



## La fuerza en los deportes de desplazamiento horizontal

Valentín Rocandio Cilveti (UPV/EHU)











Vitoria-Gasteiz, 29 de septiembre de 2017

## INTRODUCCIÓN

En un deporte como el atletismo los tiempos que se disponen en las diferentes técnicas para la aplicación de fuerza son limitados.

Ello supone la existencia de un déficit de tiempo para la aplicación de la fuerza que justifica que en la totalidad de técnicas atléticas los ciclos de estiramiento-acortamiento (CEAs) sean recurrentes.



	DISCIPLINA	DURACION EN MILISEGUNDOS	V	V <sub>0</sub>
CARRERAS DE VELOCIDAD		160/340 ms	—	3m/s
		80ms	12,1 m/s	—
		120/ 75 ms	9,3 m/s	—
SALTOS		120ms	10-11m/s	10m/s
		140ms	7-8m/s	5,5m/s
		240ms	5-8m/s	5m/s
		120ms	8,8-9,7m/s	—
LANZAMIENTOS		270/ <110ms	3m/s	14,3m/s
		250/ <100ms	—	26,5m/s
		300/ <100ms	6-8m/s	32m/s

## INTRODUCCIÓN

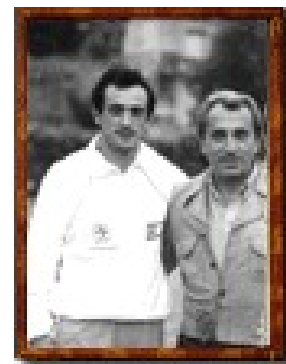
Así, en una carrera de velocidad, los tiempos que dispone un atleta de élite para aplicar su fuerza van de los 340ms de la pierna delantera en los tacos de salida a los 80 ms que dura un apoyo a máxima velocidad.

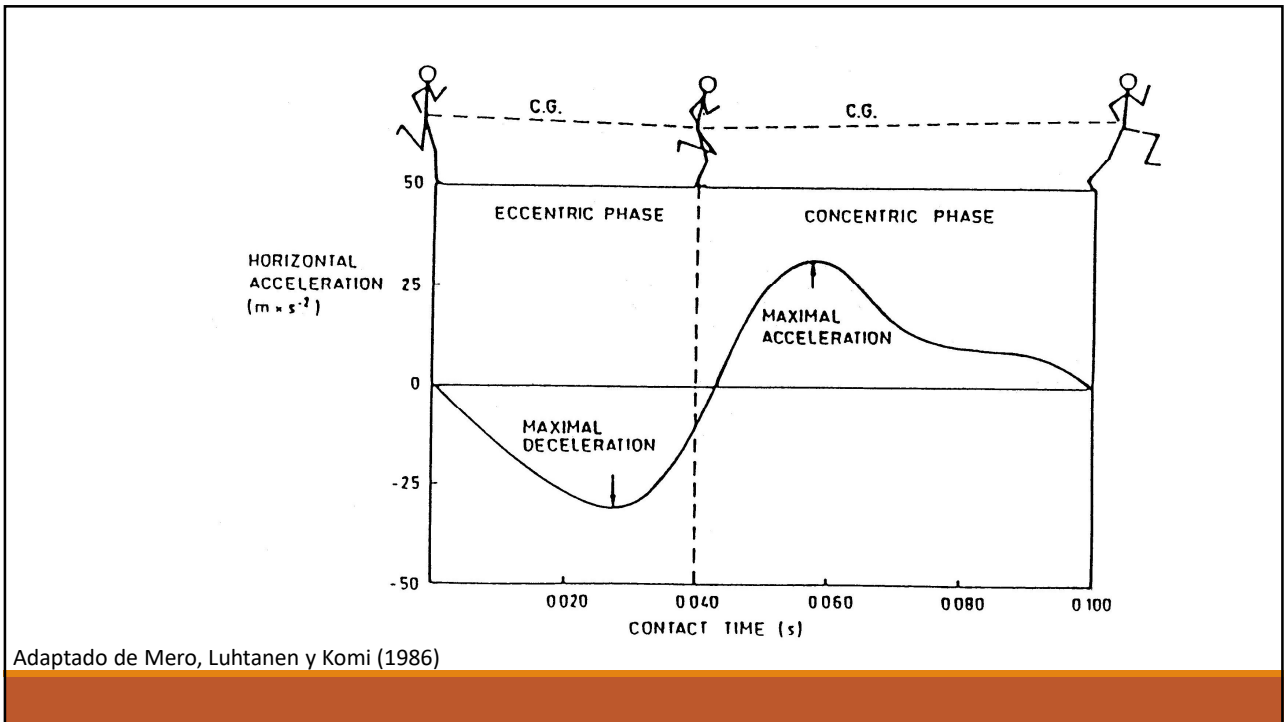
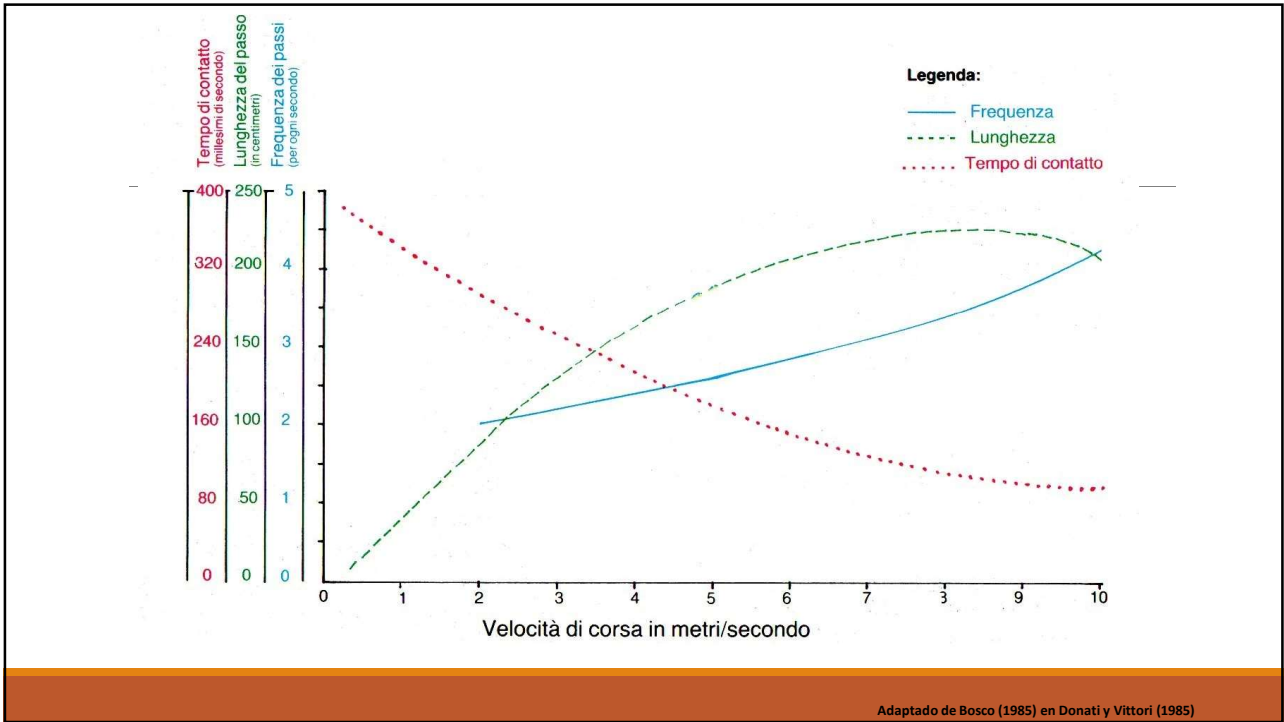
Todo ello, nos conduce a una reflexión sobre cómo se manifiesta la fuerza durante la carrera.

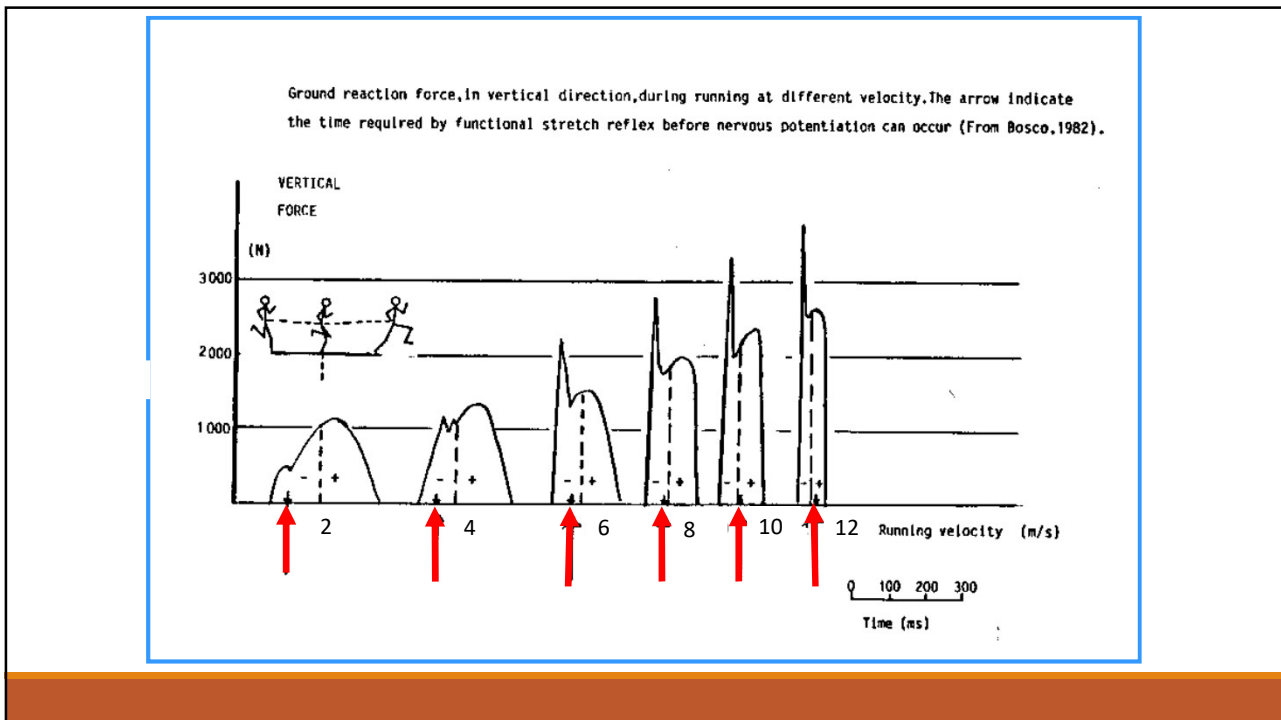
## LA INFLUENCIA DE LA ESCUELA ITALIANA

La fuerza es la **calidad fundamental** de la motricidad del hombre, causa del **desplazamiento** de los cuerpos y de la **velocidad** que se les quiere hacer adquirir.

