

Laurea specialistica in Scienze e tecniche dello sport
Biomeccanica del movimento e dello sport ARDIGO' 14
(2010/2011)

La locomozione e le 'interferenze' ambientali

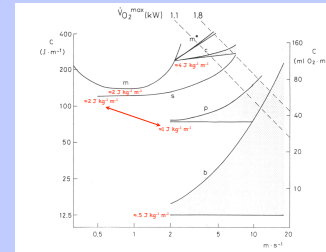
Giovedì 24 Marzo h. 13:30÷15 Biomeccanica del movimento
e dello sport ARDIGO' 14

Luca P. Ardigo

Superficie

Es. 'scivolanti': sci di fondo (double pole) [s] vs. pattinaggio su ghiaccio [p]

C vs. velocità

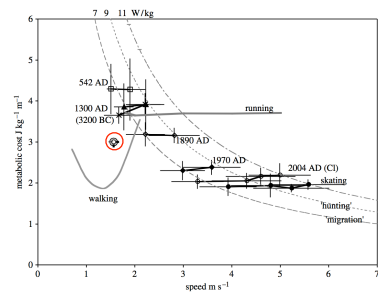


di Prampero PE (1985) La locomozione umana su terra, in acqua, in aria. FATTI E TEORIE. edi-ermes, Milano.

Superficie
(peggioramento)

'duro' vs. neve
(marcia, corsa e sci
di fondo)

C vs. velocità

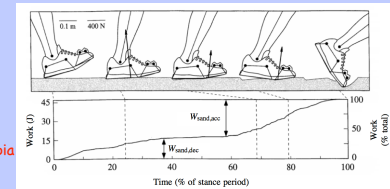


Human locomotion on snow: determinants of economy and speed of skiing across the ages. Formenti F, Ardigo LP, Minetti AE Proc Biol Sci. 2005 Aug 7;272(1572):1561-9.

Superficie
(peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

W svolto 'contro' la sabbia

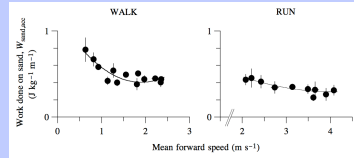


$$W_{tot} = W_{ext} + W_{int} = W_{com} + (W_{ext}) + W_{int}$$

Superficie (peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

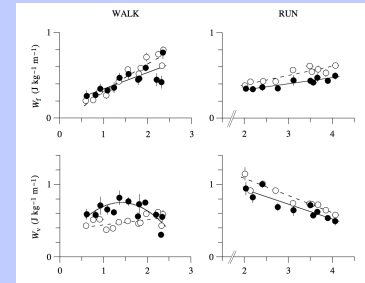
$W_{sand,acc}$ vs. velocità



Superficie (peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

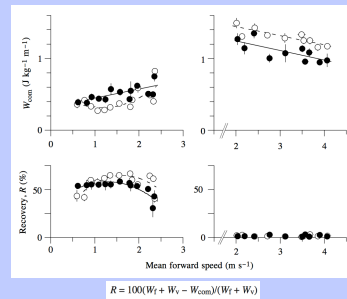
W_f e W_v vs. velocità ($m \cdot s^{-1}$)



Superficie (peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

W_{com} ed R vs. velocità

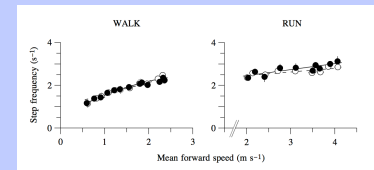


$$R = 100(W_f + W_v - W_{com}) / (W_f + W_v)$$

Superficie (peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

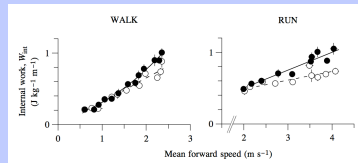
freq vs. velocità



Superficie
(peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

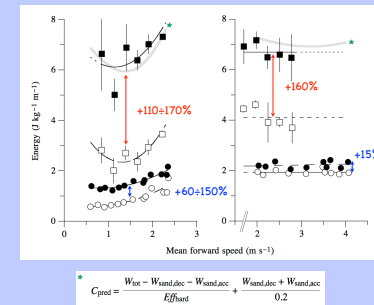
W_{int} vs. velocità



Superficie
(peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

W_{tot} e C vs. velocità



$$C_{prod} = \frac{W_{tot} - W_{sand,dec} - W_{sand,acc}}{Eff_{hand}} + \frac{W_{sand,dec} + W_{sand,acc}}{0.2}$$

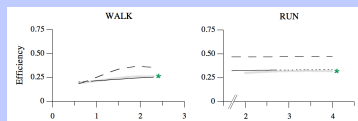
Superficie
(peggioramento)

'duro' vs. sabbia
(marcia e corsa)

Eff vs. velocità (m s⁻¹)

W_{tot} ↑ (specialmente marcia)
Eff ↓ (specialmente corsa)

$W_{sand,acc}$ e Eff^+ ↓



Fonte:

Mechanics and energetics of human locomotion
on sand. Lejune TM, Williams PA, Heglund NC
J Exp Biol. 1998; Jul; 201(Pt 13):3071-80.

