

La Legge di FITTS

Mediazione fra velocità e precisione

Velocità



Impulso iniziale



Precisione



Fase di controllo finale



Woodworth (1899)

Dal 1972 al 2000 \longrightarrow 464 articoli pubblicati (Elliott D., et al, 2001)

Fitts' Law (Legge di Fitts)

Fitts (1954) calcolò la relazione che correla la velocità e la precisione dei movimenti con una equazione che definisce che:

Il tempo del movimento per raggiungere un determinato target è funzione logaritmica del rapporto tra la distanza da percorrere per raggiungere un target e l'ampiezza del target

$$MT = a + b \log_2(2A/W)$$

MT = Tempo del Movimento

Log₂(2A/W) = Indice di Difficoltà (ID)

b = Indice di Performance

a = costante

Perché una funzione logaritmica?

Gran parte delle nostre percezioni presentano profili di psicofisica in scala logaritmica:

Ascoltare la musica a volumi diversi

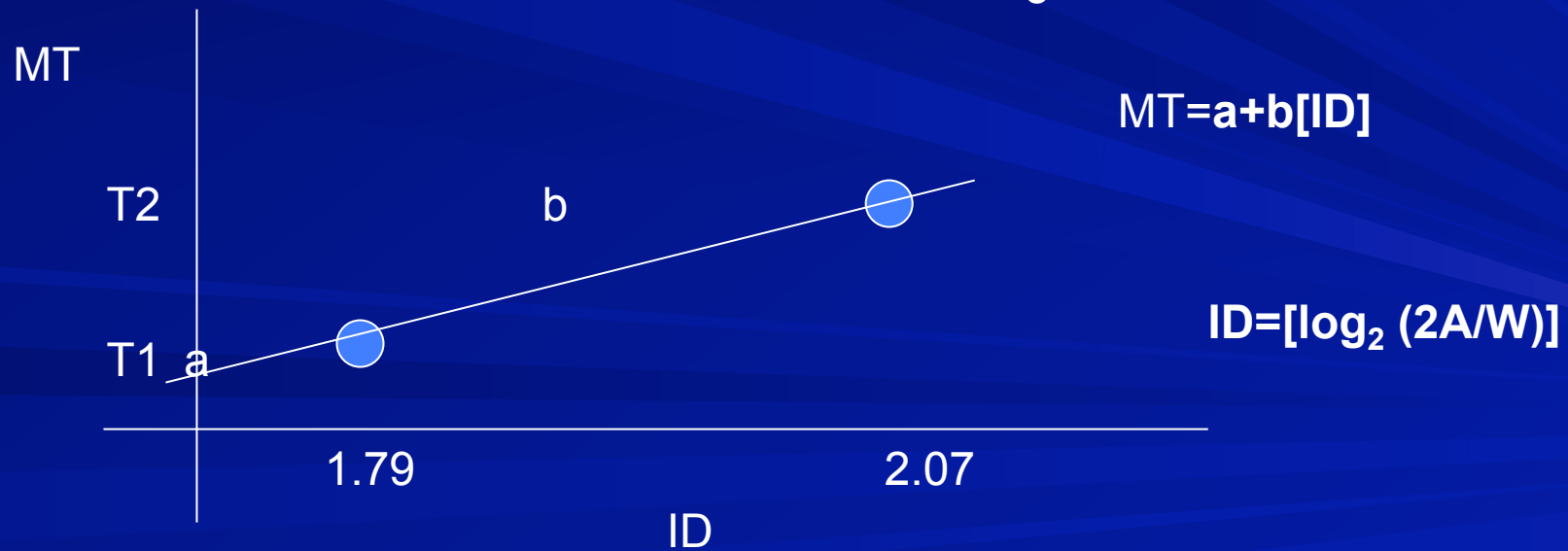
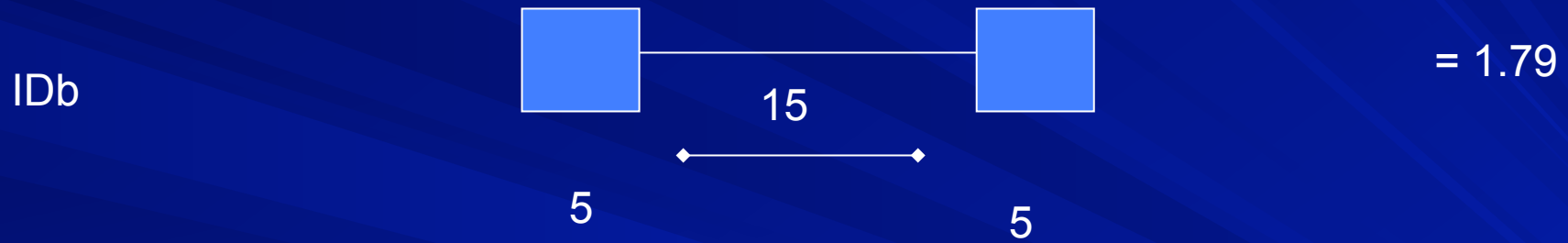
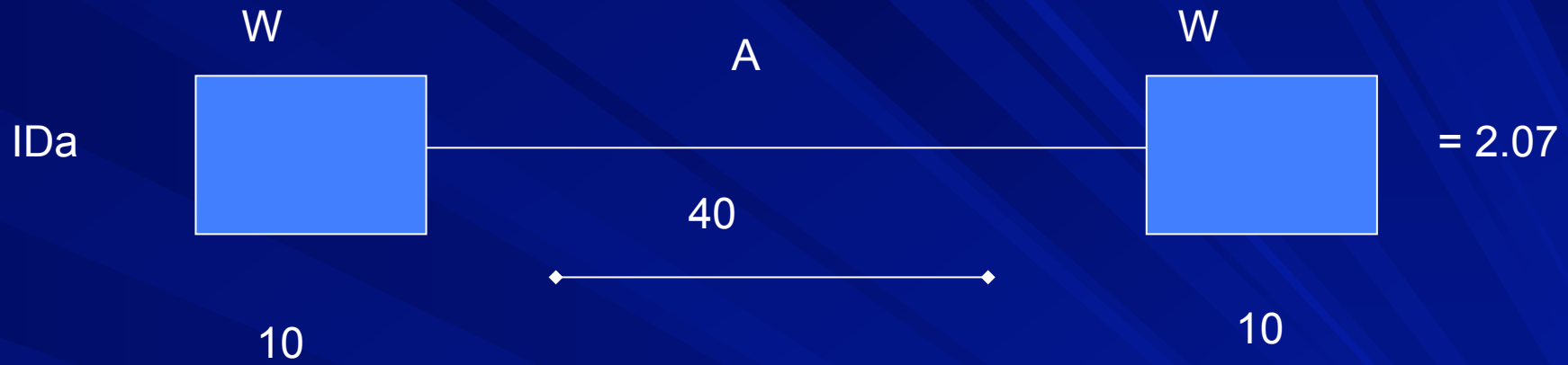
Percepire l'intensità di una luce

Un osservatore, capace di stabilire che un oggetto di 105 g pesa più di un oggetto di 100 g, non sarà in grado di distinguere un oggetto di 205 g da uno di 200 g. Lo stesso incremento fisico di 5 g non ha effetti uguali sul continuum della pesantezza percepita.

