



Biomecánica y eficiencia energética de la marcha en niños obesos

Ivaniski-Mello, A.^{1,3}, Bianchi, H.O.¹, Dewolf, A.H.², Buzzachera, C.F.³, Peyré-Tartaruga, L.A.^{1,3}

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil

² Université Catholique de Louvain, Belgium

³ Università degli Studi di Pavia, Italy

Leonardo A. Peyré-Tartaruga, PhD, profesor asociado

22/05/2024

Seminario de
Ingeniería Biomedica 2024



FORÇA PARA O RIO GRANDE DO SUL, BRASIL



LOCOLAB



Obiettivo centrale

- Studiare i meccanismi minimizzanti del dispendio energetico della locomozione umana

PENDULAR

ELASTIC





RESEARCH ARTICLE | Open Access |

Pendular mechanism determinants and elastic energy usage during walking of obese and non-obese children

Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga , Henrique Bianchi Oliveira, Arthur H. Dewolf, Cosme Franklim Buzzachera, Flávia Gomes Martinez, André Ivaniski-Mello

First published: 18 September 2023 | <https://doi.org/10.1113/EP091408>

DOI: 10.1113/EP088558

RESEARCH PAPER



When mechanical work meets energetics: Obese versus non-obese children walking

Henrique Bianchi Oliveira¹ | Rodrigo Gomes da Rosa¹ |
Natalia Andrea Gomeñuka^{1,2} | Alberito Rodrigo de Carvalho^{1,3} |
Roberto Fernandes da Costa⁴ | Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga¹

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32441842/>



Background

LA CAMINATA

Es el movimiento más realizado por el ser humano.

- ❖ Acto motor automatizado y cíclico;

Importancia fundamental:



FUNCIONAL

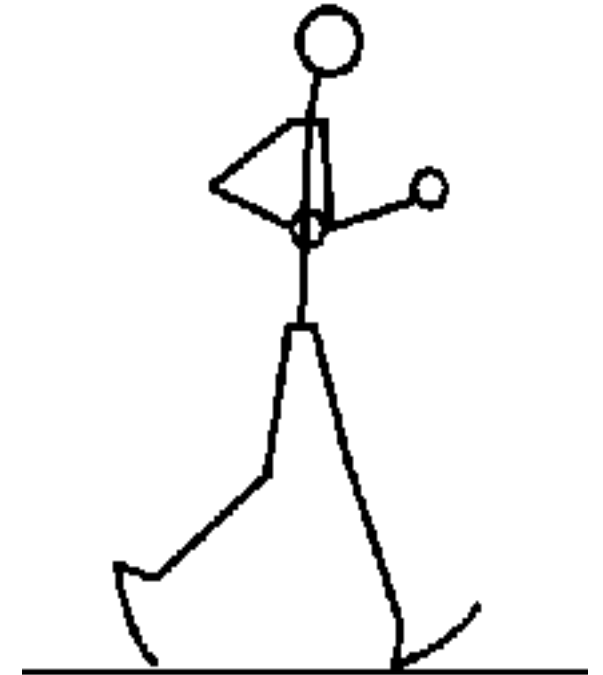


ADL



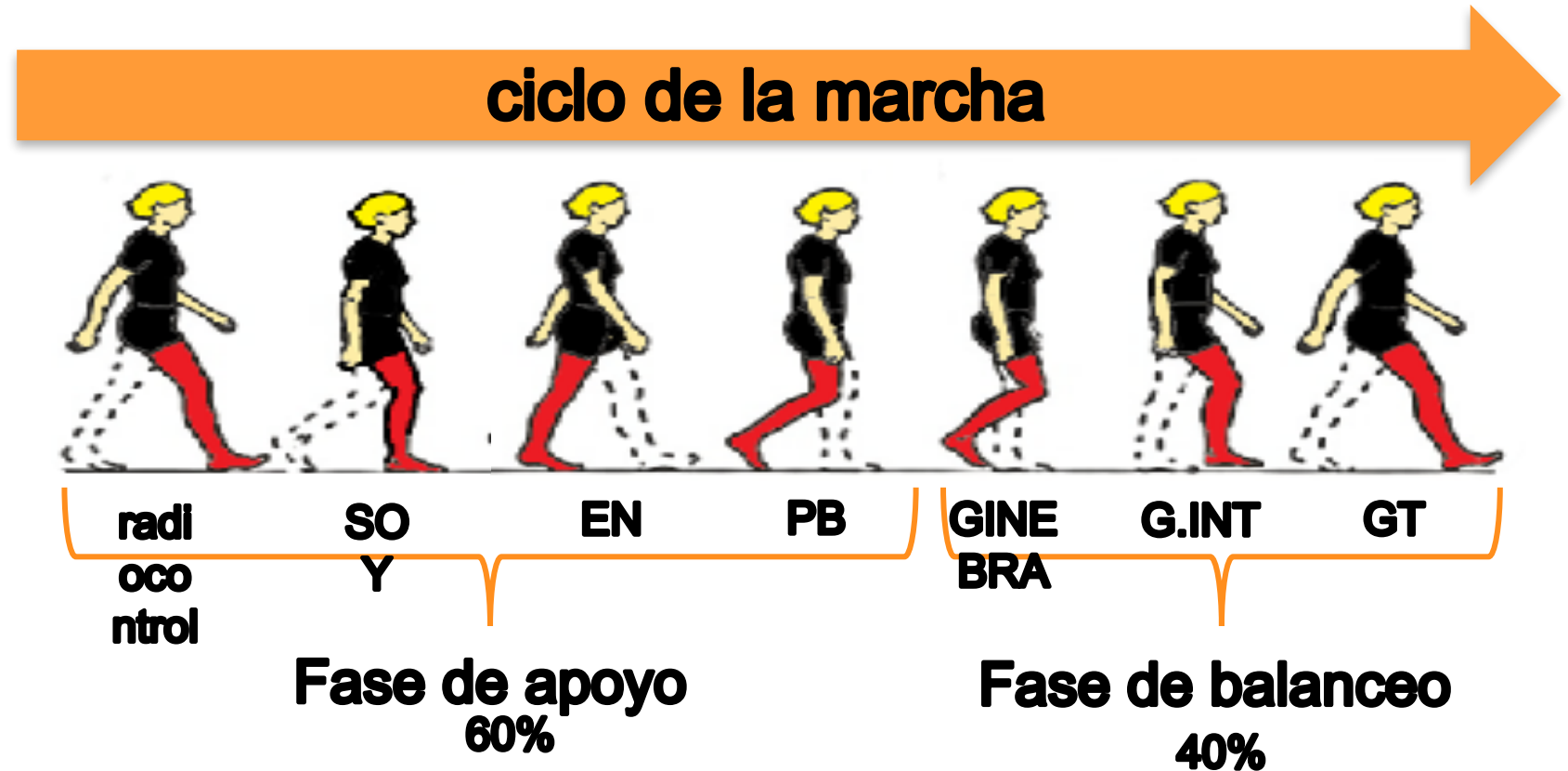
EJERCICIO FÍSICO

Reportaje : BIPEDALISMO

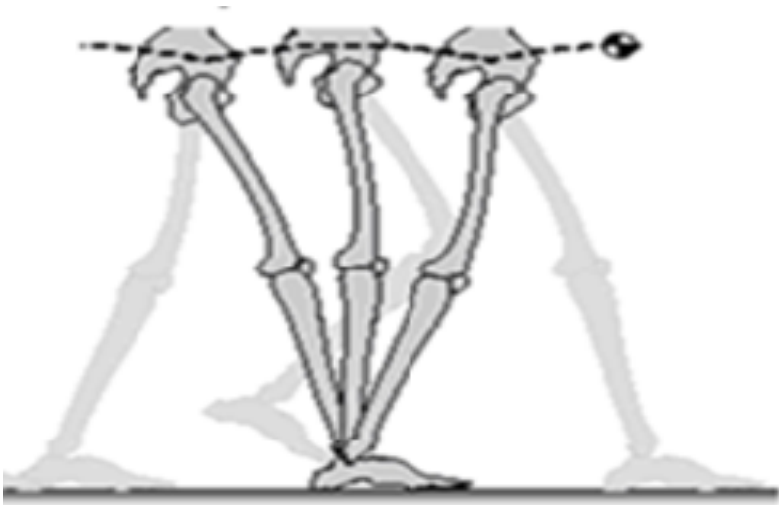


Background

- Movimientos cíclicos.
- Momentos de inestabilidad, que impulsan el cuerpo hacia adelante.
- El acto de acelerar y desacelerar lo vuelve ineficiente.



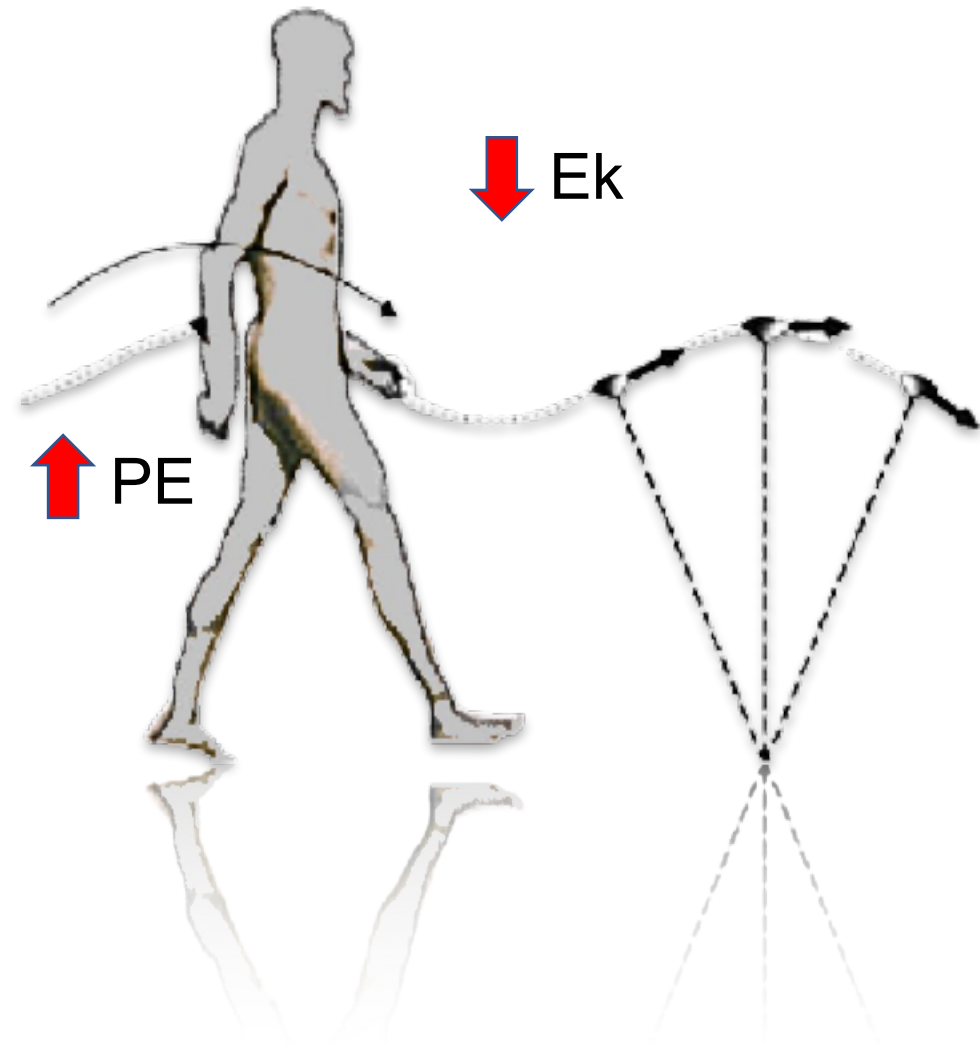
Background