La **velocidad del movimiento** estará siempre en función de la **fuerza** y de la **brevedad de su manifestación**, siendo el dinamismo de esta última el que determine la rapidez de los movimientos y su frecuencia. Por ello debe ser considerada la verdadera y propia calidad física "pura elemental", de base. (Carlo Vittori).





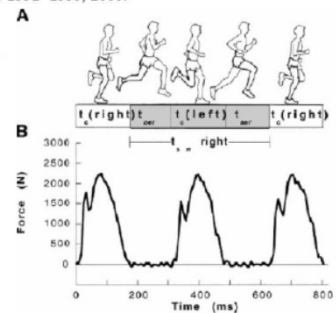


Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements

PETER G. WEYAND, DEBORAH B. STERNLIGHT,  
MATHEW J. BELLIZZI, AND SETH WRIGHT  
Concord Field Station, Museum of Comparative Zoology,  
Harvard University, Bedford, Massachusetts 01730

Received 30 March 2000; accepted in final form 14 September 2000

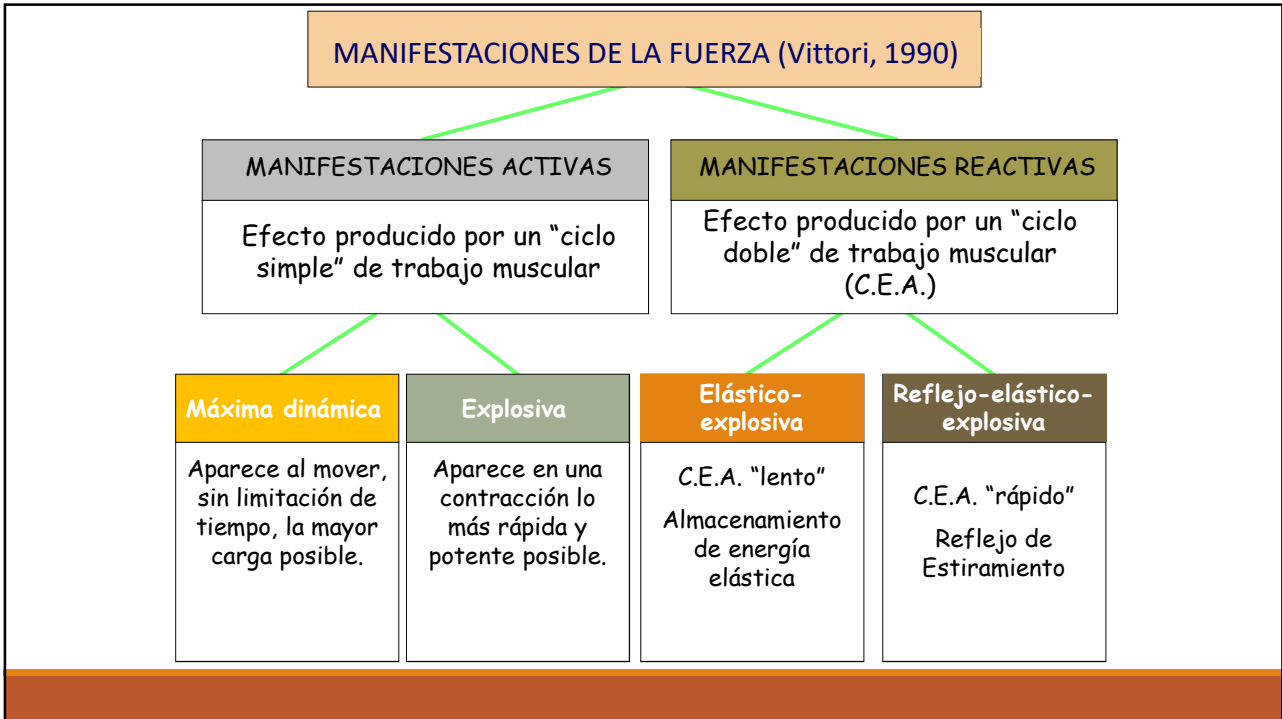
*J Appl Physiol*  
89: 1991–1999, 2000.



Las mayores velocidades se alcanzan gracias a una mayor aplicación de fuerza sobre el suelo, no por un movimiento más rápido de piernas (frecuencia).

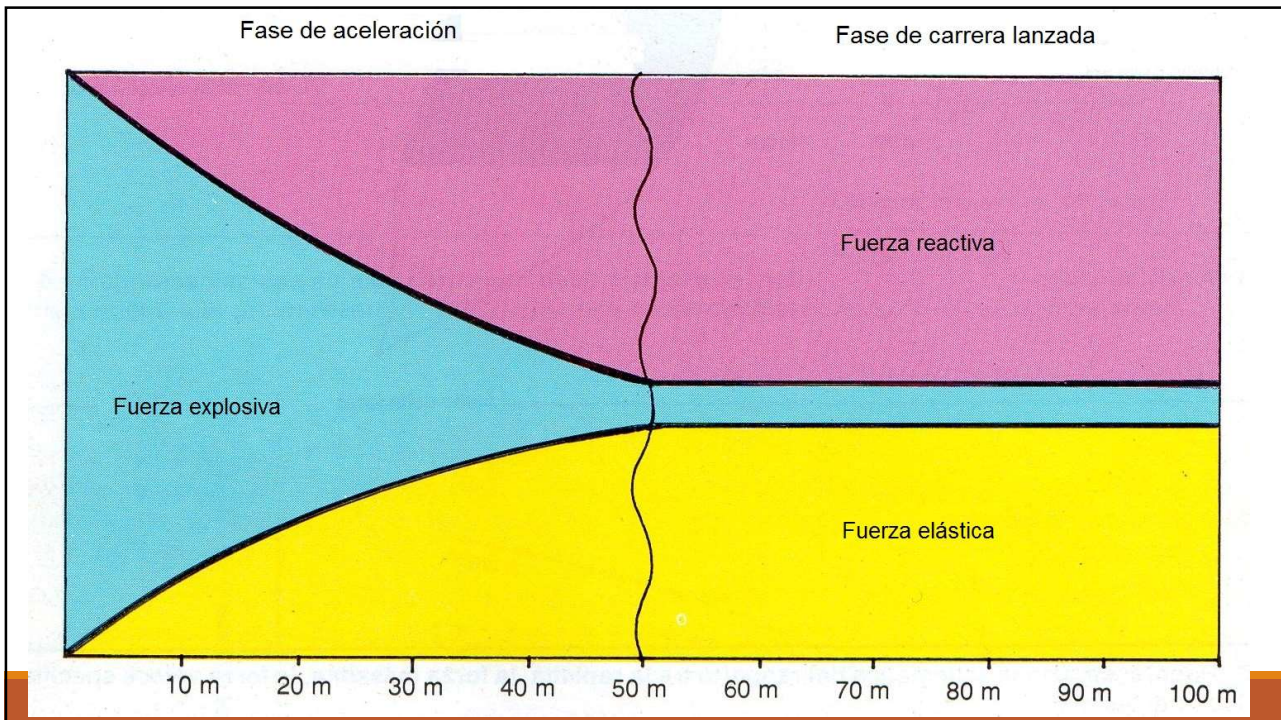
Esto encaja con el concepto de fuerza veloz cíclica:

**IFVC: Índice de Fuerza Veloz Cíclica = (Velocidad media / N° zancadas) \* 100**



FUERZA ACTIVA		FUERZA REACTIVA			
F. MÁXIMA DINÁMICA	FUERZA EXPLOSIVA	F. ELASTICO EXPLOSIVA	F. REFLEJA ELASTICO EXPLOSIVA		
			CUADRICEPS		GEMELO-TIBIAL
30	10	5	6	10	6
	30	10	5	5	5
		30	10	10	10
		+ acción brazos	30	30	
SQUAT JUMP CON SOBRECARGA	SQUAT JUMP	CONTRAMOV.	ABALAKOV	DROP JUMP	REACTIVIDAD
30 cm	40 cm	45 cm	51 cm	55 cm	51 cm
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: white;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #000080;"></div> </div> <p style="font-size: small;">CAPACIDAD CONTRACTIL      CAPACIDAD DE RECLUTAMIENTO INSTANTÁNEO</p>		<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #008000;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: #800000;"></div> </div> <p style="font-size: small;">CAPACIDAD ELÁSTICA      CAPACIDAD REFLEJA INSTANTÁNEO</p>			

Valoración de las manifestaciones de fuerza (Adaptado de Velez (1991))



## Metodología del entrenamiento de Fuerza

Vittori diferenciaba entre dos grandes medios de musculación o de trabajo de fuerza.

### MUSCULACIÓN GENERAL ESPECIAL (Medios Indirectos)

Los ejercicios utilizados son de carácter acíclico y tienen poco que ver con la carrera en cuanto a su estructura, aunque implican a los mismos grupos musculares. El trabajo con pesas y sus variantes serán sus principales medios.

Mediante este tipo de ejercicios incidiremos especialmente en la **fuerza máxima dinámica**, la **fuerza explosiva** y la fuerza explosivo-elástica principalmente.