Superficie
(miglioramento)

'ghiaccio' vs. 'neve' vs. 'ruota'
(pattinaggio, sci di fondo, ciclismo e
carrozzina)

resistenza allo scivolamento
o rotolamento

$$R_{s/r} = C_{s/r} M g$$

Superficie
(miglioramento)

'ghiaccio'
(pattinaggio di velocità,
evoluzione)

C_s

Date	Material	Blade length (mm)	Blade width (mm)	Foot height (mm)	Mass (pair) (g)	Dynamic μ	Metabolic cost (J kg ⁻¹ m ⁻¹)
1800 BC	Animal bone	210	14	36	1450*	0.0103±0.0022	4.62±0.91
1200 AD	Ash and iron	230	6	39	1300	0.0147±0.0011	2.46±0.75
1400 AD	Ash and iron	250	6	45	900	0.0112±0.0007	2.01±0.35
1700 AD	Birch and steel	410	1.3	30	950	0.0084±0.0010	1.78±0.28
2004 AD	Fibreglass, carbon fibre, Kevlar®, steel	460	1	62	930	0.0059±0.0004	1.32±0.27

*Includes pole.

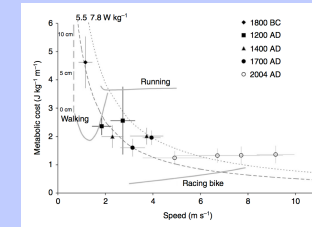
The mean values and standard deviation of the dynamic coefficient of friction (μ) measured is reported, as well as the metabolic cost (averaged between the speeds considered). Since the bone skates did not have a blade, measurements reported here show the dimensions of the underside of the bone, the part that was in contact with the ice while skating.



Superficie
(miglioramento)

'ghiaccio'
(pattinaggio di velocità,
evoluzione)

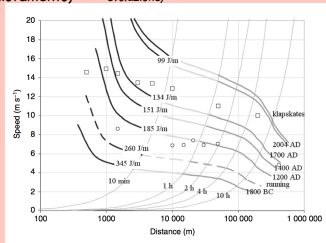
C (costo) vs. velocità



Superficie
(miglioramento)

'ghiaccio'
(pattinaggio di velocità,
evoluzione)

C ed evoluzione



Superficie
(miglioramento)

'ruota'
(ciclismo,
evoluzione)

C_r

Table 1. *The bicycles, technical data*
(Abbreviations: DFS, diamond-frame safety; PTS, pneumatic-tyre safety.)

	Hobby Horse	Boneshaker	High Wheeler	Rover (DFS)	Safety (PTS)	modern bicycle
abbreviation	HH	BS	HW	RO	SA	MB
year ^a	1820s	1860s	1870s	1880s	1890s	1900s
mass (kg)	23.7	24.5	15	20	16.5	12.1
handlebar height (m)	1.26	1.22	1.40	1.20	1.30	0.95
saddle height (m)	0.86	0.99	1.31	0.95	1.01	0.90
front wheel diameter (m)	0.725	0.89	1.27	0.75	0.71	0.64
rear wheel diameter (m)	0.725	0.74	0.44	0.75	0.71	0.64
distance travelled per pedal revolution (m)	—	2.80	3.99	4.45	5.20	5.02 ^b
tyre thickness (mm)	20	20	20	20	40	45
rim or spokes	wood	wood	metal	metal	pneumatic ^c	pneumatic ^c
tyres	no	metal	solid rubber	solid rubber	front: pneumatic ^c rear: pneumatic ^c	front: pneumatic ^c rear: pneumatic ^c
brakes	no	rear	front	front	front	front or rear
bike + subject frontal area (m ²)	0.46 ± 0.02	0.44 ± 0.02	0.55 ± 0.01	0.48 ± 0.01	0.49 ± 0.03	0.46 ± 0.01
rolling resistance, C _r	0.0208 ± 0.0018	0.0284 ± 0.0026	0.0158 ± 0.0020	0.0200 ± 0.0029	0.0083 ± 0.0037	0.0084 ± 0.0037
air density, ρ (kg m ⁻³)	1.193	1.192	1.186	1.200	1.195	1.195

^aFront and rear wheel pressure during the experiments: 4 bar (405 kPa).