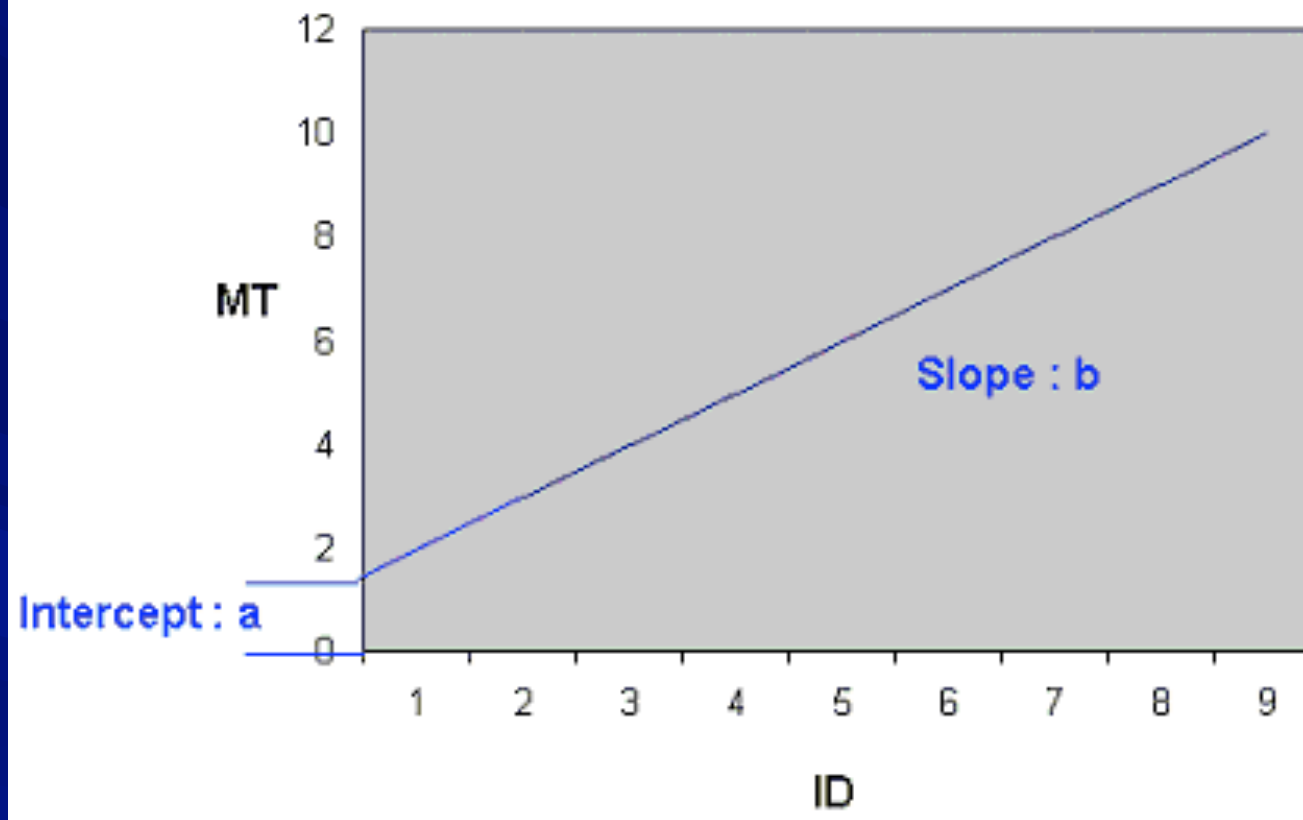
E. Weber

$$\Delta R = kR$$

La differenza appena percepibile (ΔR) non è costante, ma dipende dal valore iniziale di R quello che è costante è il rapporto k (detto costante di Weber) tra ΔR e R .



Fitt's Law Mathematical Interpretation



$$ID = \log_2(2A/W)$$

$$ID = \log_2(2A/w)$$

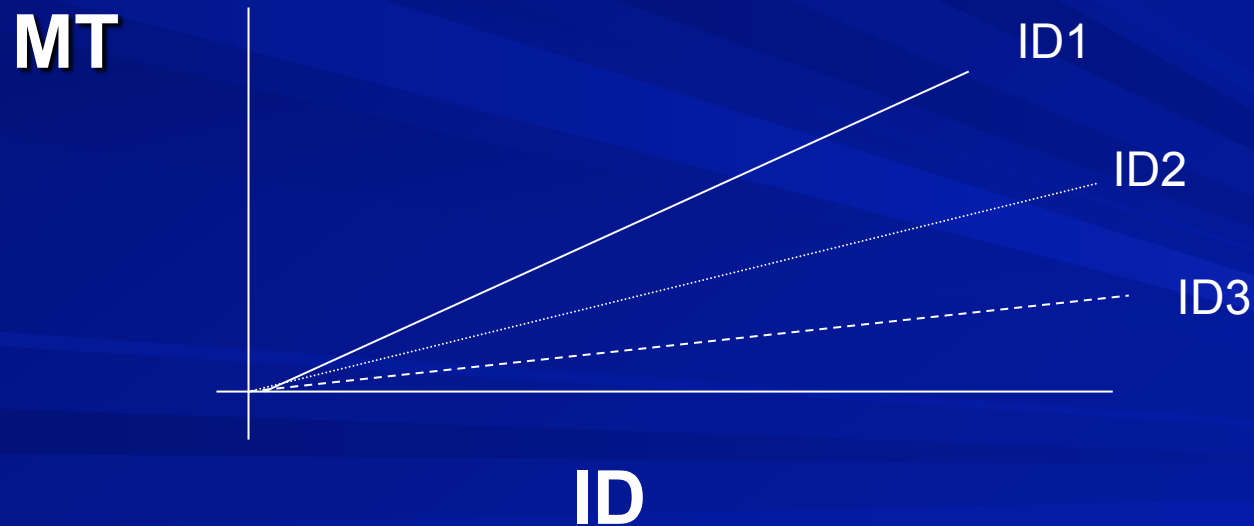
$$ID = \log_2(2A/W)$$

$$ID = \log_2(2A/W)$$

$$ID = \log_2(2A/w)$$

Legge di Fitts

- Il tempo del movimento è dato da:
- $MT = a + b[\log_2 (2A/W)]$
- Indice di Difficoltà (ID)
 - $ID = [\log_2 (2A/W)]$



Notate!