### MUSCULACIÓN ESPECÍFICA/ESPECIAL (Medios indirectos)

Los movimientos utilizados en este tipo de ejercicios son cíclicos, ya que utilizan la carrera como medio, por lo que suponen un trabajo más específico:

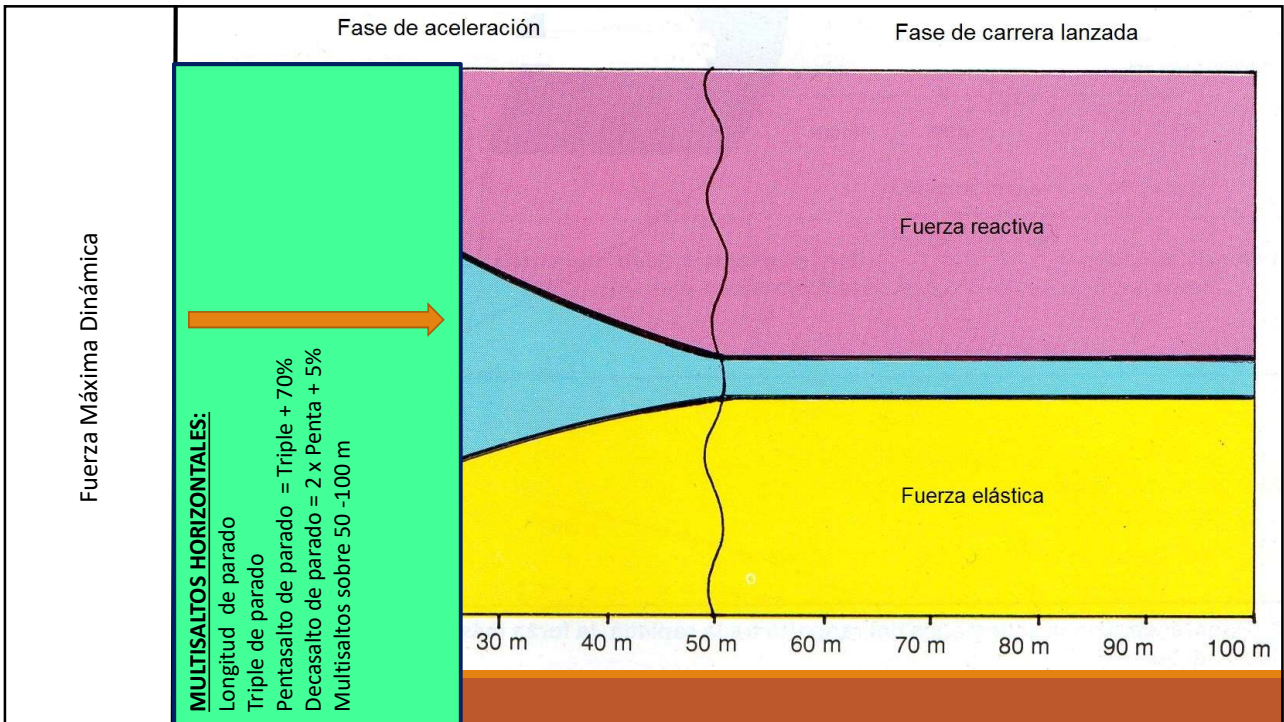
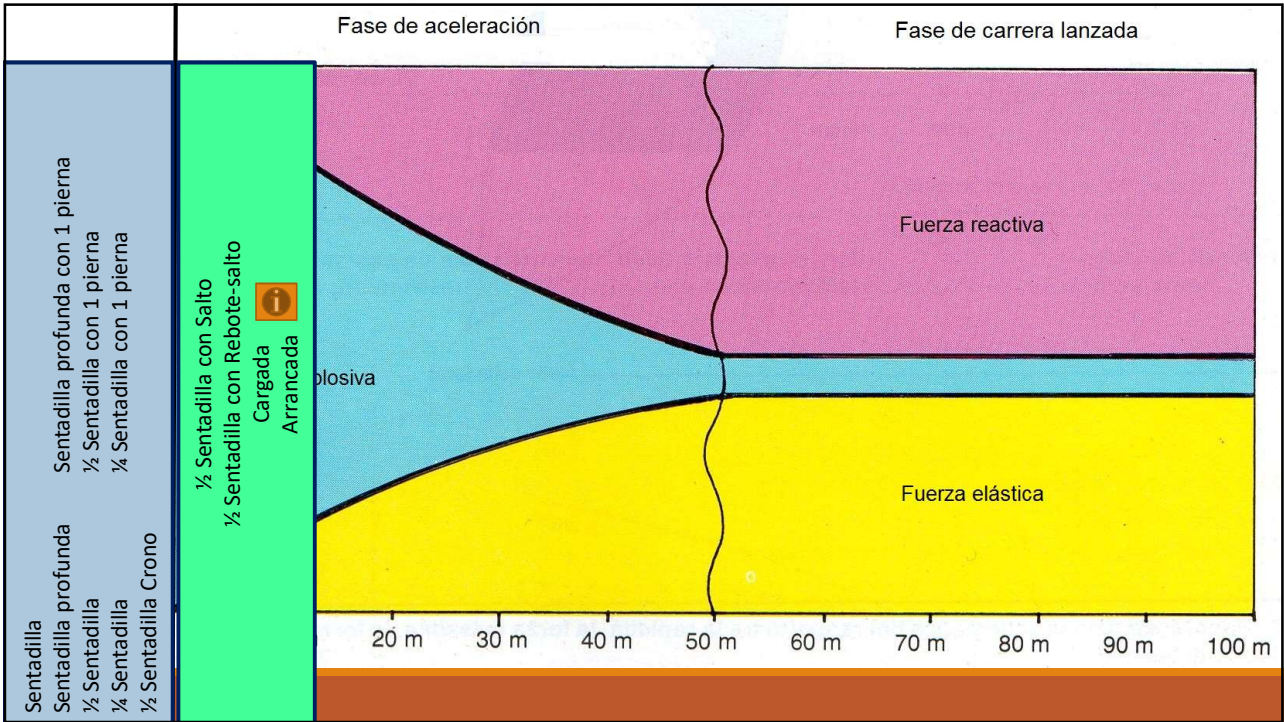
1. Cuestas

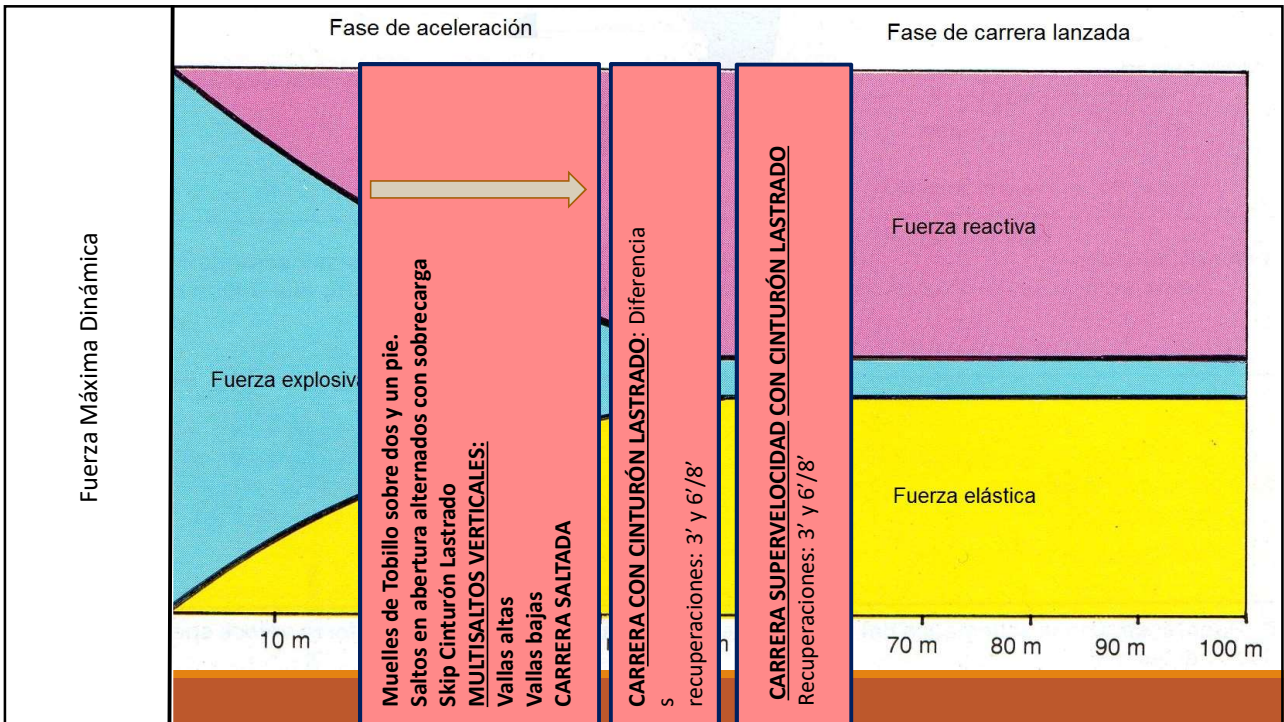
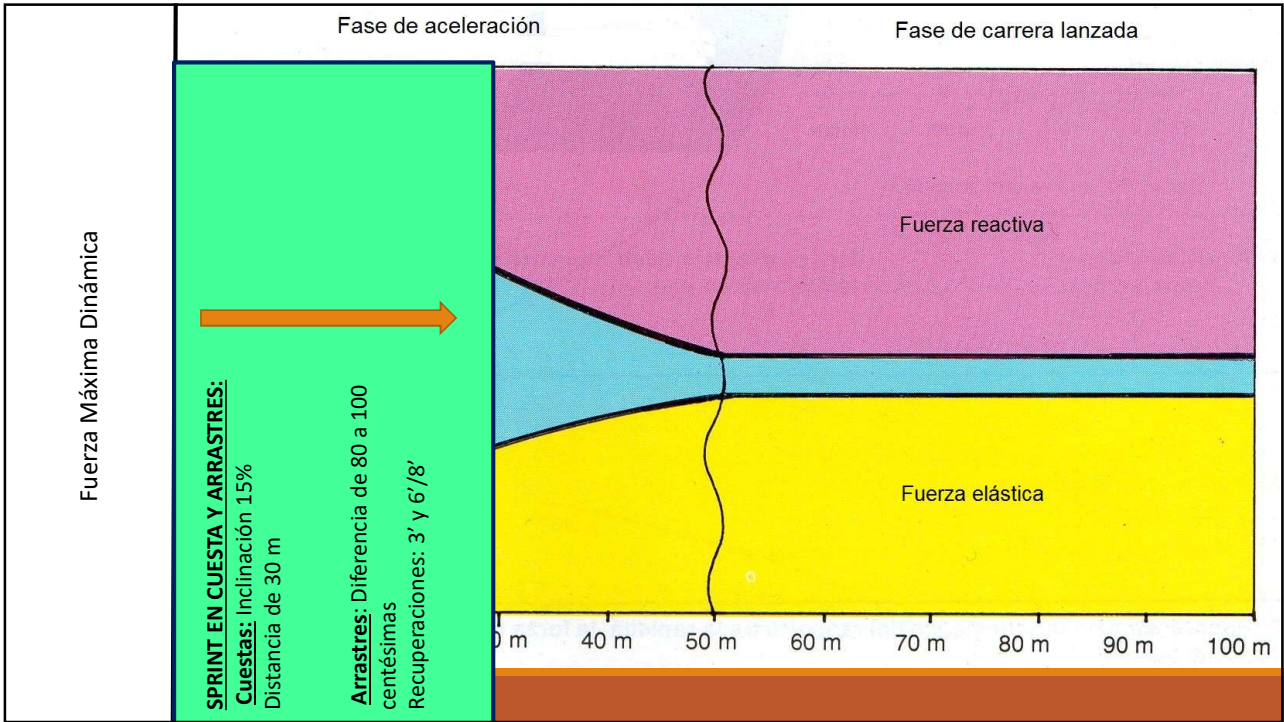
3. Multisaltos