- Mecanismo de minimización de energía;
- Péndulo Invertido;
- Reconversión de energías cinética (E_k) y potencial (E_p) en relación al centro de masa (CoM).

Minetti & Saibene, Eur J Appl Physiol 1992; 170:19–34.
Peyré-Tartaruga et al. Exp Physiol 2021; 106(9): 1-12.

Recuperación tipo péndulo



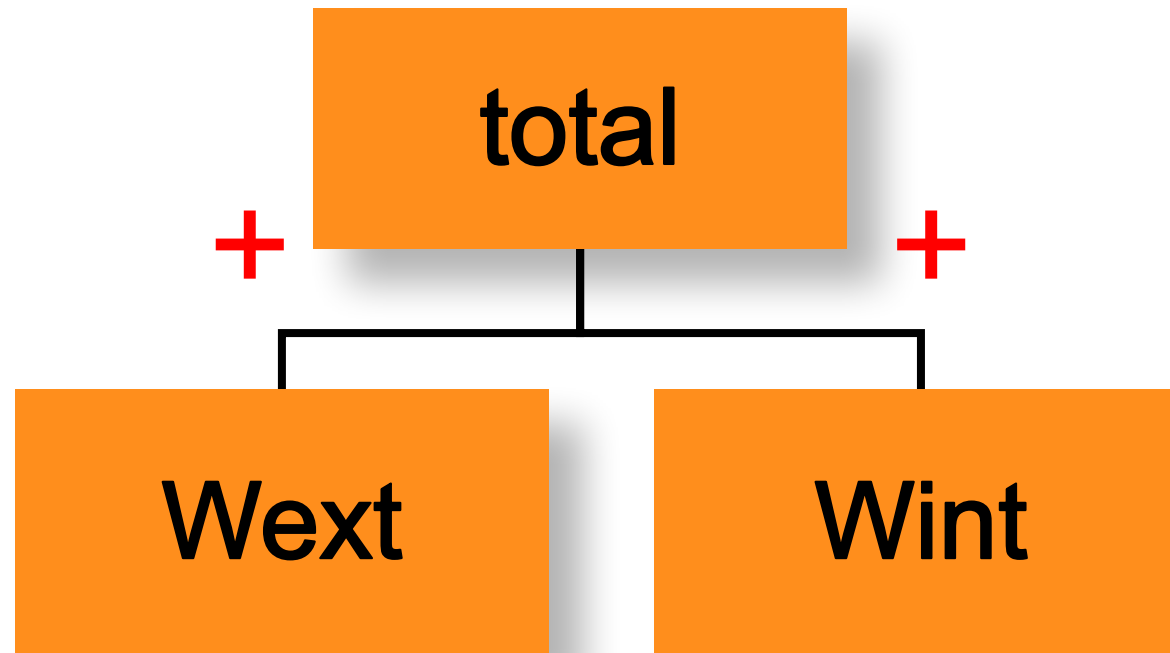
Reconversión (entre energía cinética y potencial)

Refleja la eficacia del mecanismo pendular.