- Analisi dimensionale della legge di Fitts
- $MT = L/L$ a-dimensionale
- applicazioni della legge
 - ovunque e qualunque movimento dal piu' semplice al piu' complesso

Category	Study	Authors
Movements	a) Serial or continuous	a) Fitts (1954); Kvalseth (1975)
	b) Discrete	b) Carlton (1979; 1980); Fitts & Peterson (1964).
	c) Tapping	c) Fitts (1954); Fitts & Peterson (1964); Kantowitz & Elvers (1988); Megaw (1975);
	d) Object transferral	d) Fitts (1954); Raouf & Tsui (1978)
	e) Dart throwing	e) Kerr & Langolf (1977)
	f) Three-dimensional	f) MacKenzie et al. (1987)
	g) Rotary	g) Knight & Dagnall (1967)
	h) Pointing and dragging	h) Gillan et al. (1990)
Limbs and muscle groups	a) Wrist flexion and rotation	a) Crossman & Goodeve (1963/1983); Meyer et al. (1988); Wright & Meyer (1983)
	b) Foot movements	b) Drury (1975); Hoffmann (1991b)
	c) Head movements	c) Andres & Hartung (1989a; 1989b); Jagacinski & Monk (1985)
	d) Finger manipulation	d) Hoffmann & Sheikh (1991); Langolf et al. (1976)
	e) Arm extension	e) Kerr & Langolf (1977)
	f) Rapid elbow flexion	f) Corcos et al. (1988)
	g) Speech	g) Jafari & Kondraske (1988)
	h) Hand movements	h) Beggs & Howarth (1972); Howarth et al. (1971)
	i) It has been suggest that the law would hold for the mouth or any other organ for which a suitable motor task could be devised	i) Glencross & Barrett (1989); MacKenzie (1992)
	Experimental conditions	a) Microscopic movements
b) Underwater movements		b) Kerr (1973; 1978)
c) Aircraft flight		c) Hartzell et al. (1982)
d) Controlled visual feedback		d) Carlton 1981; Crossman (1960); Glencross & Barrett (1989); Keele & Posner (1968); Meyer et al. (1988); Prablanc et al. (1979); Wallace & Newell (1983); Zelaznik et al. (1981)
e) Inert gas narcosis		e) Fowler et al. (1982)
f) Handedness studies		f) Flowers (1975)
g) Moving targets		g) Hoffmann (1991a); Jagacinski et al. (1980a; 1980b)
h) Tasks with transmission delay		h) Ferrell (1965); Hoffmann (1992); Sheridan & Ferrell (1963)
i) Tasks with unusual body dynamics		i) Newman & Bussolari (1990)
Manipulation devices		a) Hand-held stylus
	b) Rotary handle	b) Crossman & Goodeve (1963/1983)
	c) Joystick	c) Card et al. (1978); Epps (1986); Hartzell et al. (1982); Jagacinski et al. (1980a)
	d) Computer mouse	d) Boritz et al. (1991); Card et al. (1978); Epps (1986); Johnsgard (1994)
	e) Keyboard	e) Card et al. (1978); Drury & Hoffmann (1992)
	f) Food pedal	f) Drury (1975)
	g) Teleoperator	g) Draper et al. (1990); Drascic et al. (1989); Repperger & Remis (1990); Shinhar (1986)
	h) Head-controlled computer input device	h) Lin et al. (1992); Radwin et al. (1990); Spitz (1990)
	i) Ballpoint pen or digitizer tablet	i) Spitz (1990); van Galen & Schomaker (1992)
	j) Trackball	j) Arnault & Greenstein (1987); Epps (1986)
Subjects	k) Touchpad	k) Epps (1986)
	l) Eyetracker	l) Ware & Mikaelian (1987)
	m) Telerobotic system	m) Cannon & Leifer (1990)
	n) Touch tablet	n) Arnault & Greenstein (1987)
	o) Virtual reality glove	o) Johnsgard (1994)
	a) Youths and children	a) Jones (1991); Salmoni (1983); Salmoni & McIlwain (1979); Sugden (1980); Wallace et al. (1978)
	b) The aged	b) Welford et al. (1969)
	c) Intellectually handicapped patients	c) Wade et al. (1978)
	d) Patients with Parkinson's disease	d) Flowers (1976)
	e) Patients with cerebral palsy	e) Bravo et al. (1990)
f) Drugged subjects	f) Kvalseth (1977)	
g) Monkeys	g) Brooks (1979)	
h) Humans of different ages and sexes	h) Brogrous (1991)	
Performance indices (ID)	a) Less than 1 bit/sec	a) Hartzell et al. (1982)
	b) More than 60 bits/sec	b) Kvalseth (1981)
	c) Most studies report IDs in the 3 to 12 bit/sec range	c) MacKenzie (1992)

Authors Equation

Crossman (1956)

$$MT = a + b \log_2 \left(\frac{A}{W} \right)$$

Welford (1968)

$$MT = k \log_2 \left(\frac{A}{W} + 0.5 \right)$$

Welford et al. (1969)

$$MT = a + b_A \log_2 (A) + b_W \log_2 \left(\frac{1}{W} \right)$$

Jagacinski et al. (1980b)

$$MT = c + dA + e(V + 1) \left(\frac{1}{W} - 1 \right)$$

Jagacinski et al. (1980b)

$$MT = p + q \log_2 \left\{ 2 \left[A + \frac{V}{W} (MT + T) \right] \right\}$$

Jagacinski et al. (1980b)

$$MT = x + y \log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) + z \log_2 \left[\frac{V}{WT} + 1 \right]$$

Hoffman (1991a)

$$MT = \frac{1}{K} \ln \left[\frac{A + \frac{V}{K}}{\frac{W}{2} - \frac{V}{K}} \right]$$

$$\text{and } MT = a + b \log_2 \left(A + \frac{V}{K} \right) - c \log_2 \left(\frac{W}{2} - \frac{V}{K} \right)$$

Hoffman (1992)

$$MT = -a + b(c + D) \log_2 \left(\frac{2A}{W} \right)$$

MacKenzie (1989; 1992)

$$MT = a + b \log_2 \left(\frac{A}{W} + 1 \right)$$

Gan & Hoffmann (1988)

$$MT = a + b\sqrt{A}$$

Johnsgard (1994)

$$MT = a + b \log_2 \left(\frac{A/W}{G} + 1 \right)$$

Kvalseth (1980)

$$MT = a \left(\frac{A}{W} \right)^b$$

~~$$MT = a + b \sqrt{g_2(2A/W)}$$~~



- Klapp S.T. (1975)
- Cesari P. & Newell K.M. (2002)
- Danion F., et al (1999)
- Duarte M. & Freitas S.M. (2006)
- Duarte M. & Latash M.L. (2007)