2. Arrastres

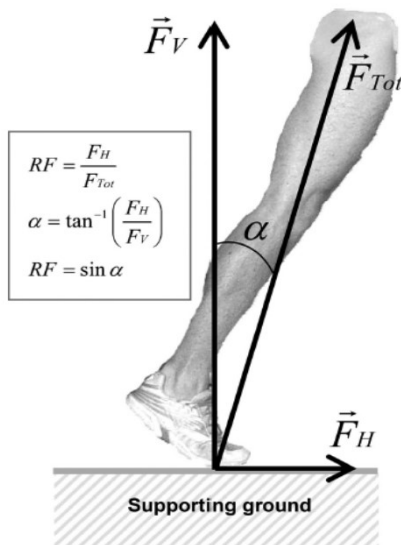
4. Lastrados

Incidiremos especialmente en la **fuerza explosivo-elástica** y la **fuerza explosivo-elástico reactiva**.









Tomado de Morin, Edouard y Samozino, 2011

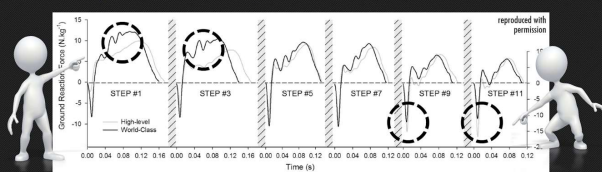
Parece que lo importante no es tanto la cantidad de fuerza total producida durante el apoyo, si no la forma en que está orientada hacia el suelo durante la fase de aceleración de la carrera de velocidad.

Debido a que esta puede ser considerada como una **habilidad técnica**, se antojan necesarios otros estudios que investiguen si esta habilidad podría ser entrenada/mejorada, por qué medios prácticos, y si los ejercicios de entrenamiento que normalmente proponen los entrenadores para mejorar el "empujar hacia adelante mayor distancia" son en realidad eficaces.

## Acceleration capability in elite sprinters and ground impulse : Push more, brake less?

9 high-level sprinters (100-m best times range : 9.86 – 10.60s)  
Tested with force platforms from 0 to 40m during maximal sprints

Designed by  
eVLM SportScience



Comparison of instantaneous horizontal ground reaction force during the support phases of the 1st, 3rd, 5th, 7th, 9th and 11th steps of a 40-m sprint between a world-class sprinter (100-m best time of 9.86s, black lines) and a high-level sprinter (100-m best time of 10.60s, grey lines)

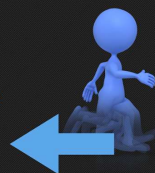
### PHASE 1 (FIRST 6 - 7 STEPS)

The main difference in the horizontal ground reaction force pattern between faster and slower sprinters is in the positive force values rather than the negative ones



### PHASE 2 (9 - 11 STEPS)

The main difference is in the negative ground reaction force values rather than the positive ones



Faster sprinters are those who produce the highest amounts of horizontal net impulse per unit body mass, and those who "push more", but not necessarily those who also "brake less" in the horizontal direction

#### Reference

By Morin, Slawinski, Dorel, Saez de villareal, Couturier, Samozino, Brughelli & Rabita  
Journal of Biomechanics, July 2015

Posteriormente, Morin, Slawinski, Dorel, Saez de Villareal, Couturier, Samozino, Brughelli y Rabita (2015) concluyen en una investigación realizada con 9 velocistas de gran nivel, que la diferencia entre los buenos y los mejores velocistas reside en una **mayor utilización de la componente horizontal positiva en la fase de aceleración** y una **menor componente horizontal de frenado en la fase de amortiguación de la fase lanzada**.

NO EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN CUANTO A LA COMPONENTE VERTICAL.

Otro argumento que refuerza esta tesis es la evidencia de que los músculos de guepardos y galgos difieren poco de los del ser humano cuando se desplazan a alta velocidad (Close, 1942; Williams, Dobson, Mathieu-Costello, Morsbach, Worley y Phillips, 1997).

Lo que les hace extraordinariamente rápidos es su capacidad de desarrollar una mecánica de carrera que prolonga sus períodos de aplicación de la fuerza sobre el suelo.

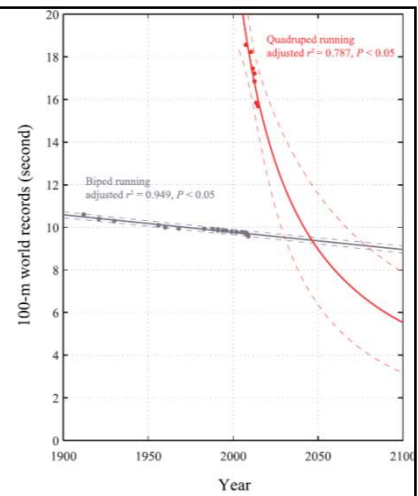
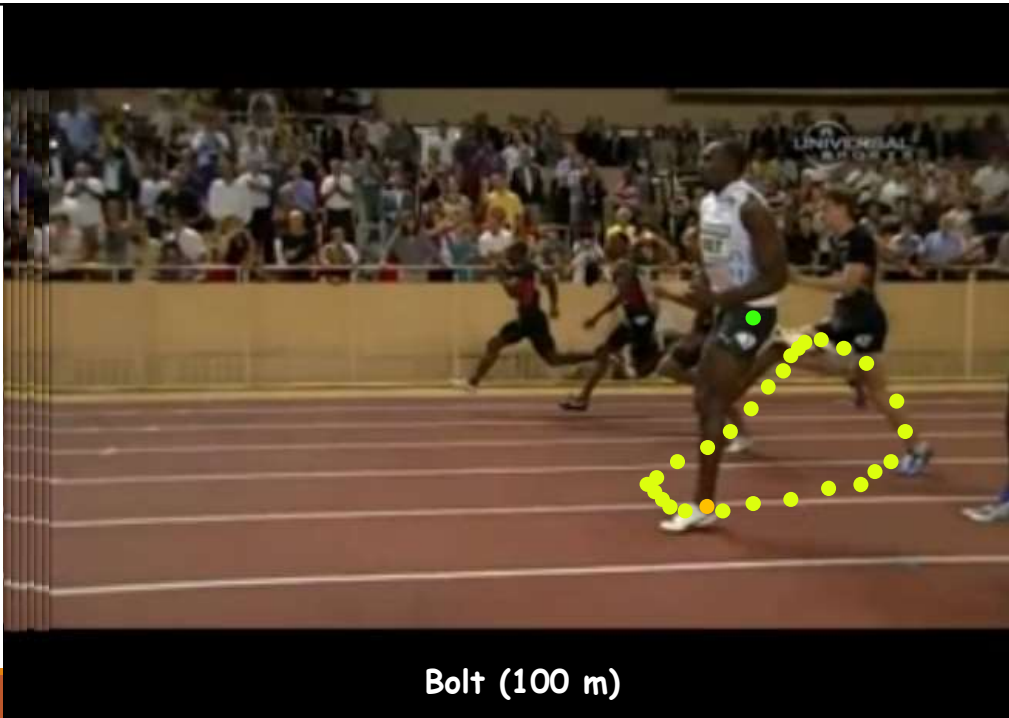