Minetti & Saibene, Eur J Appl Physiol 1992; 170:19–34.
Peyré-Tartaruga et al. Exp Physiol 2021; 106(9): 1-12.

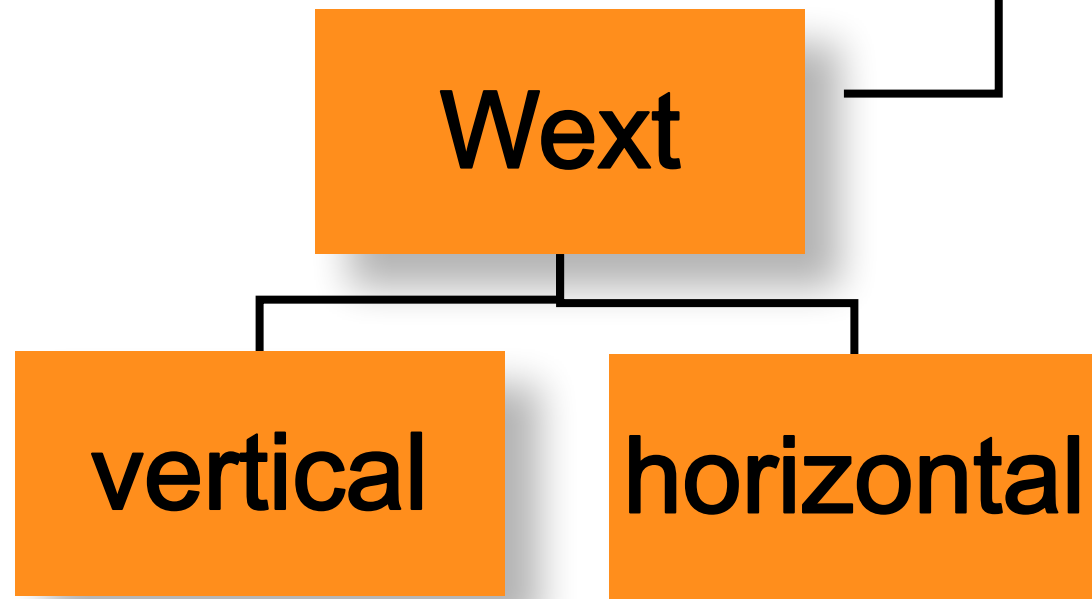
Background

El Trabajo Mecánico Total es otro parámetro fisiomecánico importante de la locomoción.



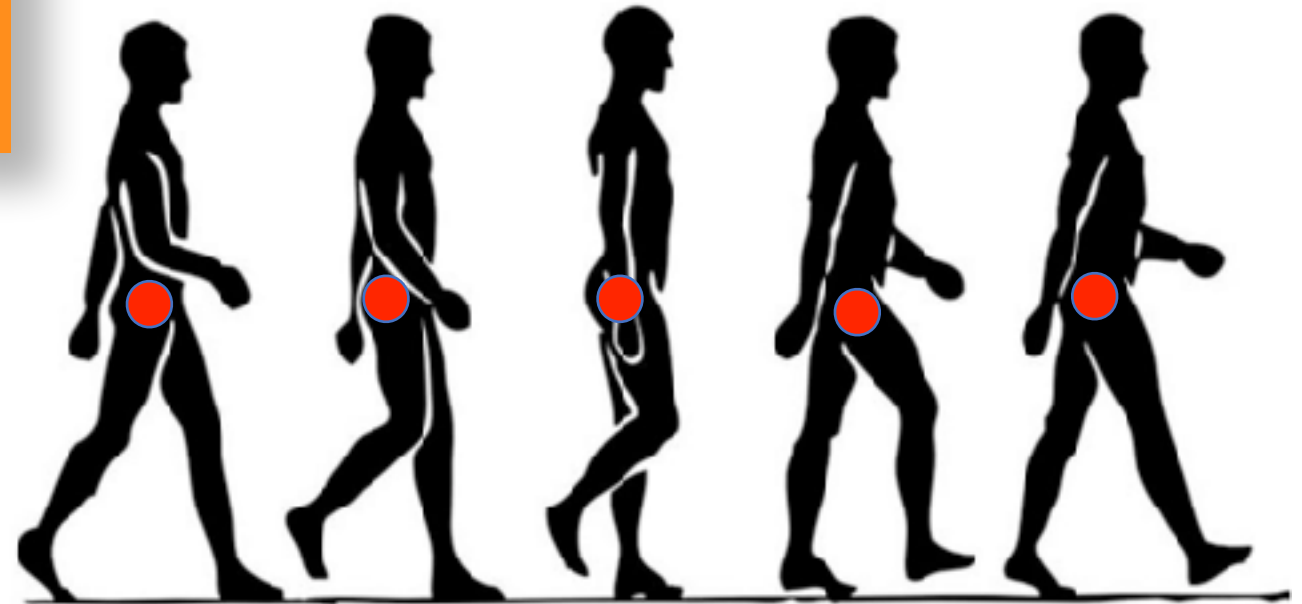
Minetti & Saibene, Eur J Appl Physiol 1992; 170:19–34.
Peyré-Tartaruga et al. Exp Physiol 2021; 106(9): 1-12.