1. Klapp S.T. (1975)

- Egli dimostro che la legge di Fitts non si applica per distanze molto brevi e target molto grandi

Brevi Distanze → Feedforward

Lunghe Distanze → Feedback

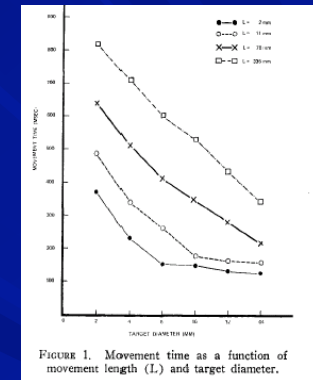
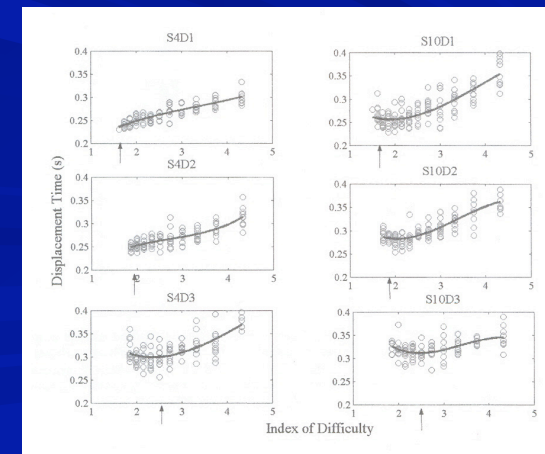


FIGURE 1. Movement time as a function of movement length (L) and target diameter.

2. Cesari P. & Newell K.M. (2002)

- Prensione di oggetti di diverse dimensioni e densità
- MT non è lineare con ID ma mostra una funzione ad U con un minimo
- a masse molto basse e masse molto alte il tempo del movimento è più alto



3. Danion F., et al (1999), Duarte M. & Freitas S.M. (2006)

- ❖ Il Tempo del Movimento (MT) è funzione lineare di ID ma considerando ciascuna distanza (A) separatamente.
- ❖ “ b ” incrementa all’aumentare dell’ampiezza dell’movimento

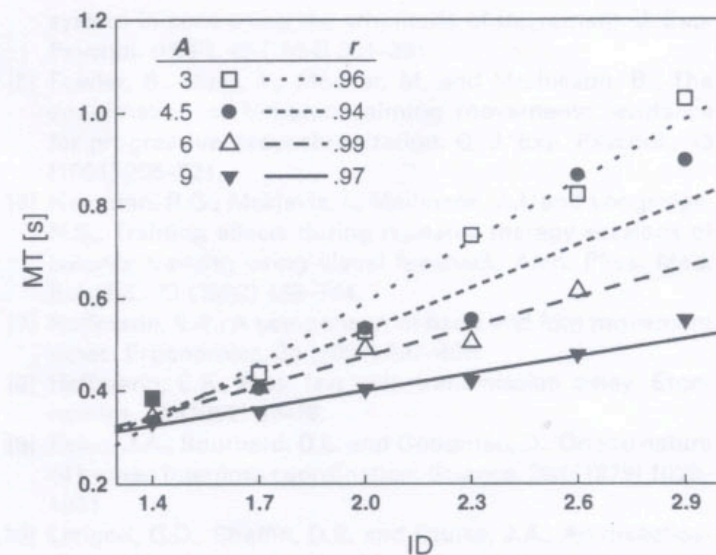
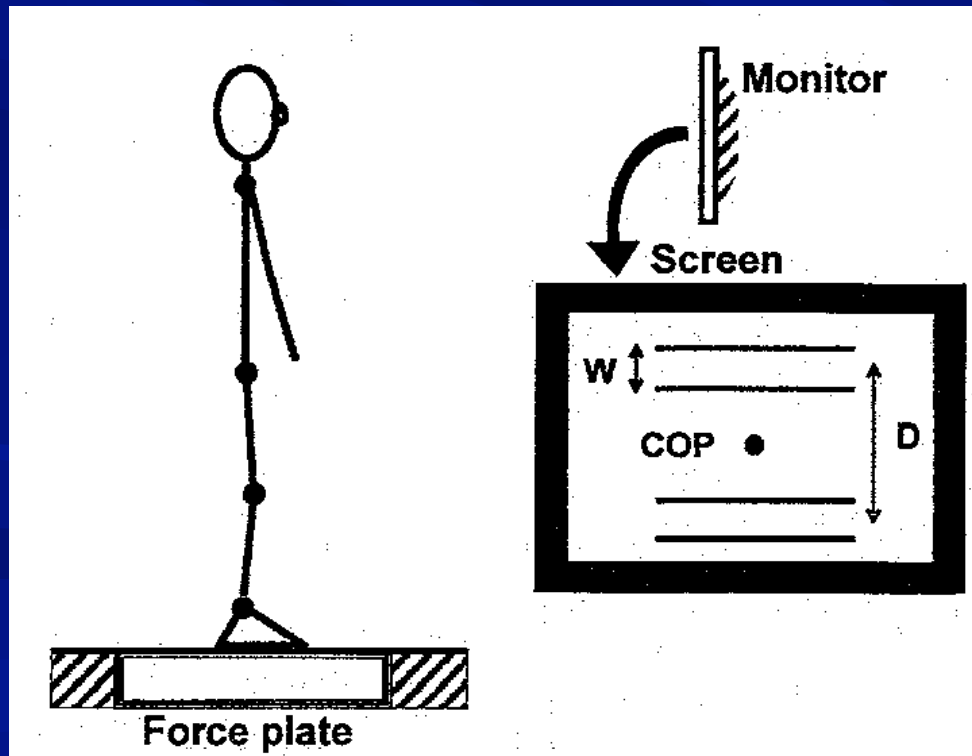
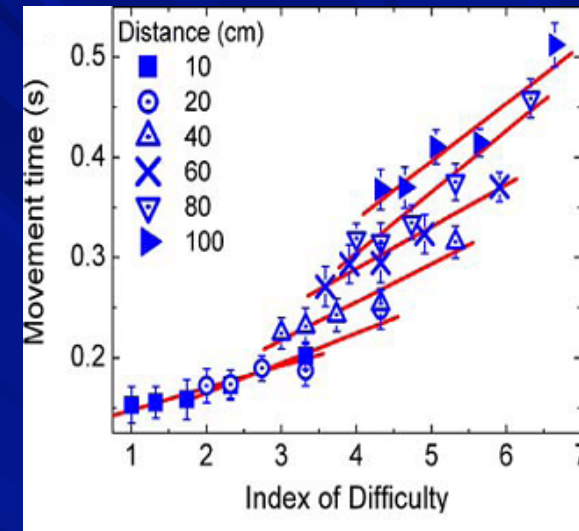
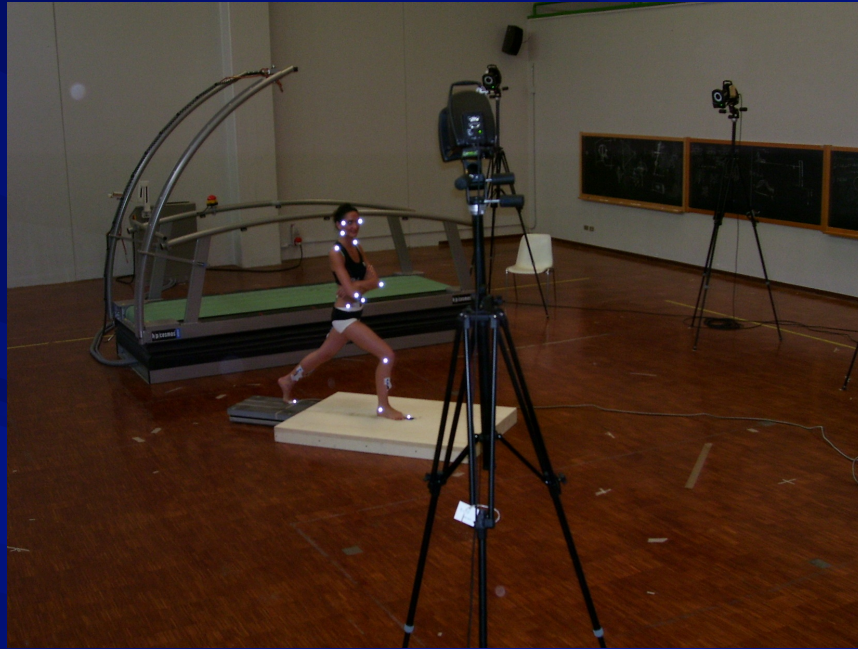