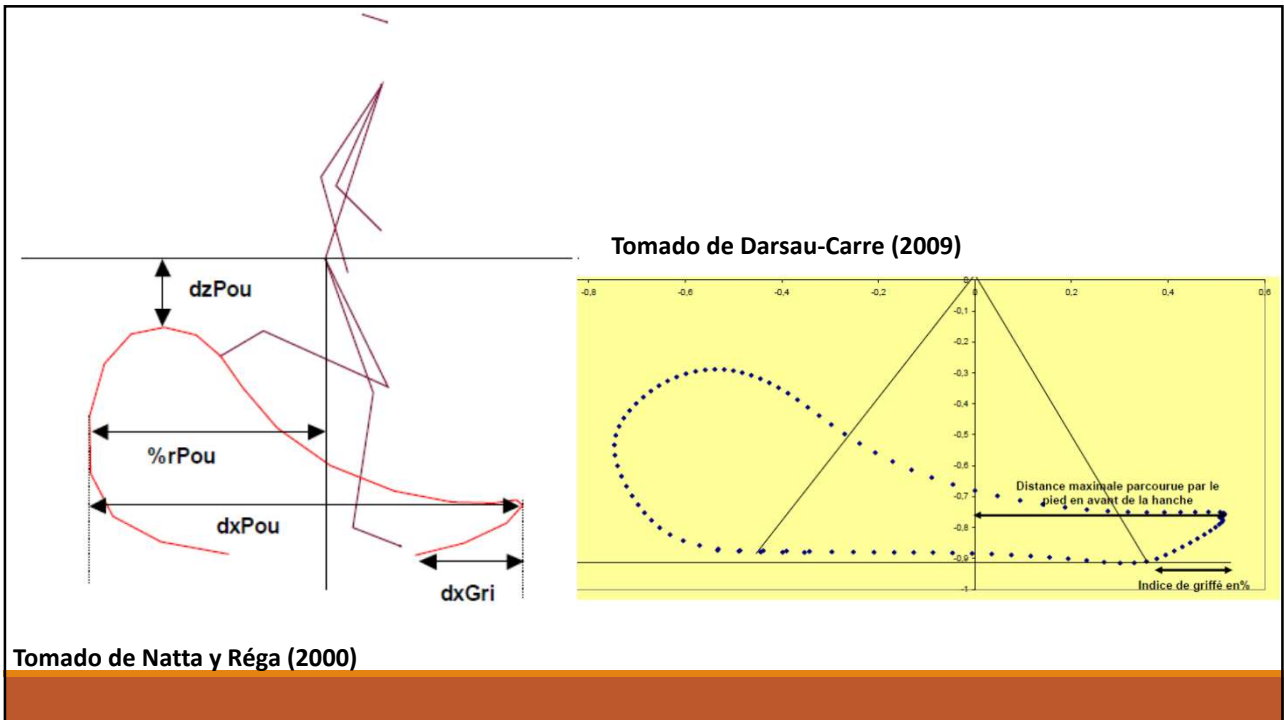
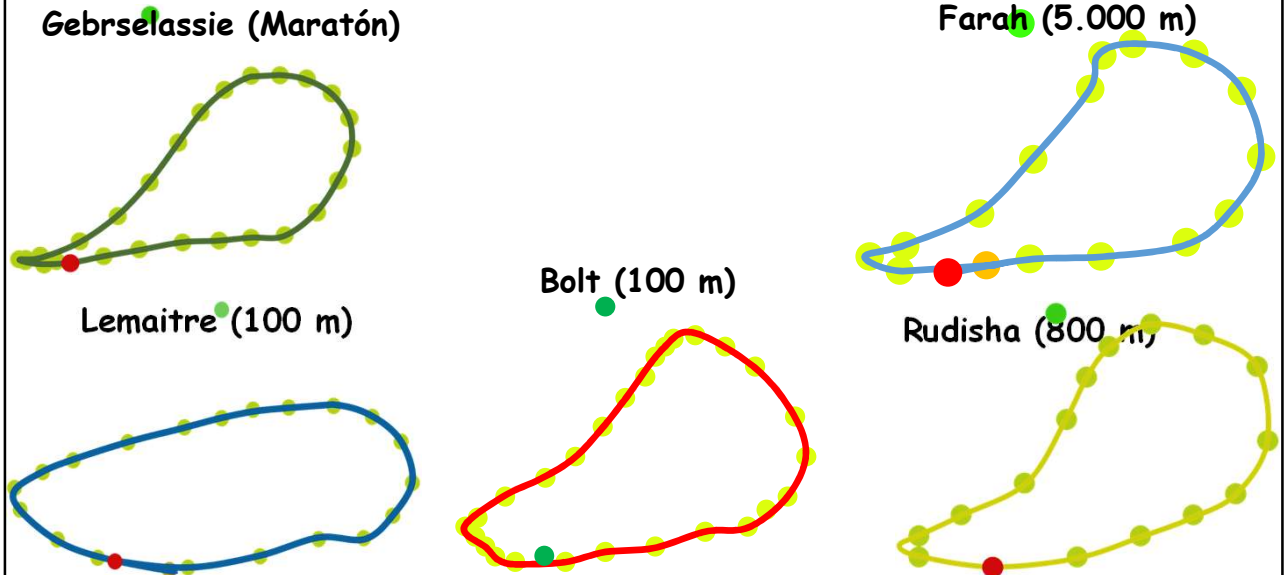
FIGURE 1 | The 100-m world records for quadrupedal (red points) and bipedal (gray points) human athletes with superimposed best-fit lines and coefficients of determination. The lines are extrapolated, and the available points are used to superimpose 95% confidence intervals (dotted lines). The projections intersect in 2048, when the quadrupedal 100-m sprint world record will be lower, at 9.276 s, than the bipedal world record of 9.383 s.

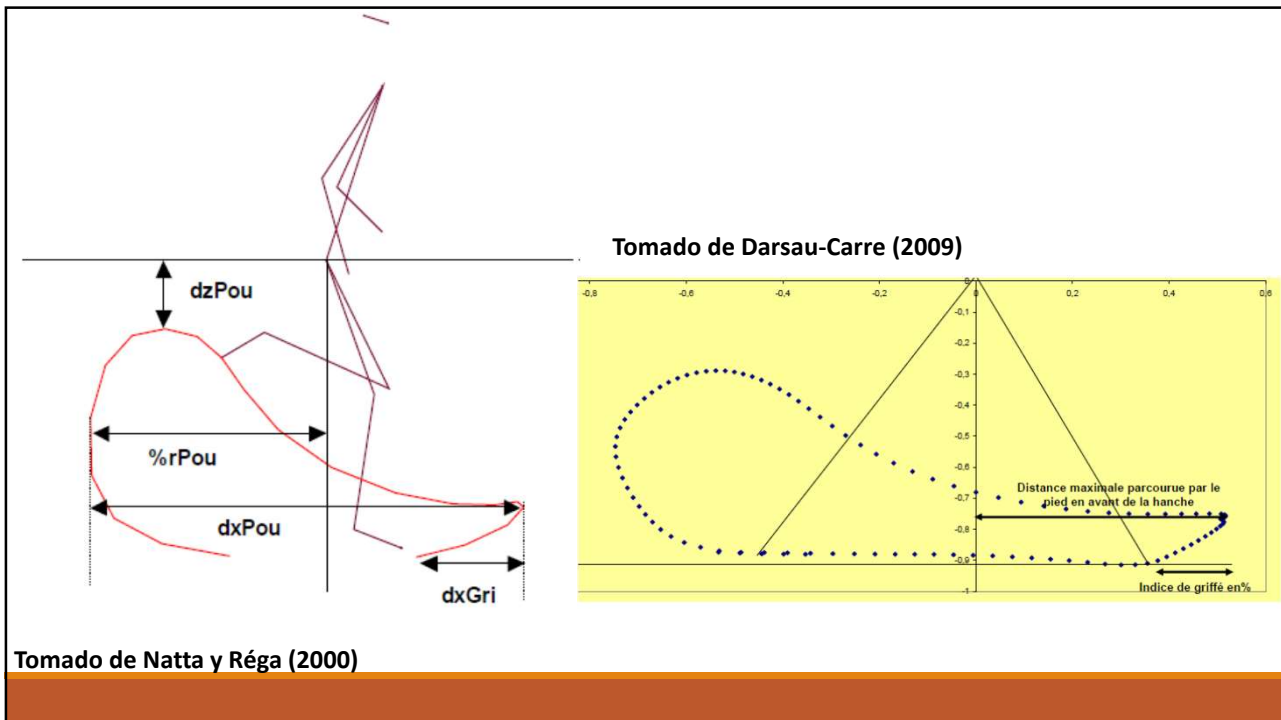
Tomado de Kinugasa y Usami (2016)



Bolt (100 m)

# El modelo técnico de carrera para las diferentes especialidades atléticas

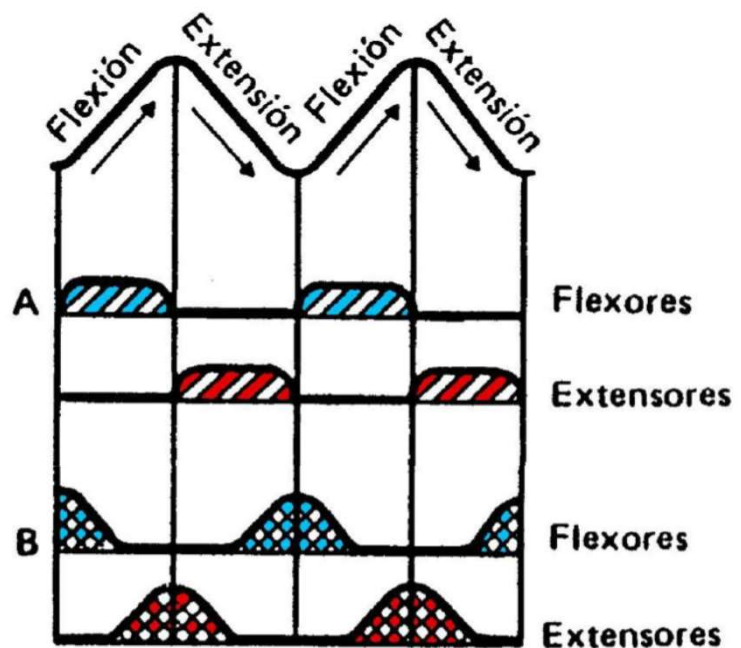




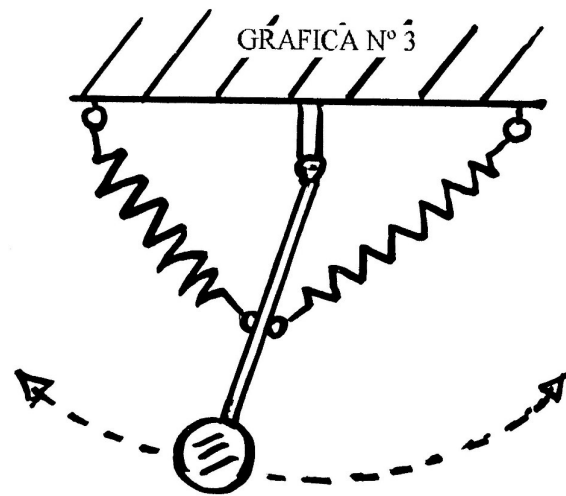
## La actividad muscular en los movimientos cíclicos

- A. En el agua donde la resistencia es "constante" la actividad muscular debe realizarse a lo largo de todo el recorrido del movimiento que ella produce .
- B. En un movimiento cíclico balístico (la mayoría), se produce una anticipación muscular para frenar el movimiento

Adapatado de Donskoi y Zatsiorsky (1988)



A. W. Hubbard (1.960), definía la carrera como "una actividad de ejercicios cíclicos recíprocos balísticos, que involucran esencialmente contracciones isotónicas producidas principalmente en condiciones isométricas".