background

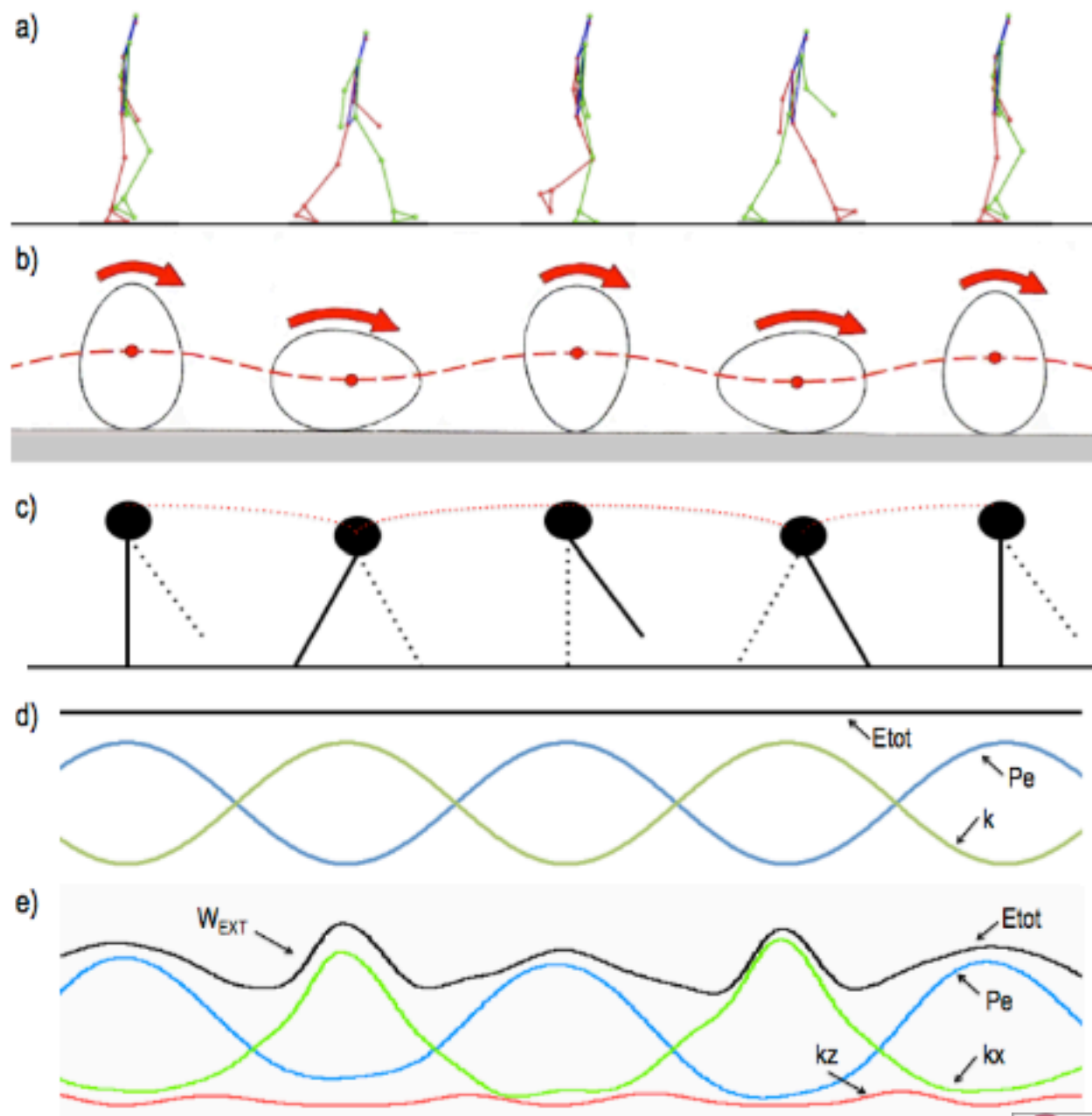


↑ CoM

→ CoM



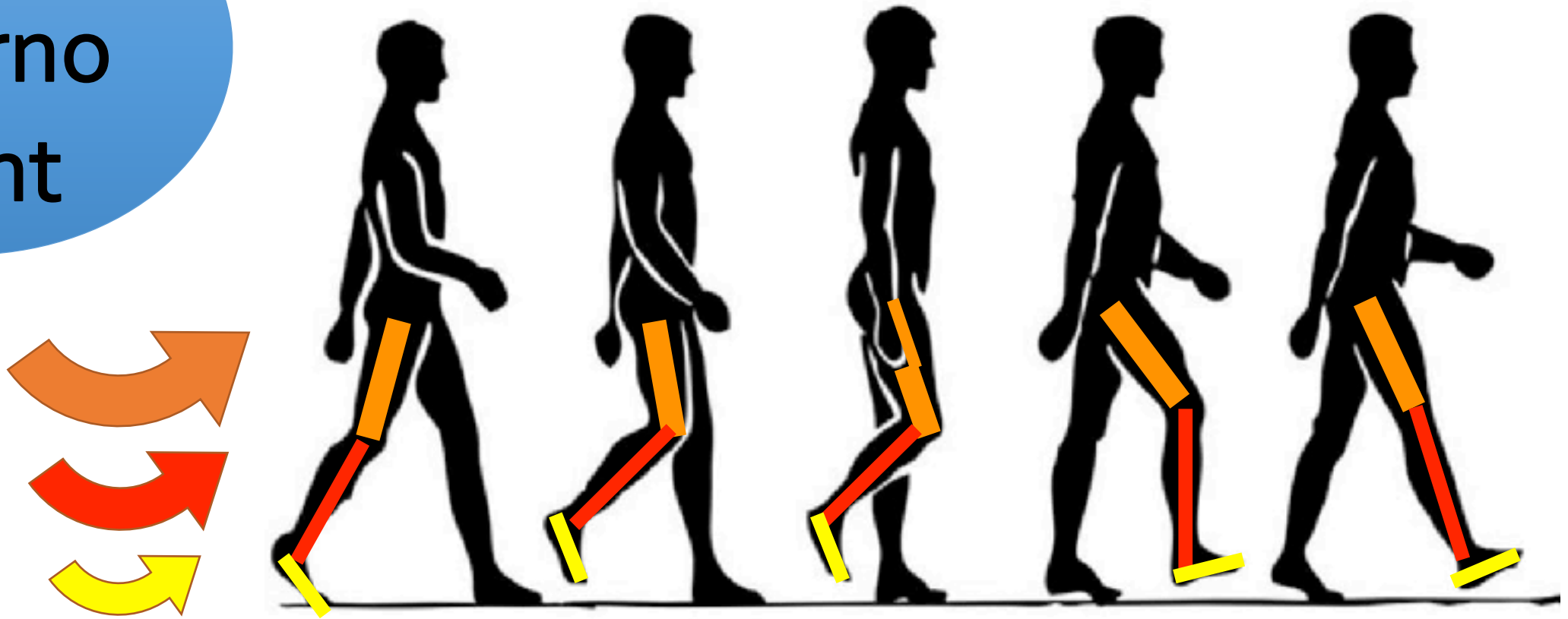
Minetti & Saibene, Eur J Appl Physiol 1992; 170:19–34.
Peyré-Tartaruga et al. Exp Physiol 2021; 106(9): 1-12.