Fig. 1. Mean movement time (MT) as a function of index of difficulty (ID) for different movement amplitudes (A s): 3, 4.5, 6 and 9 cm. Linear regression lines and their corresponding correlation coefficients are presented for each A .

4. Duarte M. & Latash M.L. (2007)



- Il Tempo del movimento del puntamento è funzione lineare per ciascuna distanza come per i movimenti posturali del COP
- Variazioni del Tempo del Movimento (MT) sono proporzionali a variazioni delle preparazioni posturali per muovere il piede

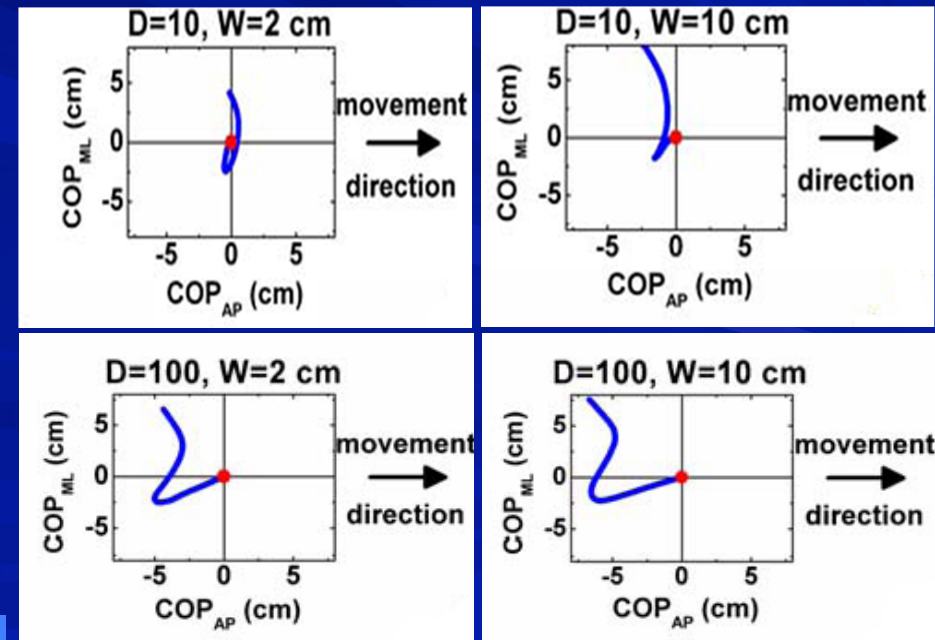
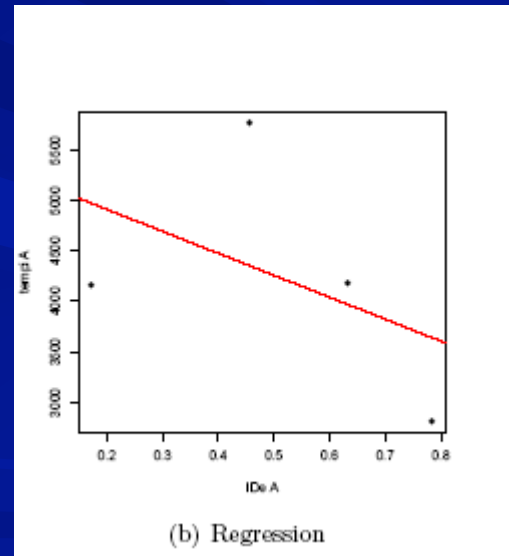