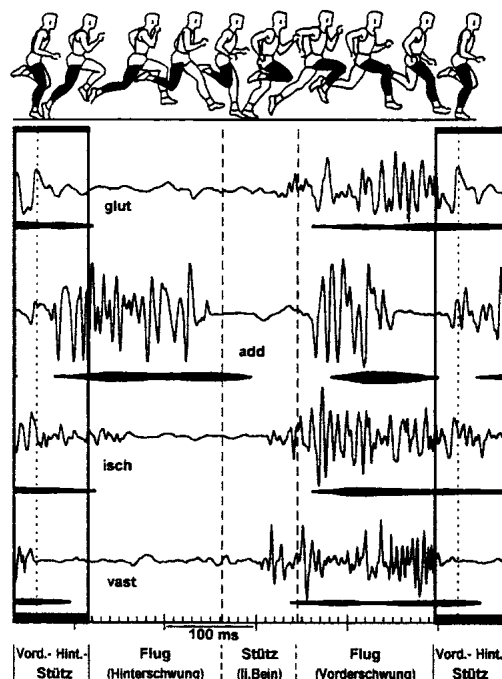


Adaptado de N. Ozolin por J.C. Alvarez (1994)

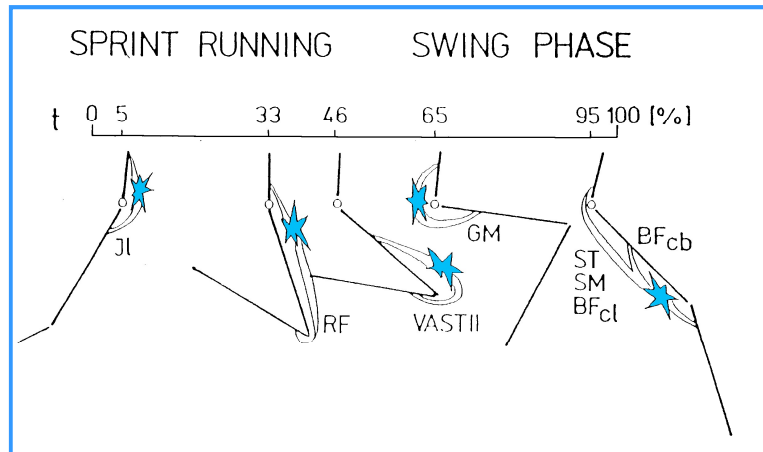
## Relative activity of hip and knee extensors in sprinting implications for training

by Klaus Wiemann and Günter Tidow

New Studies in Athletics 1 (March 1995),  
Vol. 10, 29-4



## Ciclos de estiramiento -acortamiento (CEAS) de la musculatura implicada en el retorno de la pierna libre







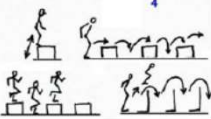
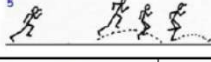


Techniques in Athletics, Cologne 1990 (Álvarez, 1994)

## El proceso de enseñanza-aprendizaje de la técnica de carrera

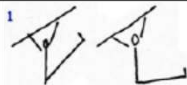
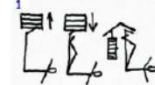

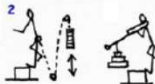
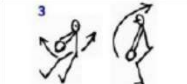



Cada patrón de carrera induce a unas adaptaciones musculares específicas, por esta razón cualquier modificación substancial del modelo técnico de carrera empleado exigirá una actividad muscular diferente, a la que el corredor o corredora no están acostumbrados y que requerirá de un periodo más o menos largo de **adaptación muscular al nuevo patrón de carrera** (Piasenta, 2003).



Trabajo excéntrico para los extensores de la RODILLA		Trabajo excéntrico para los flexores de la RODILLA	
<p>Objetivos: Mejorar la capacidad de amortiguación del cuerpo en el contacto con el suelo. Aumentar la resistencia a las fuerzas gravitacionales durante la fase cedente. Mejorar la capacidad de almacenar energía elástica.</p>		<p>Objetivos: Mejorar la capacidad de recuperación de la rodilla para impedir llegar con una extensión total al contacto con el suelo. Mejorar la capacidad de estabilizar la articulación de la rodilla al contacto con el suelo.</p>	
	<p>1 Sentadillas rápidas (flex. 90° rodilla): 4-8 x 5-8 x 80% PC Recuperación 1-2 min Objetivo: 5 repeticiones en 4 segundos.</p>		<p>1a Extensión forzada de la rodilla. Un compañero empuja los talones y fuerza la pierna a extenderse. Después de tocar el suelo con la punta del pie (cochoneta), el atleta vuelve las piernas a la posición inicial sin resistencia. 2-4 x 10-15.</p>
	<p>2 Sentadillas a una pierna (banco de 60-75 cm): 2-4 x 15-20 x 25-35% PC</p>		<p>1b Un compañero retiene los pies y el atleta, desde la posición de arrodillado, desciende lentamente su cuerpo hacia delante. Cuando el pecho contacta con la cochoneta, vuelve a la posición inicial. 2-4 x 8-10.</p>
	<p>3 Step (banco de 35-45 cm): 2-4 x 10 cada pierna x 25-35% PC</p>		<p>2 "Curl de piernas" con resistencia excéntrica desplazando carga. El atleta utiliza ambas piernas para flexionar las rodillas con una carga cercana al máximo y después desciende la carga con una sola pierna. 2-4 x 8-10 para cada pierna.</p>
	<p>4 Saltos pliométricos (variados). A una y dos piernas. Plintos de 45-60 cm o valles de 75-80 cm. Sin o con tobilleras de 0.9-1.8 Kg.</p>	<p>5 Multisaltos sucesivos con 5-8 pasos de carrera previa.</p>	
	<p>5 Contracciones excéntricas. El atleta levanta la carga con las dos piernas y la desciende con una sola.</p>	<p>6 Contracciones excéntricas. El atleta levanta la carga con las dos piernas y la desciende con una sola.</p>	

### Resumen de los resultados de la Concentración del TAC para velocistas Junior de Élite (1990)

Traducido y adaptado por Vélez (2009)

Estabilización de la PELVIS		Trabajo excéntrico para los flexores plantares (TOBILLO)	
<p>Objetivos: Mejorar la colocación del cuerpo durante las diferentes fases de la zancada</p>		<p>Objetivos: Aumentar la capacidad de reforzar los esfuerzos de velocidad vertical y horizontal durante la reacción del suelo. Mejorar la capacidad de amortiguar las fuerzas gravitacionales. Aumentar la velocidad angular durante el torque del tobillo (momento de giro)</p>	
	<p>1 Fuerza abdominal, colgado en posición "V" o "L" (tiempo 30 segundos y arriba).</p>		<p>1 Levantamiento con los pies desde la posición invertida. Durante los movimientos del tobillo, la rodilla no debería flexionarse a fin de sobrecargar el tobillo con un esfuerzo excéntrico máximo. El atleta levanta la carga con ambos pies y la desciende con uno sólo hasta el límite de la flexión total. Puede realizarse descalzo. 4-8 x 20-25 para cada pie.</p>
	<p>2 Resistencia excéntrica. Un compañero empuja los hombros del atleta llevándolo hacia atrás mientras el atleta se resiste, musculatura abdominal contraída.</p>		<p>2 Elevaciones con los pies desde la posición erguida. El atleta levanta la carga con ambos pies y la desciende con uno sólo hasta el límite de la flexión dorsal.</p>
	<p>3 Fuerza de la musculatura oblicua, "máquina de torsión águila". Torsión-balanceo mediante ejercicios con balón.</p>		<p>3 Resistencia con toalla (manual). Desde la máxima flexión plantar hasta la máxima flexión dorsal. Mientras el atleta tira de los extremos de la toalla, ejerce resistencia contra ella.</p>
	<p>4 Extensión lumbar</p>		<p>4 Saltos pliométricos, rebotes a una y dos piernas. Con plintos de 30 a 60 cm.</p>

Tomado de Vélez (2009)

C.E.A.s para los flexores de la CADERA	
Objetivos: Mejorar utilización del reflejo de estiramiento. Utilizar el surplus de energía elástica. Mejorar la reversibilidad de los esfuerzos contráctiles.	
	Contracciones forzadas en estiramiento. Un compañero extiende la articulación de la cadera. Estira los flexores de la cadera y mantiene la pierna flexionada detrás durante unos segundos (provocando un estiramiento máximo de los flexores de la cadera mientras el atleta intenta flexionar la cadera al máximo). El compañero libera la pierna y el atleta realiza unos balanceos. Repetir.
	Ejercicio parecido al anterior, pero desplazando una carga durante el movimiento (poleas, muelles o elásticos), 4-6 x 20-30 para cada pierna.
	Flexión excéntrica de la cadera mientras el atleta se resiste contra la extensión de la cadera. El compañero fuerza su pierna bajándola al suelo.
	Movimientos reversibles. Movimientos circulares de la pierna sin o con tocileros (0.9 a 1.6 kg cada pierna). 1-2 x 15-20 x cada ejercicio.

Extensores de la CADERA	
Objetivos: Mejorar la capacidad de amortiguar las fuerzas generadas. Aumentar la capacidad de fuerza de los extensores de la cadera para impulsar el cuerpo hacia delante.	
	Estiración concéntrica de la cadera (máquina flexor de extensión de la cadera). Tirar hacia atrás del cable o el elástico.
	Extensión con pre-estiramiento de la cadera. Un compañero retiene una pierna del atleta delante del cuerpo y, después de crear una tensión isométrica máxima, libera la pierna instantáneamente. El atleta balancea varias veces adelante-atrás la pierna liberada, después el compañero coge la pierna y aumenta el rango del estiramiento, sosteniendo de nuevo la pierna. 2-3 x 6-8 para cada pierna (el rango de la elevación anterior debería comenzar a 90° y aumentar hasta 150°).
	Sentadilla salto, saltos de rana, saltos al óptico simultáneos o alternos (los últimos pueden realizarse con una sobrecarga de 20-25% PC).

Tomado de Vélez (2009)

Flexores del CODO	
Objetivos: Mejorar la capacidad del bíceps para asegurar los ángulos apropiados entre el brazo y el antebrazo.	
	Curl de brazos con mancuernas. 3-4 x 10-15.
	Curl de brazos con barra de pesas. 3-4 x 7-10.
	Tracciones (Jalones) con poleas o elásticos.

Deltoides (HOMBROS)	
Objetivos: Fortalecimiento del cinturón escapulo-humeral.	
	Elevaciones laterales de mancuernas.
	Tracciones cruzadas con poleas o elásticos.