Pavei, 2014

Background

trabajo
interno
Wint



Background



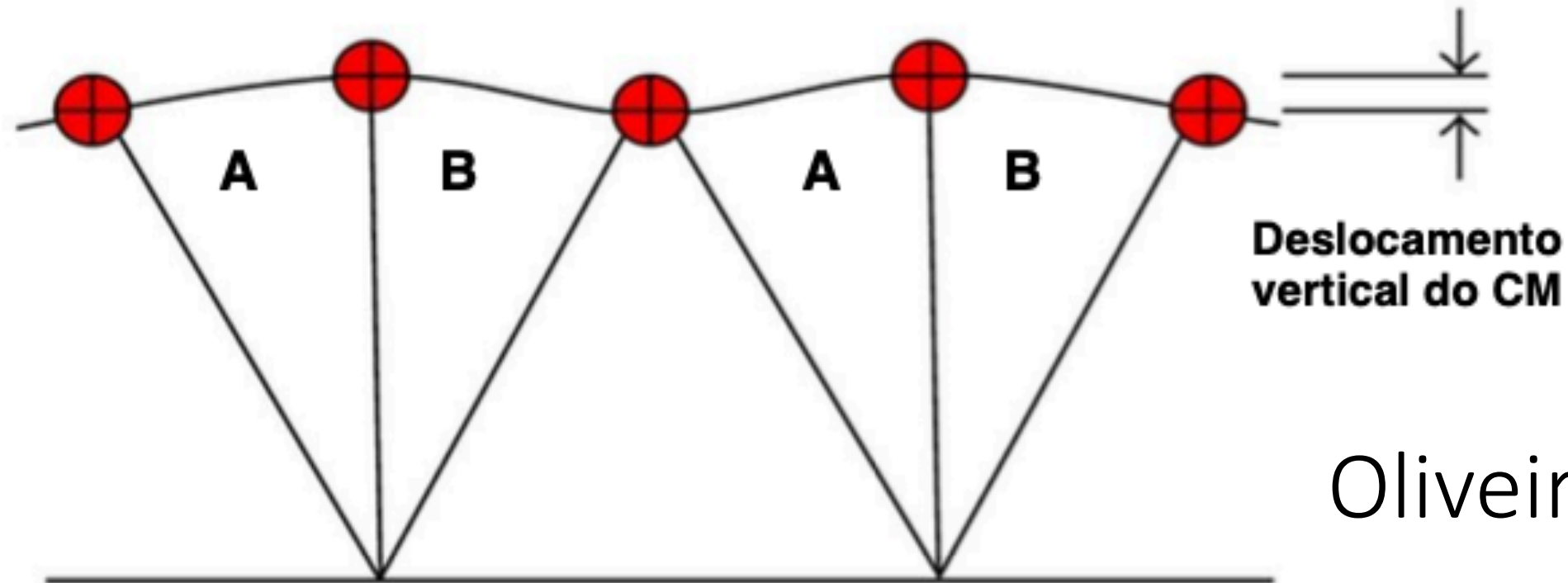
- La prevalencia de la obesidad ha aumentado a nivel mundial en los últimos años (NCD, 2016), lo que indica un importante problema de salud pública mundial.
- Oliveira et al. (2020) informaron recientemente que los niños obesos tienen una economía de caminata similar a la de sus contrapartes delgadas, a pesar del mayor trabajo mecánico interno de los niños obesos.



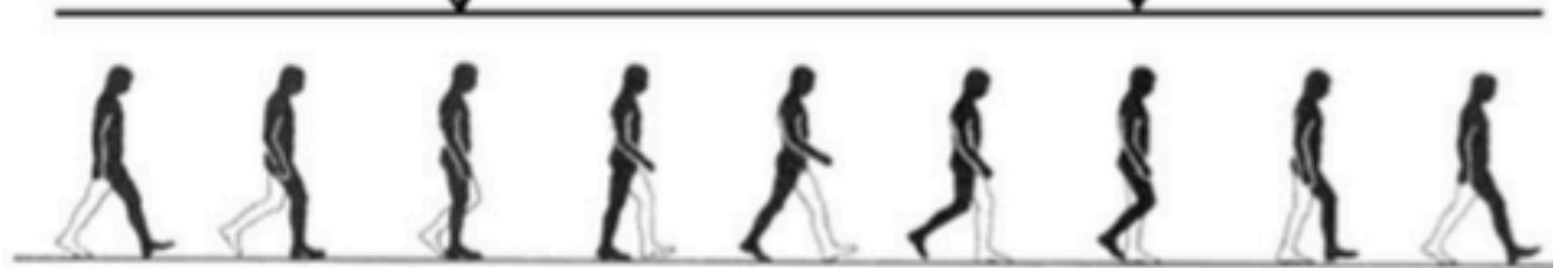
Background

- la economía de caminar es similar debido a factores mecánicos que influyen en la recuperación de energía y el posible papel del uso de energía elástica.





Oliveira, 2015



Duplo Apoio

Apoio Simples

Duplo Apoio

Apoio Simples

Duplo Apoio



Objetivo

- Por lo tanto, nuestro objetivo fue comparar la recuperación, el cambio de fase y el uso máximo posible de energía elástica (MPEEu) durante la caminata entre niños obesos y no obesos.



Hipótesis

- Nuestra hipótesis es que los niños obesos pueden depender más del **mecanismo elástico** , lo que contribuye a comprender el **costo similar del transporte** al caminar en niños obesos en comparación con los niños eutróficos.



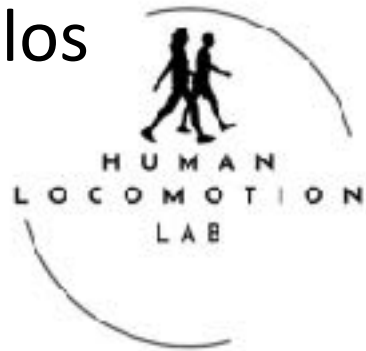
Materiales y métodos

- 12 obesos (6 mujeres, $8,6 \pm 0,51$ años, $1,38 \pm 0,04$ m, $44,6 \pm 6,65$ kg y $24,1 \pm 3,50$ kg \cdot m⁻²) y
- 12 no obesos (6 mujeres, $7,8 \pm 0,90$ años, $1,31 \pm 0,08$ m, $26,8 \pm 2,24$ kg y $16,4 \pm 1,40$ kg \cdot m⁻²)
- Los niños caminaron en una cinta rodante a cinco velocidades: 1, 2, 3, 4 y 5 km \cdot h⁻¹. El orden de las velocidades fue aleatorio.



Métodos - procedimientos

- Los datos cinemáticos se recopilaron con seis cámaras infrarrojas (200 Hz, Vicon, Reino Unido) utilizando 18 marcadores reflexivos colocados bilateralmente en el cuerpo.
- Los datos cinemáticos sin procesar se filtraron con un filtro Butterworth de paso bajo (orden 4°, 5-10 Hz).
- Las variables dependientes se calcularon mediante una rutina matemática personalizada en MATLAB (2020a, Mathworks Inc., EE. UU.).
- Se utilizaron modelos mixtos lineales generalizados para probar los efectos del grupo y la velocidad en las variables dependientes (software SPSS v. 22, IBM, EE. UU.).



Coordinación bilateral

$$\varphi(i) = \frac{\text{Step time (LL}_{\text{short-swing}})}{\text{Stride time (LL}_{\text{long-swing}})} \times 360^\circ$$

$$\text{Accuracy} = \frac{|\varphi - 180|}{180} \times 100$$

$$\text{Variability} = \frac{\varphi_{\text{SD}}}{\varphi_{\text{mean}}} \times 100$$