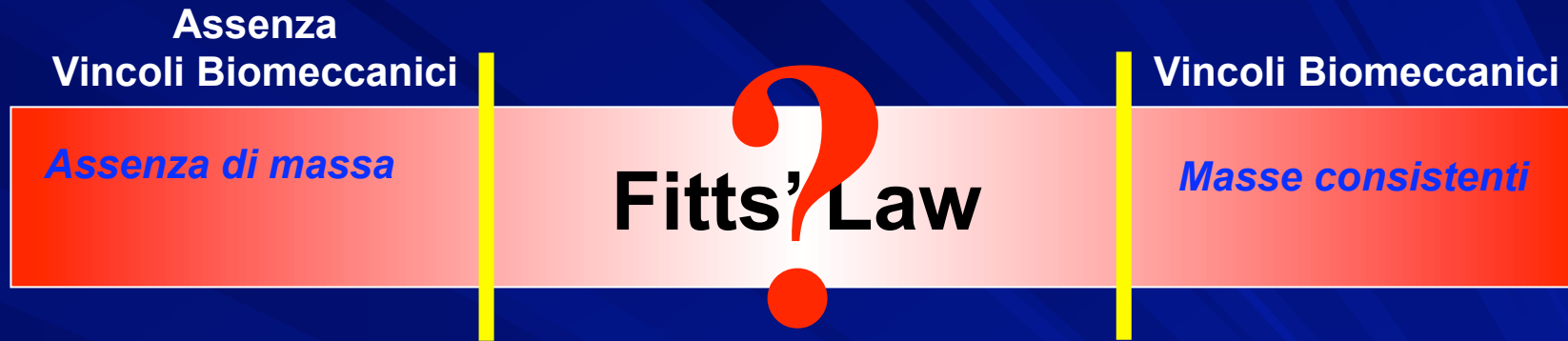


Fig. 5.14. The Theremin played by Leon Theremin

Con la mano sinistra
cambia ampiezza del
suono con la destra la
frequenza



Feedback uditivo



Vincoli biomeccanici
agli estremi



Violazione Legge di Fitts

Fitts' Law



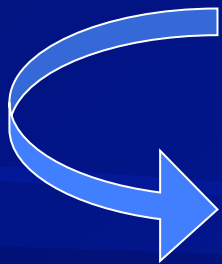
Origine Neurofisiologica ?



Feedforward ?



Feedback ?



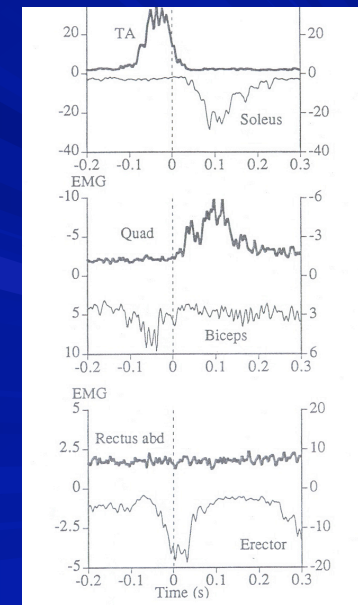
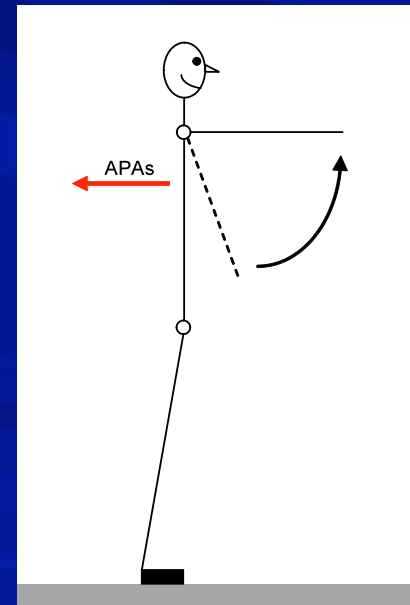
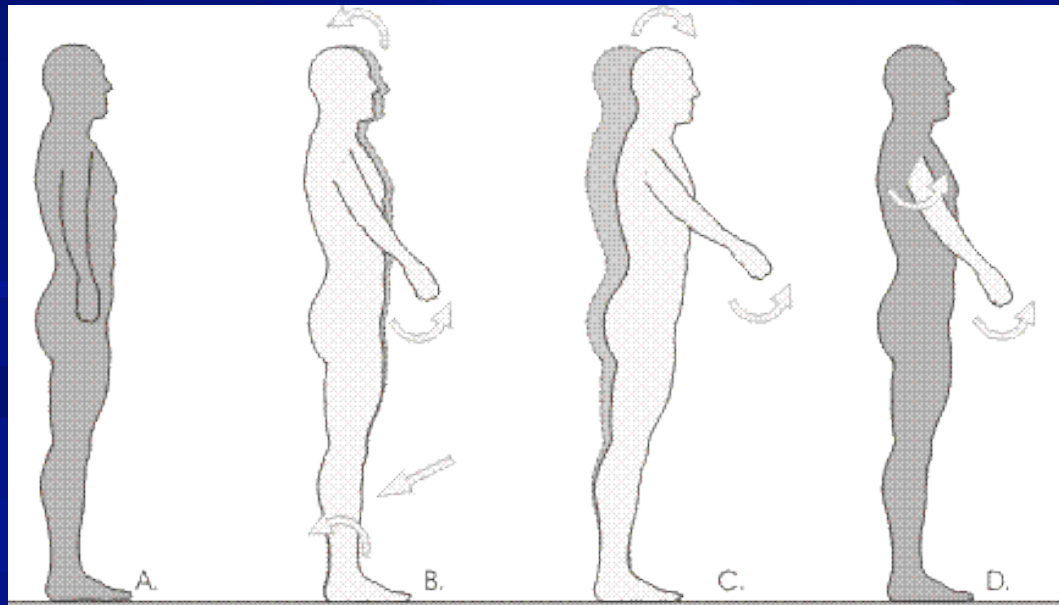
Come ?

Anticipatory Postural Adjustments

Anticipatory Postural Adjustments

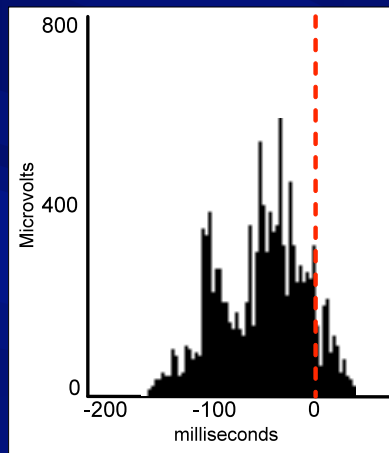
- ❖ APAs sono contrazioni dei muscoli posturali generate 50-150 ms prima di compiere un movimento volontario veloce che virtualmente potrebbero portare il corpo in una situazione di instabilità
- ❖ Assumono il ruolo di neutralizzare gli effetti meccanici perturbativi attesi dall'esecuzione del movimento stesso tramite controllo a feedforward

(Belenkiy V.Y., et al, 1967; Bouisset S.M. & Zattara M., 1987; Massion J., 1992,1994; Latash M.L. 1998; Aruin A., 2002)



APAs sono influenzati da alcuni fattori:

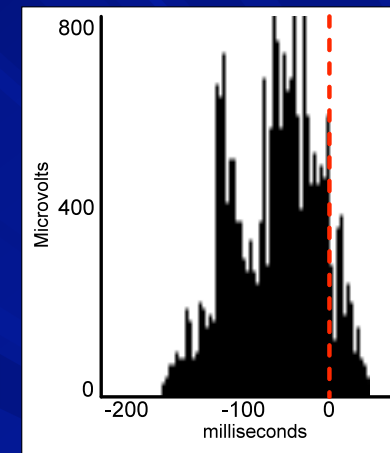
- La loro intensità è proporzionale all'intensità dell'azione motoria/perturbazione (Horak F.B., et al., 1984; Bouisset S.M. & Zattara M., 1987; Aruin A.S. & Latash M.L., 1995a, 1995b, 1996)