Tomado de Vélez (2009)



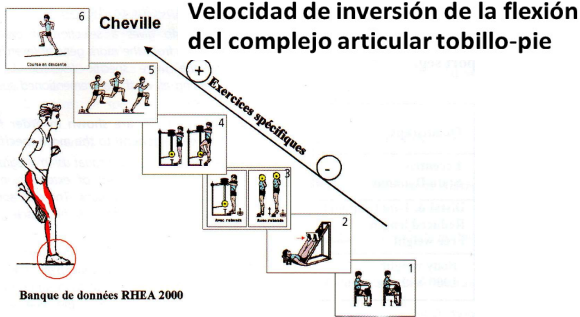
**Trabajo específico del Tobillo:**



**Chevilles** Velocidad de inversión de la flexión del complejo articular tobillo-pie

Muscles	Triceps sural muscles plantaires
Régime de contraction	Pliométrique
Spécificité gestuelle	Appui distal et unipodal Amplitude réduite Charge libre
Spécificité mécanique	Poids de Corps 1000 N < F acc < 1500 N

**Del análisis biomecánico a la musculación específica del velocista (Miller, Quièvre y Gajer, 2001)**



Banque de données RHEA 2000

Adaptado de Miller, Quièvre y Gajer (2001)

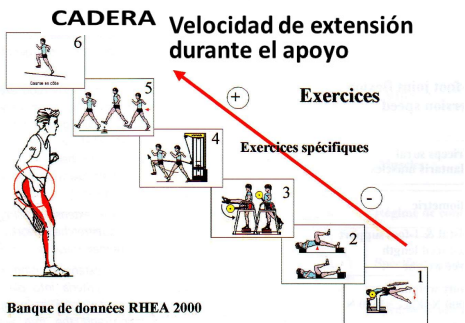
**Velocidad de extensión de la Cadera:**



**CADERA** Velocidad de extensión durante el apoyo

Muscles	Extenseurs de la hanche Fessiers - Ischios
Régime de contraction	Concentrique « Relance »
Spécificité gestuelle	Appui distal et unipodal Amplitude moyenne (65°) Charge libre
Spécificité mécanique	300 < Facc moy < 500 N

Tableau 6a : critères de spécificité du travail de la hanche pendant l'appui.



Banque de données RHEA 2000

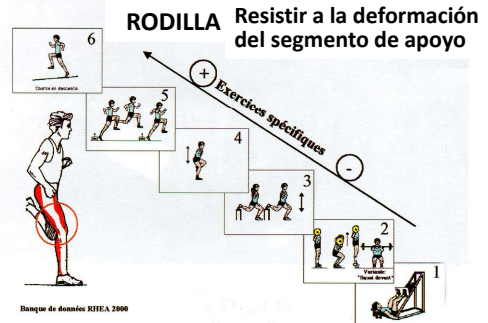
**Trabajo específico de la Rodilla:**



**RODILLA** Resistir a la deformación del segmento de apoyo

Muscles	Quadriceps
Régime de contraction	Excentrique Stato-Dynamique
Spécificité gestuelle	Appui distal et unipodal Amplitude réduite Charge libre
Spécificité mécanique	Poids de Corps 1000 N < F acc < 1500 N

Tableau 4a : critères de spécificité du travail du genou pendant l'appui.



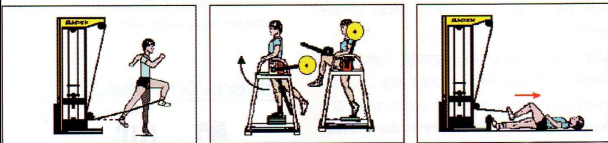
Banque de données RHEA 2000

Adaptado de Miller, Quièvre y Gajer (2001)

**CADERA Velocidad de flexión de la Cadera libre**

Muscles	Fléchisseurs de hanche Psoas - DA
Régime de contraction	Concentrique
Spécificité gestuelle	Appui proximal Amplitude moyenne (110°) Charge libre
Spécificité mécanique	Inertie angulaire du MI Poids dans le « pointer »

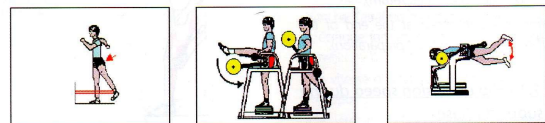
**Exercices spécifiques**



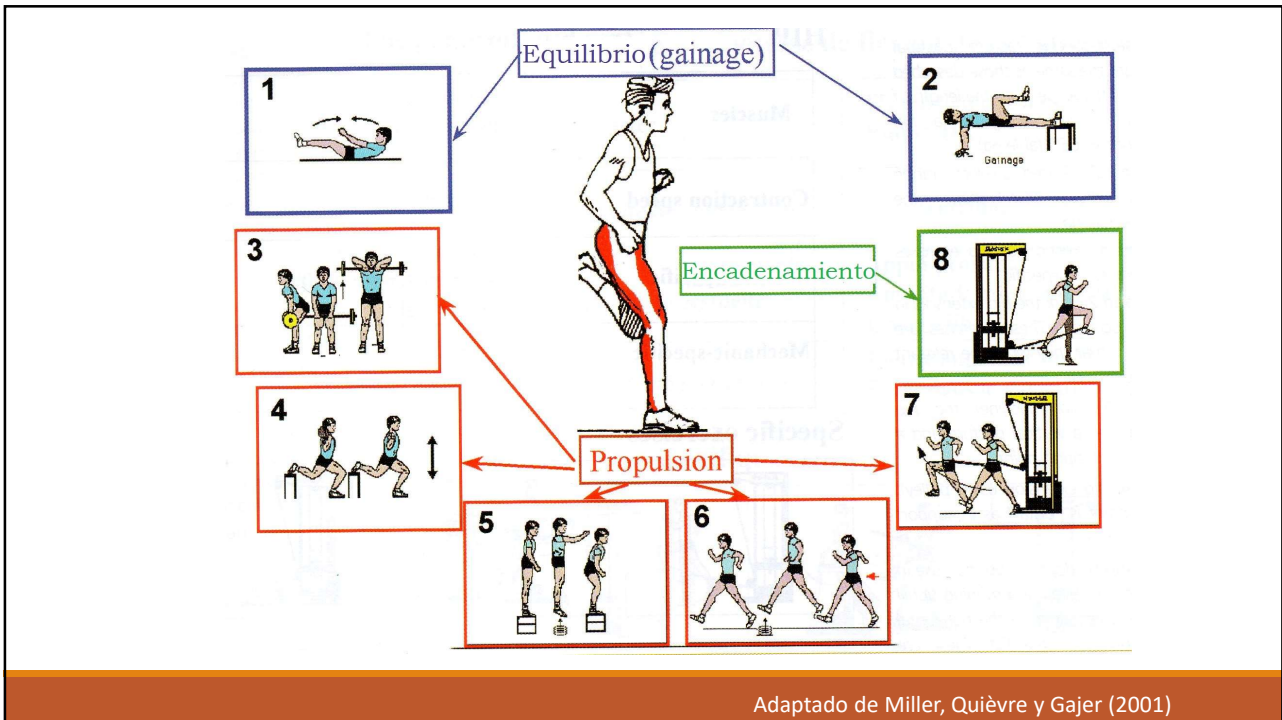
**CADERA Inversión flexión al final de la fase aérea**

Muscles	Extenseurs de la hanche Fessiers - Ischios
Régime de contraction	Pliométrique
Spécificité gestuelle	Appui proximal Amplitude réduite Charge libre
Spécificité mécanique	Contrainte proportionnelle au temps de couplage

**Exercices spécifiques**



Adaptado de Miller, Quièvre y Gajer (2001)



Adaptado de Miller, Quièvre y Gajer (2001)

## Proposed Relative Importance of Muscle Groups to Sprint Performance

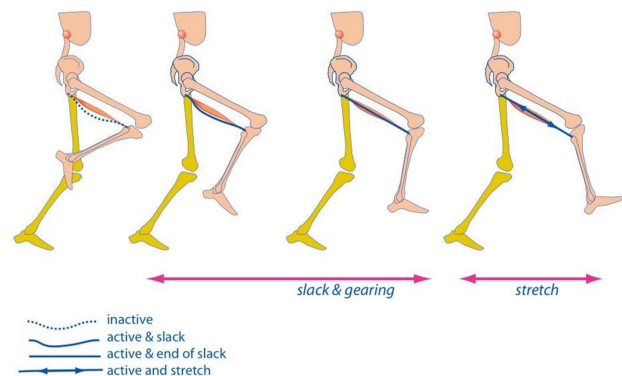
	Short sprint (e.g., 10 m)	Maximum speed
Quadriceps	****	**
Gluteals	****	***
Hamstrings	**	****
Calves	***	***
Hip flexors	**?	***?
Upper body	***?	**?
Postural/stabilizing muscles	**?	**?

\*\*\*\* = Very important; \*\*\* = quite important; \*\* = important; \* = minor importance; ? = unclear.

© National Strength & Conditioning Association  
Volume 23, Number 2, pages 7-13

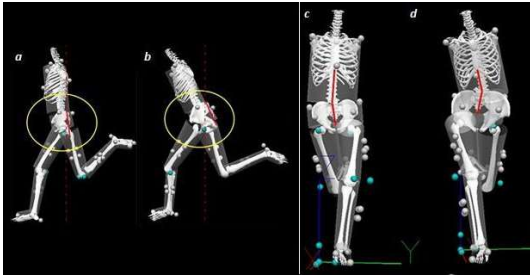
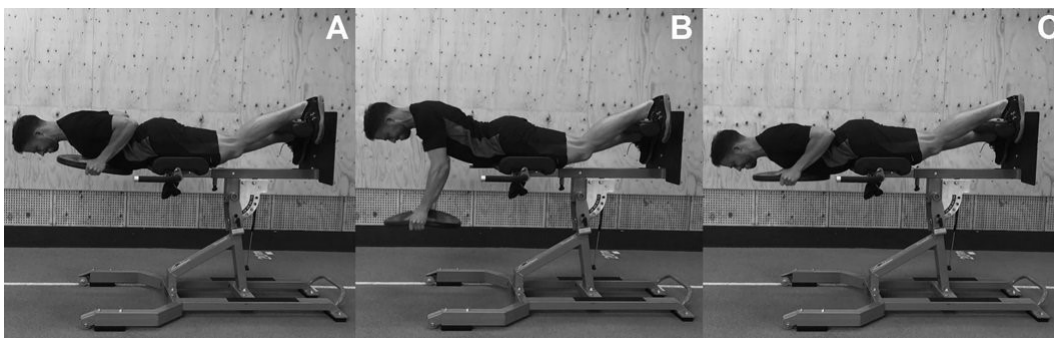
Tomado de Young y Pryor (2001)

Van Hooren y Bosch (2016) consideran que en la fase final de la oscilación de la pierna libre no debe ser interpretada como una acción excéntrica de la CE debido a la efectos de la holgura muscular. Por tanto, **puede que no exista ninguna acción excéntrica significativa, sino más bien predominantemente isométrica.**