Indice de coordinación de fase

$$\text{PCI} = \text{Accuracy} + \text{Variability}$$

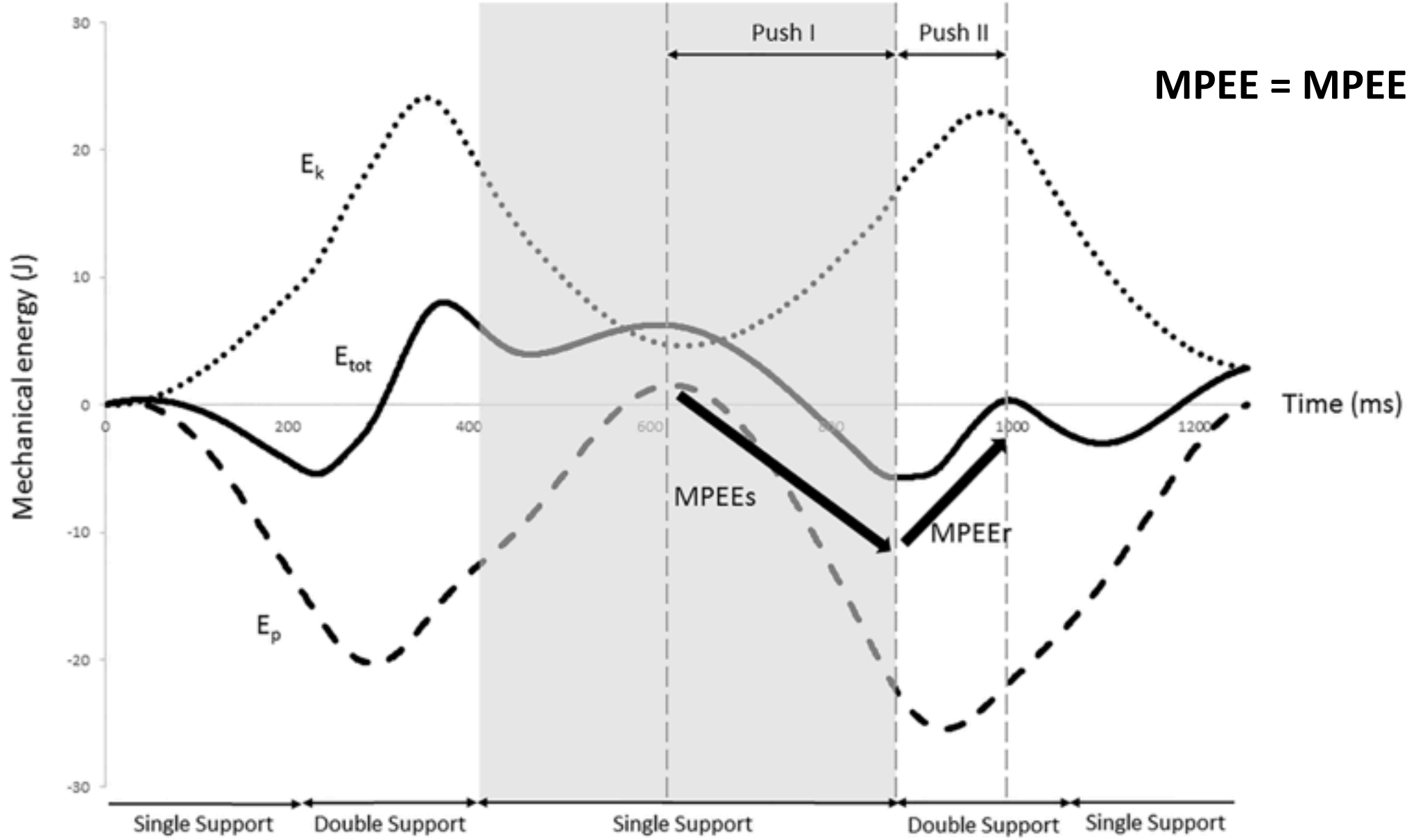
Mecanismos minimizadores

Pendular

$$\text{Recovery} = \frac{W_f + W_v - W_{\text{ext}}}{W_f + W_v} \times 100$$

Cavagna & Kaneko, J Physiol, 1977





$MPEE = MPEEs - MPEEr$

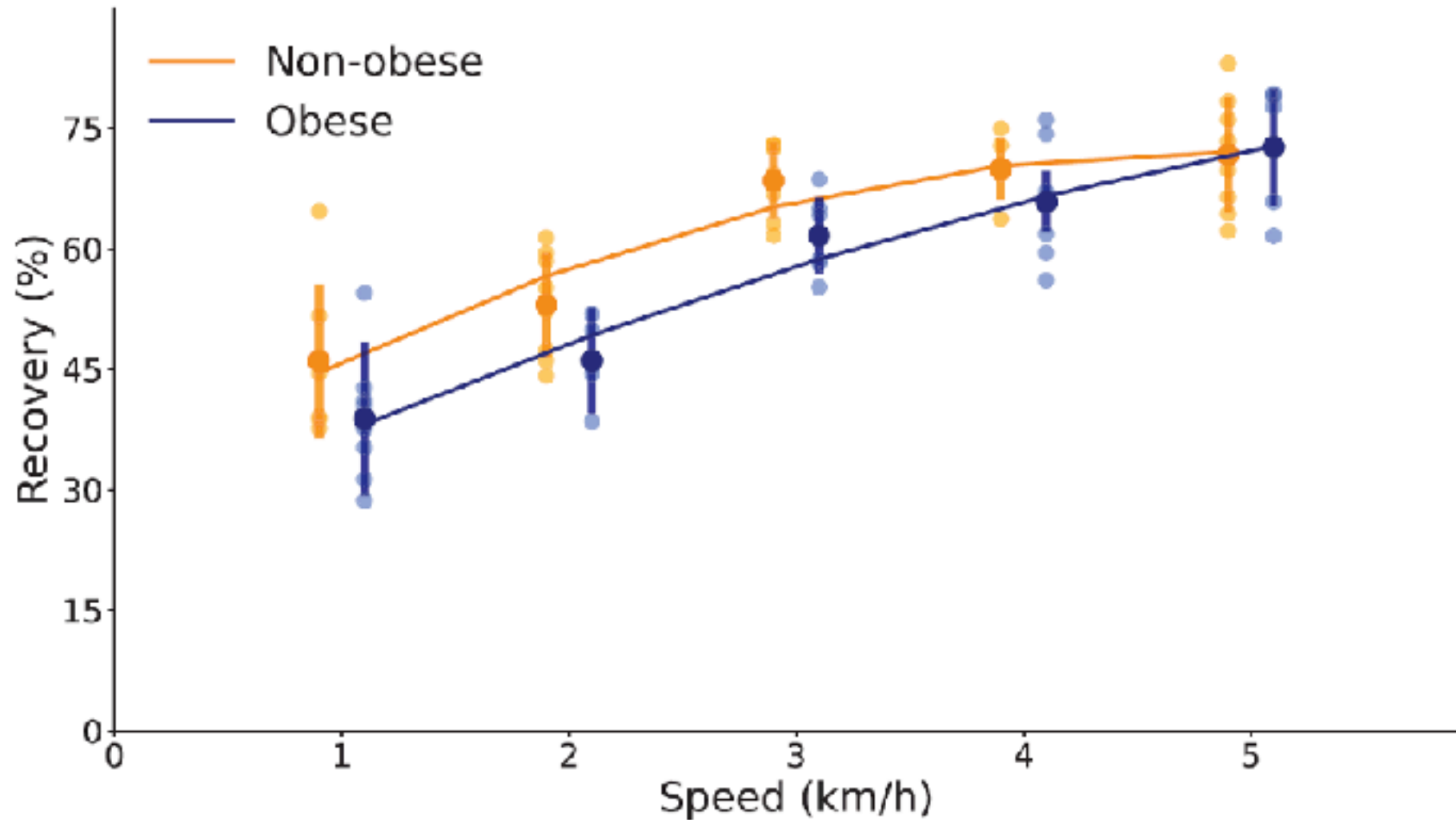
Menendez et al., J Appl Physiol, 2019



Resultados

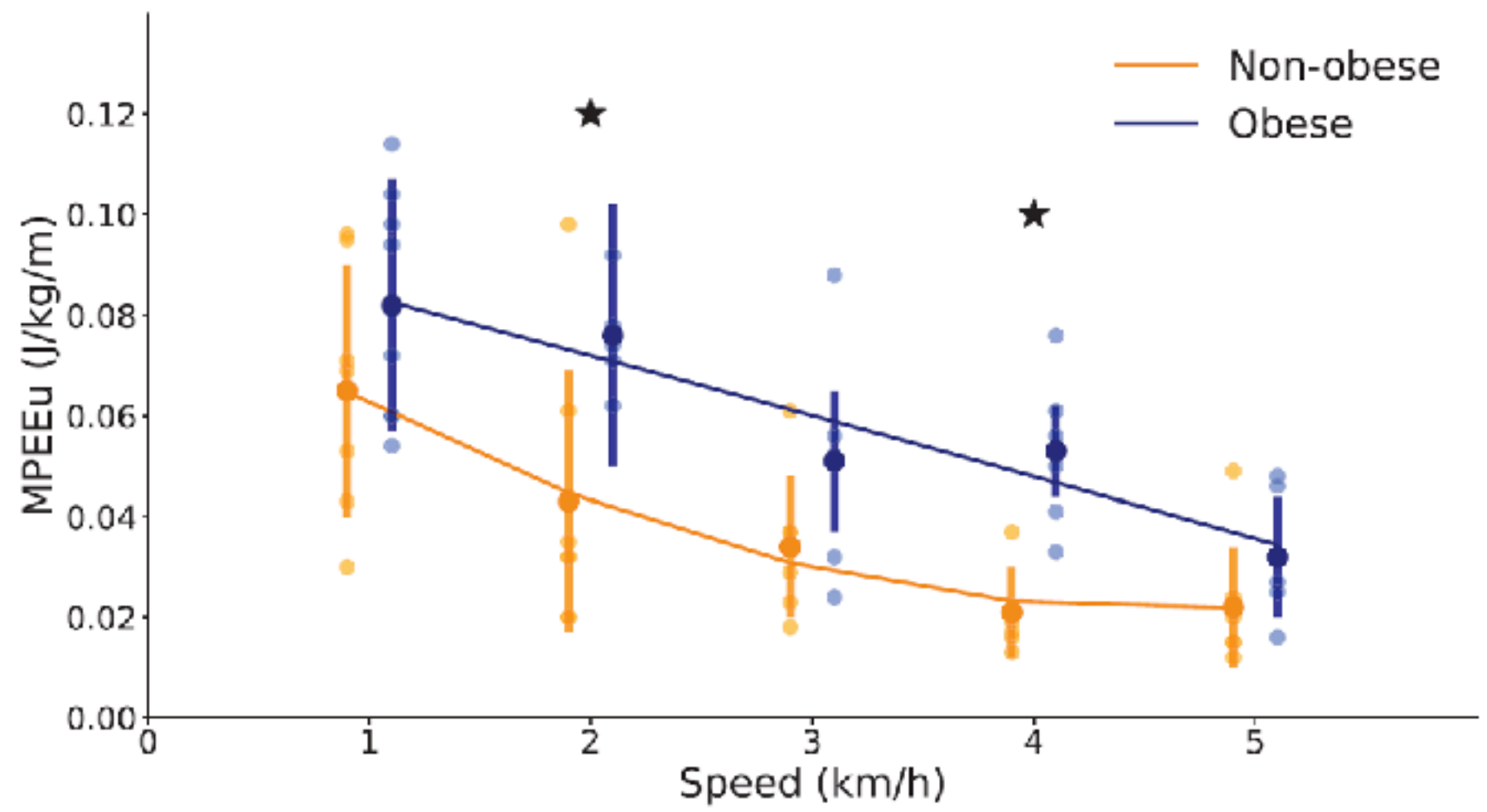
- La recuperación fue menor en los niños obesos ($p = 0,02$).
- La fase de cambio alfa también fue menor ($p = 0,02$) en los niños obesos, mientras que la fase de cambio beta fue similar entre los grupos ($p = 0,51$).
- Los niños obesos tuvieron un mayor MPEEu ($p < 0,001$).
- Con el aumento de la velocidad, la recuperación aumentó ($p < 0,001$), mientras que la congruencia energética y el MPEEu se redujeron ($p = 0,001$).
- Sólo el MPEEu tuvo interacción estadísticamente significativa entre grupo y velocidad ($p = 0,01$).