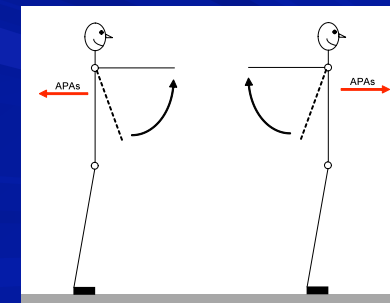
-

Azione motoria
Perturbazione

+



- La loro direzione dipende dalla direzione del movimento (Aruin A.S. & Latash M.L., 1995a)
- APAs sono assenti o molto piccoli in condizioni di instabilità (Nardone A. & Schieppati M., 1988; Nouillot P., et al, 1992; Aruin A.S., et al, 1998)
- La loro comparsa, durata e ampiezza è fortemente influenzata da vincoli temporali (Tempo di Reazione) (De Wolf S., et al, 1998; Slijper H., et al, 2002)



Come gli APAs possono chiarire l'origine neurofisiologica della Legge di Fitts?

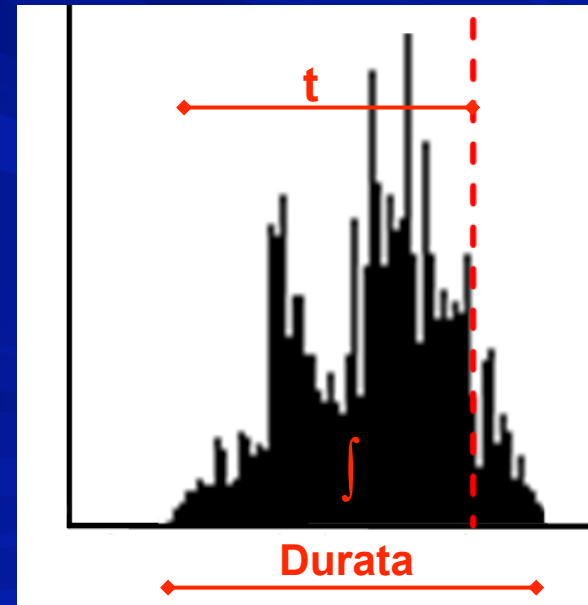
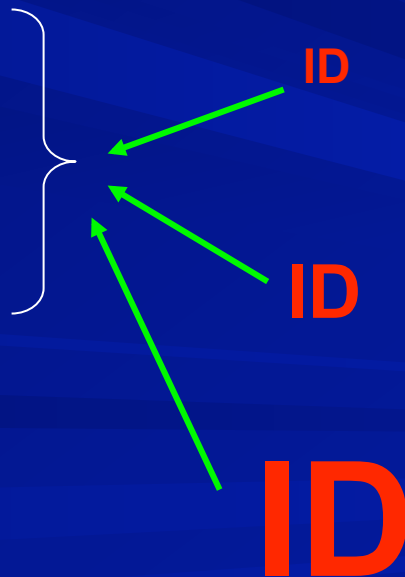
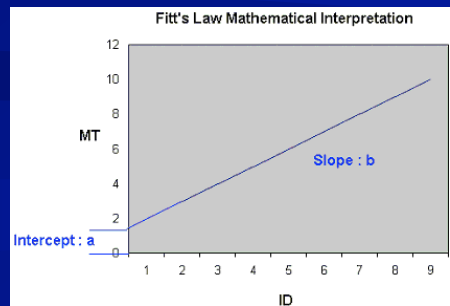
Quando pre-programmiamo le distanze da percorrere e la precisione del gesto?(feedforward)

Quando aggiustiamo i nostri movimenti durante l'esecuzione? (feedback)



Coinvolti **muscoli posturali** nell'esecuzione del movimento

- Insorgenza degli APAs (t)
- Durata
- Ampiezza (\int)



Domande:

1. Legge di Fitts



Quale origine ?



Feedforward ?

APAs

Feedback ?

2. Violazione Legge di Fitts



Vincoli biomeccanici ?

3. Vincoli biomeccanici



Possono influire in modo diverso rispetto alle capacità individuali?



Esperti

Principianti



Assenza
Vincoli Biomeccanici

Assenza di massa

Fitts' Law

Vincoli Biomeccanici

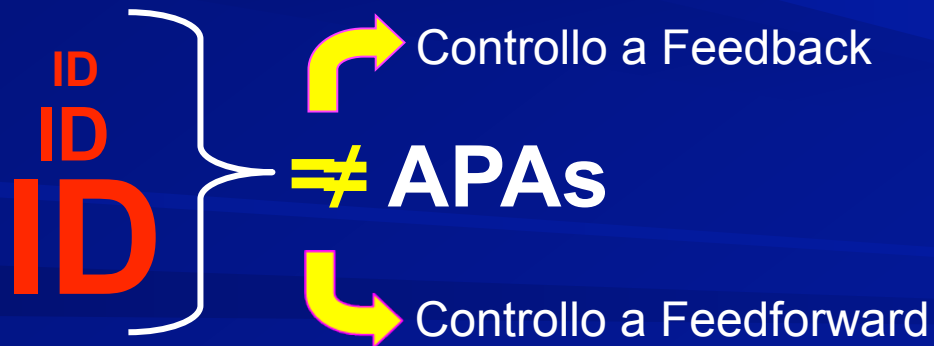
Masse consistenti

Protocolli:

1. Puntamento con il piede secondo il paradigma di Fitts (Duarte M. & Latash M.L., 2007)

- Diverse distanze (A) e ampiezze del bersaglio (W)
- Ballerine e Principianti
- MT
- W_e (errore di precisione)
- **APAs**

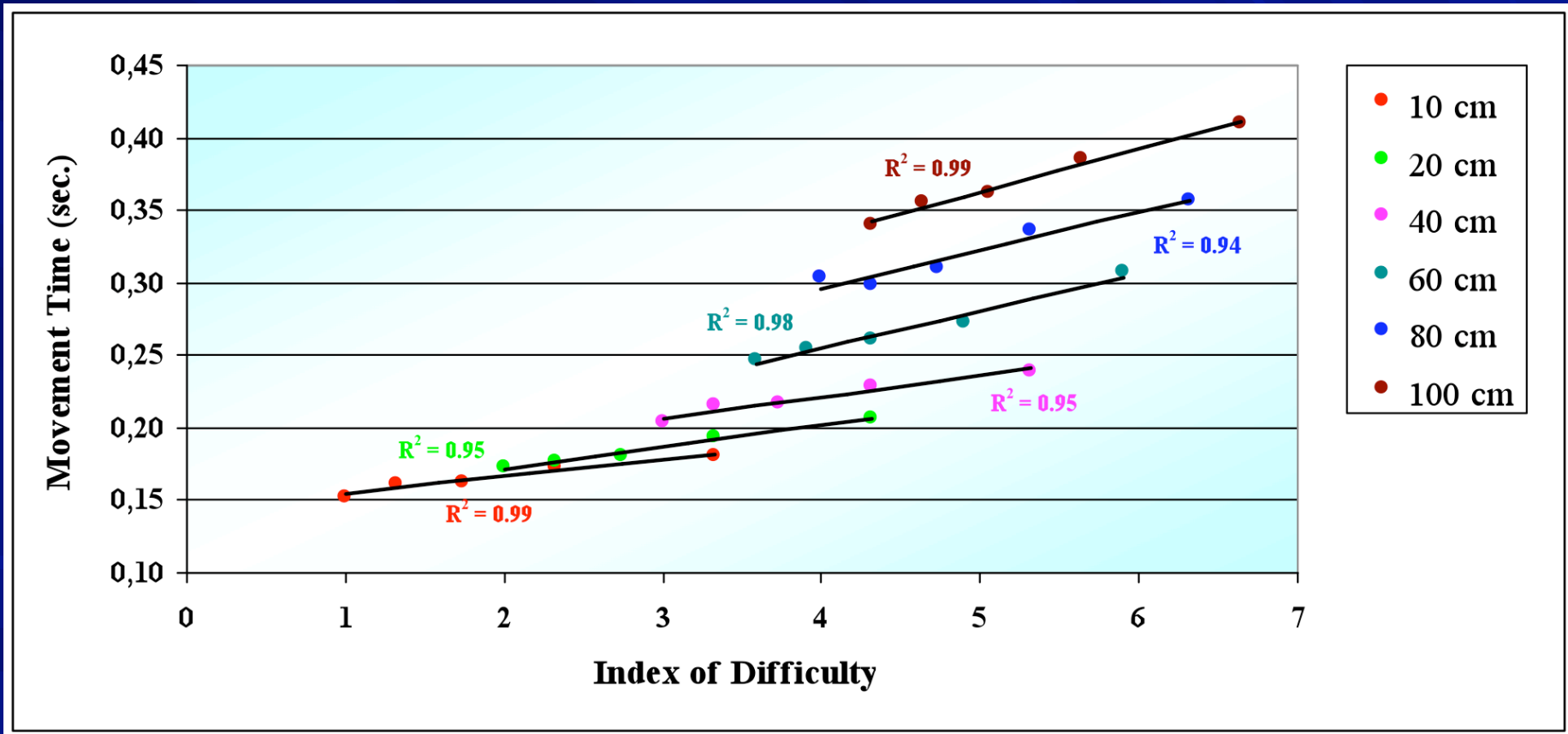
Ipotesi



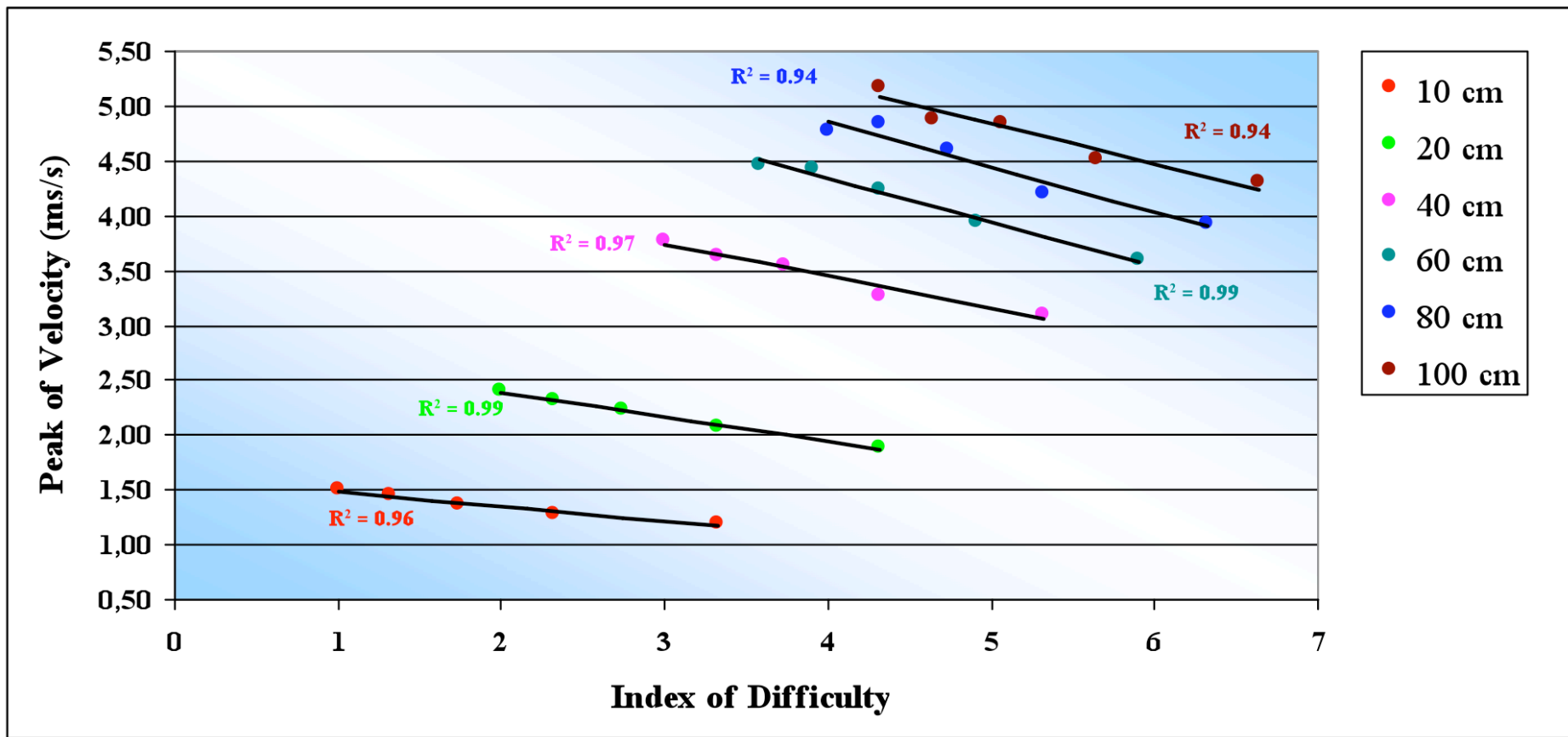
Strategie motorie diverse



Indice di difficoltà in funzione del tempo del movimento



Indice di difficoltà in funzione del picco della velocità



Indice di difficoltà e APA