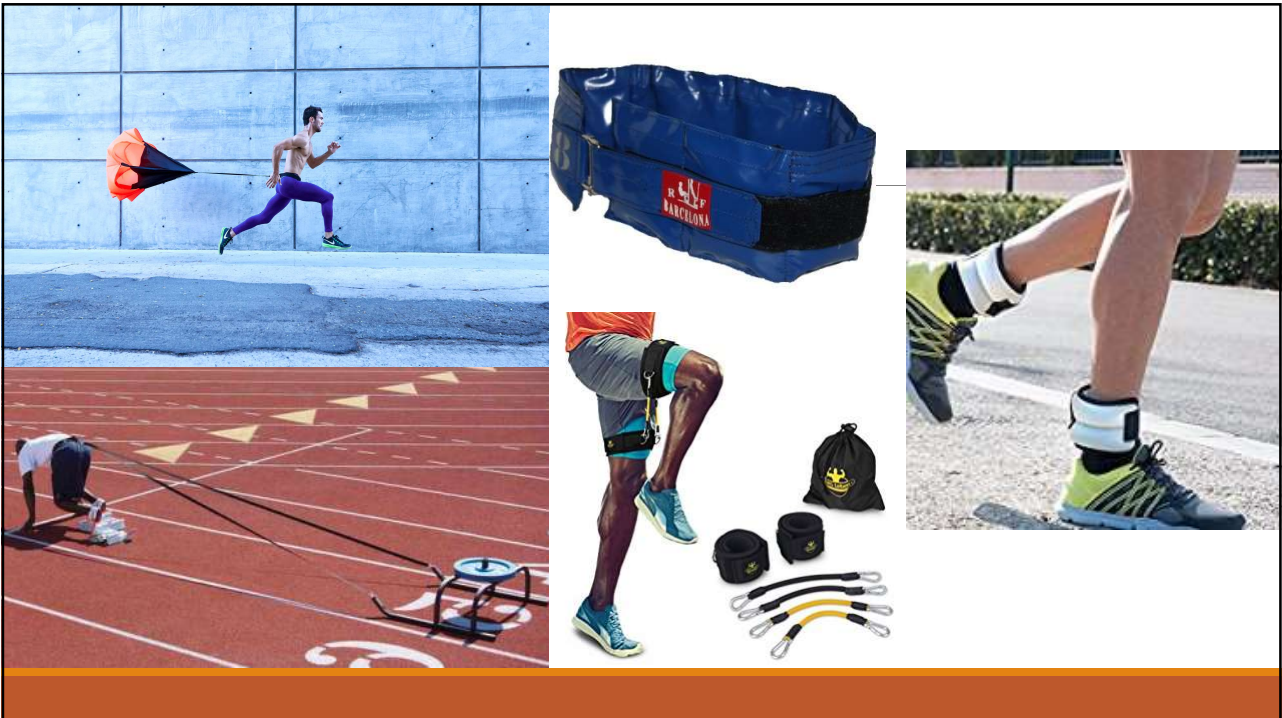


Tomado de Van Hooren y Bosch (2016)

**EN BASE A ESTOS RESULTADOS, SUGIEREN QUE LOS EJERCICIOS ISOMÉTRICOS SON MÁS ESPECÍFICOS QUE LOS EJERCICIOS EXCÉNTRICOS PAR ACONDICIONAR LOS ISQUIOTIBIALES DE CARA A LA CARRERA DE VELOCIDAD.**



La bibliografía sugiere igualmente, que un **fortalecimiento de la musculatura estabilizadora de la pelvis** previene el riesgo de lesiones en la musculatura isquiotibial.



## ARRASTRES PESADOS Vs LIGEROS

Se ha debatido mucho sobre la utilidad de utilizar porcentajes tan altos de peso, en contra de la literatura “profesional”, pero tal y como exponen Morin y Cross (2016) en un post, los VHS permiten entrenar esas mayores inclinaciones y tal y como demuestran Kawamori, Newton, Hori y Nosaka (2013) son más efectivos para mejorar la aceleración en los primeros 5 m de carrera.



Es decir, **consideramos los VHS como un ejercicio de fuerza y condicionamiento, no como un ejercicio específico para el sprint.**

## AGILIDAD Vs CODs



La agilidad puede definirse como un "movimiento rápido de todo el cuerpo con cambio de velocidad o dirección en respuesta a un estímulo" (Sheppard y Young, 2006).

Los cambios de dirección (CODs) son uno de los componentes de la agilidad. Son habilidades cerradas que implican movimientos pre-planificados.

## AGILIDAD Vs CODs



La agilidad puede definirse como un "movimiento rápido de todo el cuerpo con cambio de velocidad o dirección en respuesta a un estímulo" (Sheppard y Young, 2006).

Los cambios de dirección (CODs) son uno de los componentes de la agilidad. Son habilidades cerradas que implican movimientos pre-planificados.

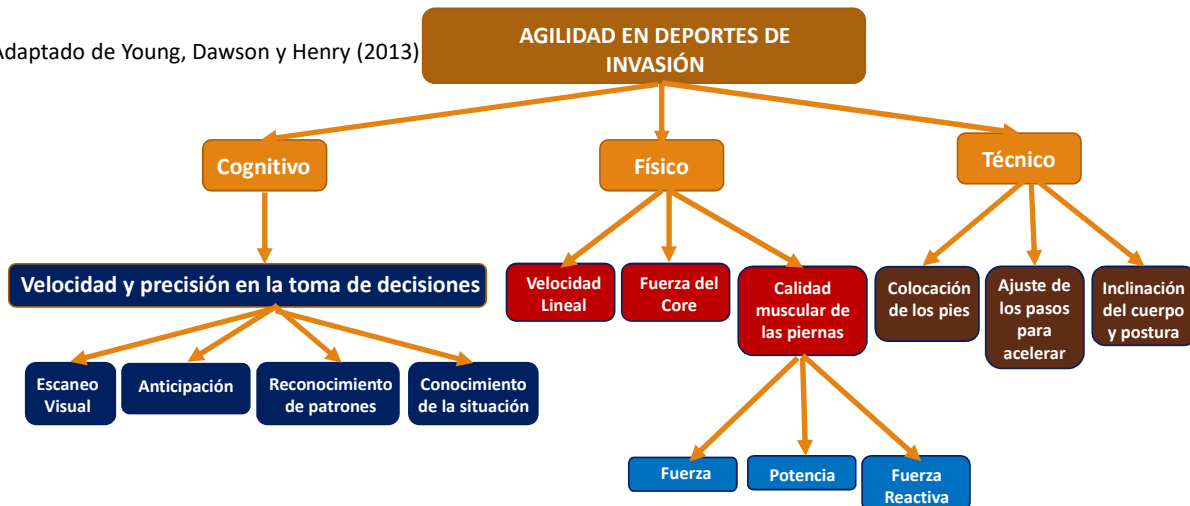
# AGILIDAD



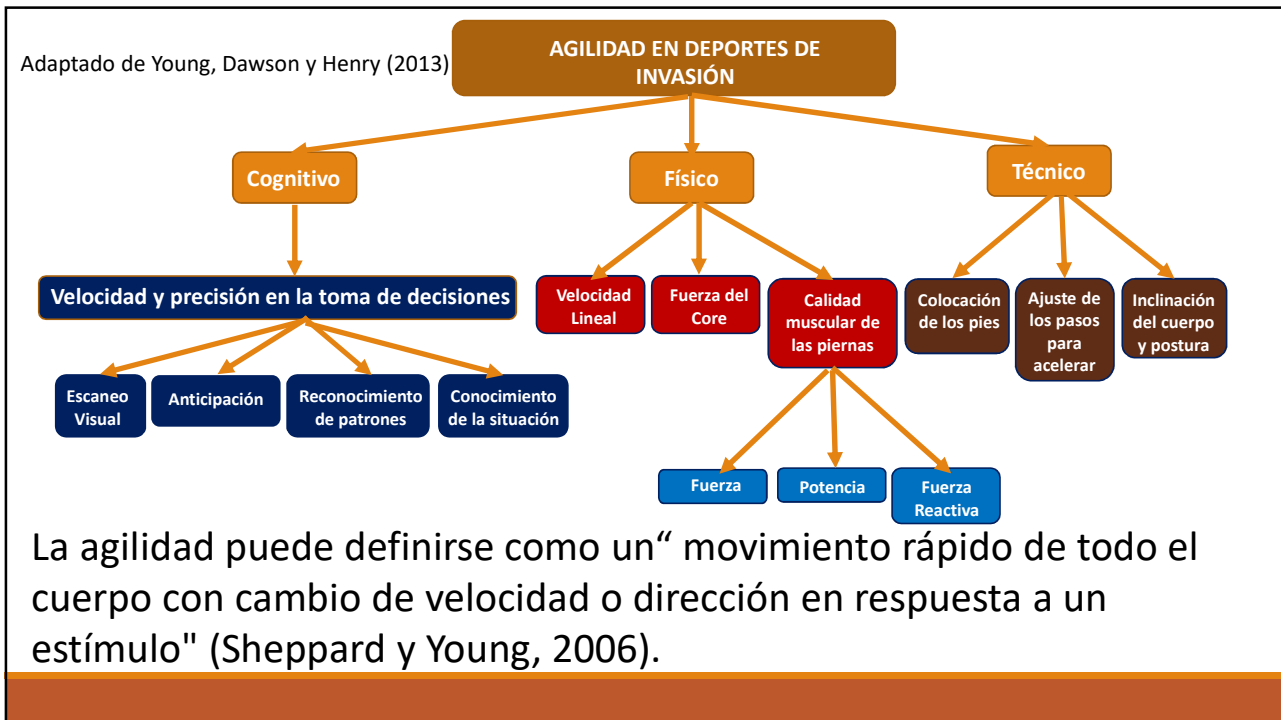
La agilidad contempla habilidades como:

- Acelerar
- decelerar
- Dar marcha atrás
- Enfrentamientos
- Giros de cadera
- Desplazamiento lateral
- Pasos cruzados
- Contrapiés
- Carrera en “punto muerto”
- Carrera en curva

Adaptado de Young, Dawson y Henry (2013)



La agilidad y los CODs son habilidades independientes (Thomas y Nelson, 1990).



MILA ESKER ZUEN ARRETAGATIK

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN