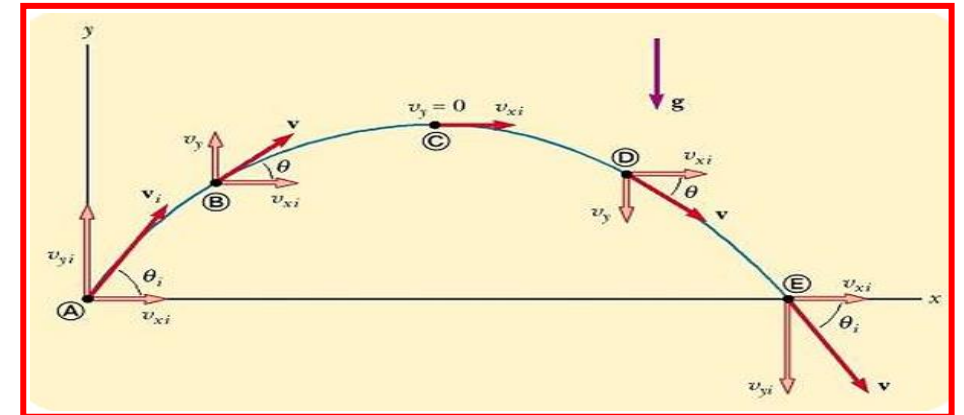
Pallina



$$h_{\max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\text{Gitt. } R = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\text{Forza peso} = m \times g \text{ (9,81m/s}^2\text{)}$$



L'unica forza che agisce sulla pallina durante il suo moto è la **forza peso**. Essa è il prodotto tra la massa e l'accelerazione di gravità ed è disposta perpendicolarmente al suolo, ovvero agisce unicamente sull'asse verticale. Dato che l'unica forza agente sulla pallina è diretta verticalmente, si ha che il corpo sull'asse verticale seguirà un moto uniformemente accelerato in cui l'accelerazione coincide con quella di gravità. Sull'asse orizzontale invece non ci sono forze risultanti agenti per cui la pallina compirà un moto rettilineo uniforme muovendosi con velocità pari a quella iniziale.

Bibliografia:

Ladru B, Beddows T, Langhout R, Gijssel M, Tak I. Whatt biomechanical parameters are related to drag-flick performance in field hockey? A systematic review”. Sports Biomechanics. 2023

Rony Ibrahim, Gert S. Faber, Idsart Kingma & Jaap H. van Dieën. Kinematic analysis of the drag flick in field hockey. Sports Biomechanics. 2016.

Professoressa Valentina Camomilla. Lezioni di biomeccanica corso G.O.S.A.L., Foro Italico a.a. 2023/2024

Gracie