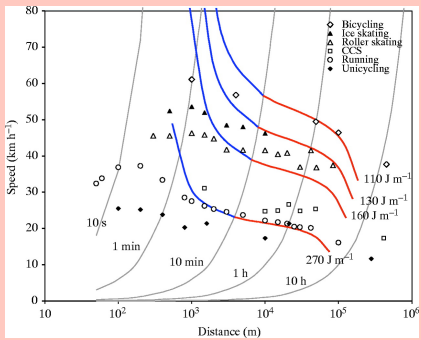
^bPeriod of production/introduction of the model. For details see Dodge (1996).

^cThis distance corresponded to the chainwheel/leg choice of the subjects at all the investigated speeds.

Superficie
(miglioramento)

'ruota'
(ciclismo,
evoluzione)

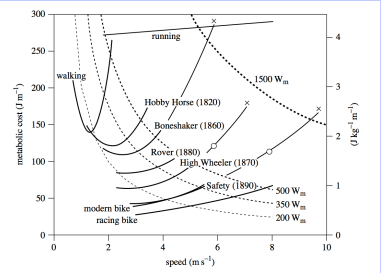
C e record



Superficie
(miglioramento)

'ruota'
(ciclismo,
evoluzione)

C vs. velocità



Superficie
(miglioramento)

'ruota'
(carrozzina da
pallacanestro,
evoluzione)

C_r



	IV	QD	QT	QUATTRO	IT
abbreviation	IV	QD	QT	QUATTRO	IT
year	early 1960's ^a	1980	2001	2002	
mass (kg)	23.0	36.0	33.5	30.0	
seat height (m)	0.480	0.500	0.430	0.400	
caster angle (degrees)	8°	7°	14°	14°	
wheels (R = rear, FC = front caster, AC = rear caster)	2R-2FC	2R-2FC	2R-2FC-1AC	2R-2FC-1AC	2R-2FC-1AC
wheel diameter (m) (WHL)	0.61024	0.61024	0.61024	0.61024	0.61024
rim diameter (m) (RIM)	0.58423	0.58423	0.61024	0.61024	0.61024
tyre height (mm)	25	25	22	22	
tyre width (mm)	25	25	22	22	
frame	steel	aluminum	chrome-molybdenum	Wustum	
spokes	steel	steel	steel	Wustum	
SPRS	pneumatic ^b	pneumatic ^c	pneumatic ^c	pneumatic ^c	
air density, ρ (kg m ⁻³)	1.189 ± 0.002	1.181 ± 0.002	1.178 ± 0.010	1.177 ± 0.009	
chair + subject frontal area (m ²)	0.76 ± 0.06	0.75 ± 0.07	0.76 ± 0.07	0.76 ± 0.06	
rolling resistance coefficient, C _r	0.0229	0.0231	0.0230	0.0230	
work against rolling resistance, W _r (J m ⁻¹)	43.980 ± 7.393	17.649 ± 3.254	17.007 ± 3.219	5.399 ± 0.950	
relative travelable distance (m ²)	100 ± 1.2	226 ± 49	238 ± 66	213 ± 12	

^aOriginal design 1933.

^bWheel pressure during the experiments: 3 bar (300 kPa).

^cWheel pressure during the experiments: 0 bar (0 kPa).

^dWheel pressure during the experiments: 3 bar (300 kPa).

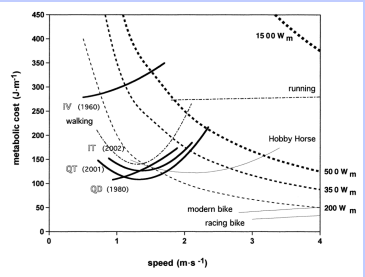
^eSee text for explanation.

Fig.1 The wheelchairs, technical data.

Superficie
(miglioramento)

'ruota'
(carrozzina da
pallacanestro,
evoluzione)

C vs. velocità



Superficie
(miglioramento)

'neve'
(sci di fondo,
evoluzione)

C_s

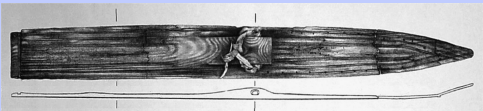


Table 1. The table lists the characteristics of the six ski pairs investigated.

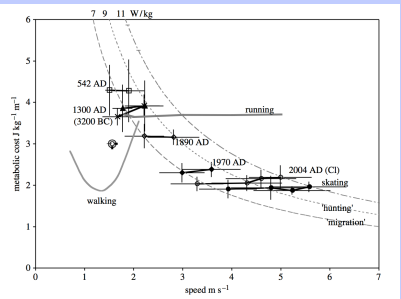
date	model	material	length (mm)	width (mm)	underside	pole(s)	mass ^a (kg)	dynamic $\mu \pm \text{s.d.}$	metabolic cost $\pm$ s.d. (J kg ⁻¹ m ⁻¹)
542 AD	'Maunna' ^a (figure 2)	pine	1680	149	badger fur	1	5.0	0.151 $\pm$ 0.036	4.285 $\pm$ 0.643
1300 AD	asymmetric (long) ^b	birch	3000	97	none	1	5.0	0.085 $\pm$ 0.006	3.883 $\pm$ 0.554
1890 AD	(short) ^b	birch	2000	89	seal skin	—	—	0.054 $\pm$ 0.005	3.170 $\pm$ 0.225
1970 AD	end 1800 ^b	hick	2870	78	tar	2	6.7	0.054 $\pm$ 0.005	2.340 $\pm$ 0.195
2004 AD	last wood	hickory	2000	47	wax	2	2.6	0.020 $\pm$ 0.006	2.106 $\pm$ 0.210
2004 AD	modern (DS) ^c	carbon fibre	2010	46	wax	2	2.2	0.013 $\pm$ 0.004	2.106 $\pm$ 0.210
2004 AD	modern (SK) ^d	carbon fibre	1840	43	wax	2	2.0	—	1.917 $\pm$ 0.181

^a Includes skis, bindings, boots and pole(s).
^b Replicat of archaeological specimen.
^c Diagonal stride.
^d Skating.

Superficie
(miglioramento)

'neve'
(sci di fondo,
evoluzione)

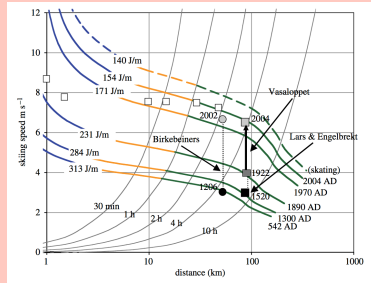
C vs. velocità



Superficie
(miglioramento)

'neve'
(sci di fondo,
evoluzione)

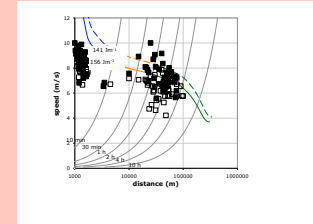
C ed evoluzione



Superficie
(miglioramento)

'neve'
(sci di fondo)

C e record



Superficie
(miglioramento)

'ghiaccio' vs. 'neve' vs. "ruota"
(pattinaggio, sci di fondo, ciclismo e
carrozzina)

resistenza allo scivolamento
o rotolamento

$$R_{s/r} = C_{s/r} M g$$

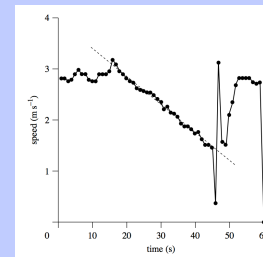
0.0058 (C_s pattinaggio) < 0.0084 (C_r ciclismo) $\approx$ 0.0078 (C_r carrozzina) < 0.0130 (C_s sci di fondo)

$$R_r = C_r M g$$

$$F = -R_r$$

$$v = v_0 - C_r g t$$

C_r (1) (coasting down)



Disponibili tirocini, tesi triennale e specialistica (1: 5)

- Recupero corsa in avanti vs. corsa all'indietro;
- bioenergetica della corsa prolungata in pista e su treadmill;
- bioenergetica & biomeccanica della corsa prolungata (MF);
- bioenergetica & biomeccanica dell'in-line skating (MpF);
- bioenergetica & biomeccanica dell'handbiking (PhD p);

Disponibili tirocini, tesi triennale e magistrale (2: 6)

- bioenergetica & biomeccanica dell'handbiking dopo RMET (PhD p);
- bioenergetica & biomeccanica dell'handbiking dopo HIT (PhD p);
- bioenergetica & biomeccanica dopo long bed rest (MF);
- bioenergetica & biomeccanica del nordic running;
- bioenergetica & biomeccanica di vari trekking (MF);
- costo metabolico marcia, corsa, ciclismo e sci di fondo stessi soggetti;

Disponibili tirocini, tesi triennale e magistrale (3: 5)

- costo EMG della marcia (MF);
- frequenza di skipping e costo metabolico della corsa (MpF);
- review dei sistemi di misura portatili dell'attività fisica e del dispendio metabolico (C);
- salto in lungo da fermo con masse aggiunte ed allenamento;
- bioenergetica e biomeccanica della regata velica.