Recovery per Absolute Walking Speed



Peyré-Tartaruga et al., Exp Physiol, 2023

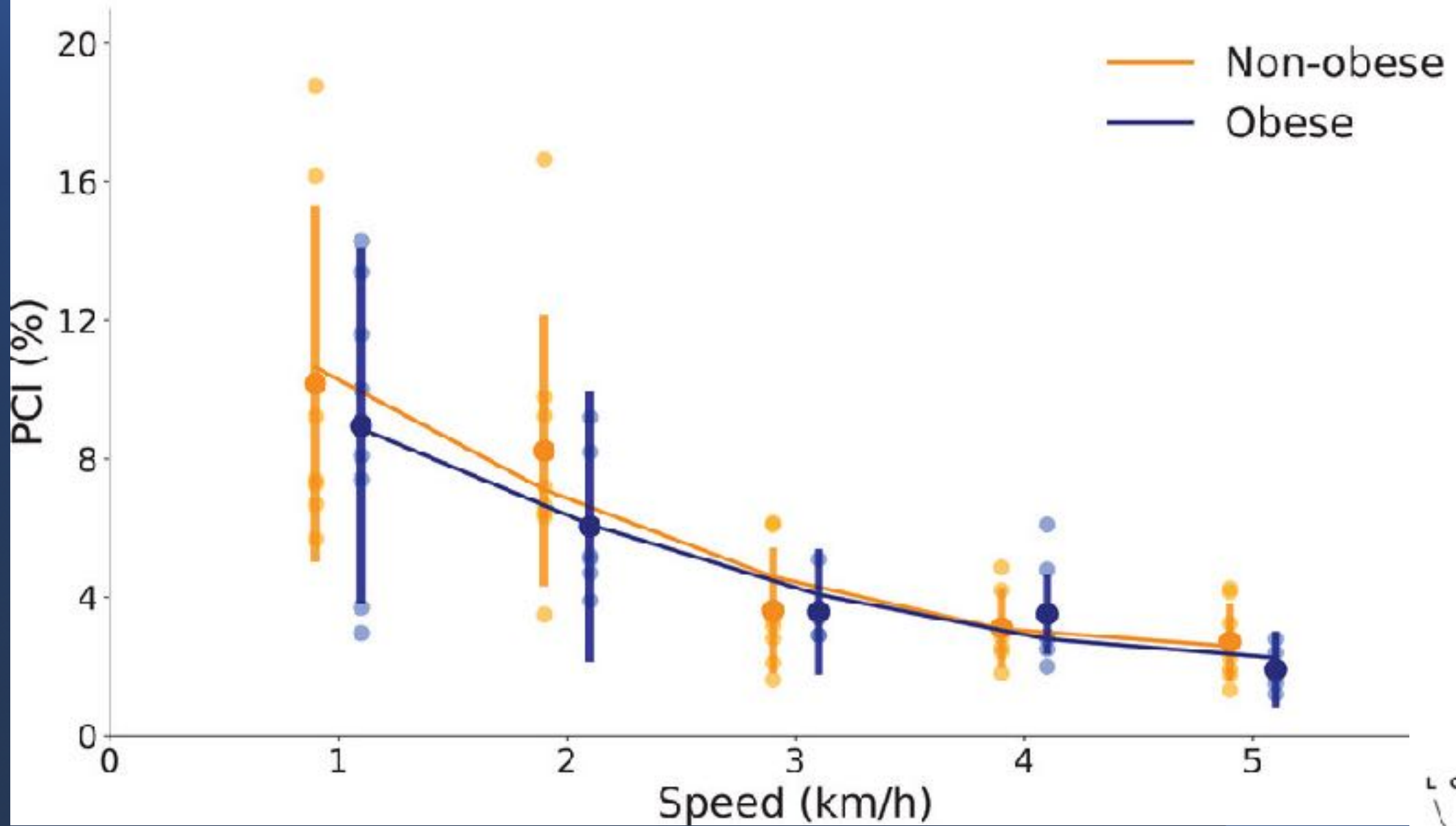
MPEEu per Walking Speed



Peyré-Tartaruga et al., Exp Physiol, 2023

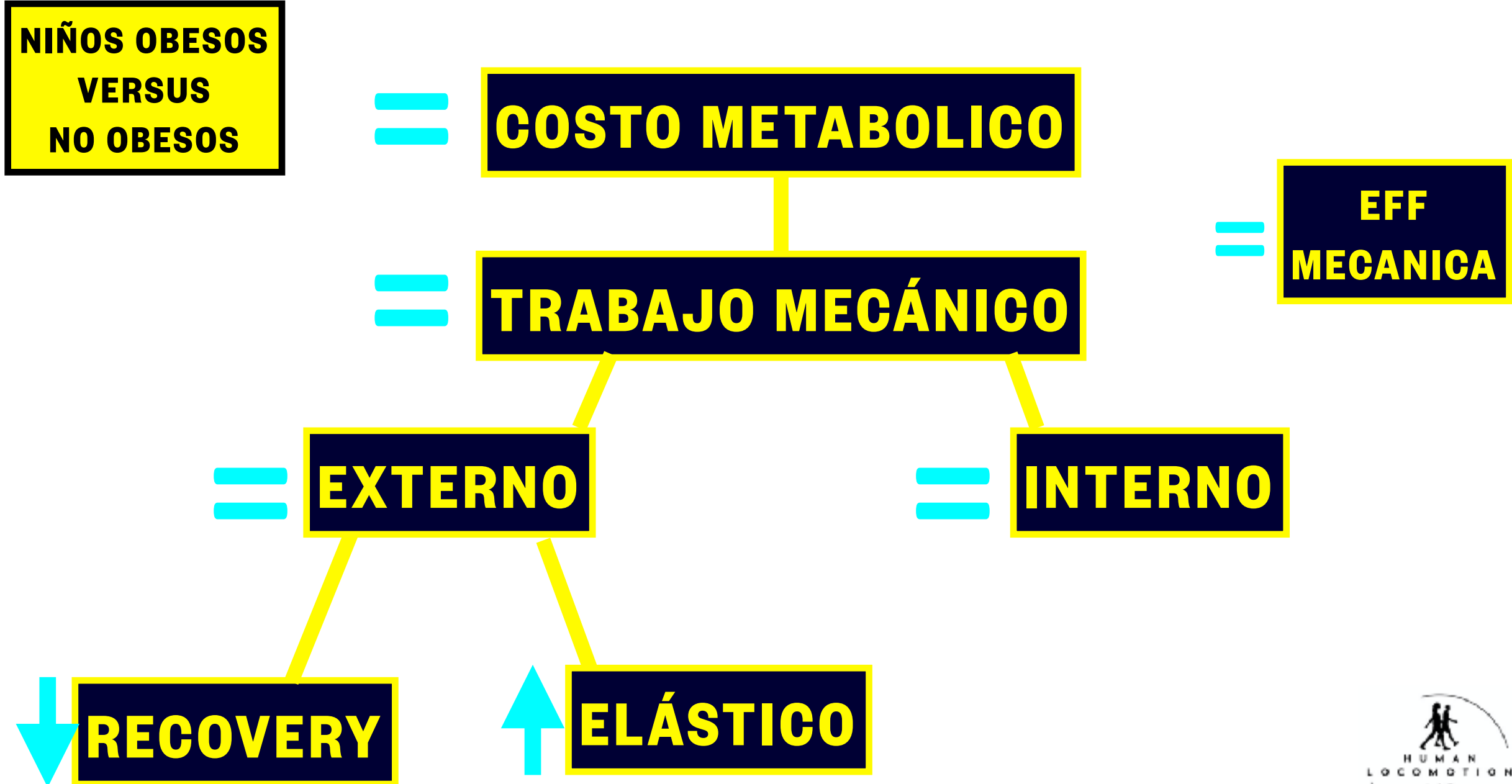


PCI per Walking Speed



Peyré-Tartaruga et al., Exp Physiol, 2023





Peyré-Tartaruga et al., Exp Physiol, 2023



Discusión

- La primera hipótesis se confirmó mostrando que los niños obesos cambian ligeramente su patrón de marcha de un mecanismo pendular a uno elástico en comparación con los niños no obesos.



Discusión

- La segunda hipótesis fue refutada porque la coordinación bilateral se mantuvo sin cambios entre niños obesos y no obesos.



Discusión

- A diferencia de los adultos obesos, los niños obesos caminan con mecanismo pendular similar o inferior, lo que se explica en parte por las energías mecánicas menos sincronizadas del centro de masa del cuerpo, particularmente durante la fase de doble apoyo de la marcha.



Resumiendo

- Niños obesos (em comparación con niños eutróficos):
 - caminan más despacio (0,4 km/h)
 - generan mas Wint en altas velocidades
 - misma EFF e economía de caminata
 - son más elásticos



Observaciones finales

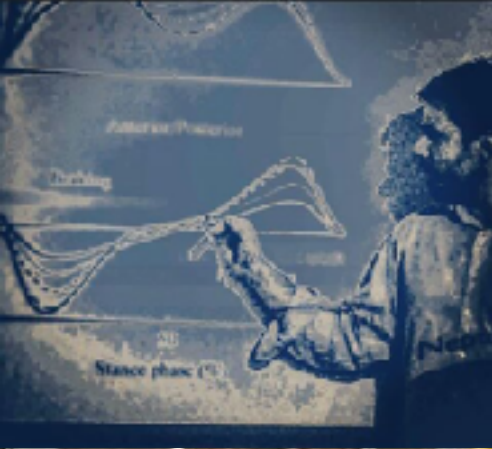
- Nuestros resultados indicaron que la respuesta de energía mecánica del centro de masa durante la caminata es diferente entre niños obesos y no obesos, y los niños obesos mostraron un mayor uso de energía elástica durante la caminata.



Agradecimientos

- Prof. Franco Simini e Dario Santos
- Los alumnos e colaboradores en el proyecto:
 - André Ivaniski-Mello
 - Henrique Bianchi Oliveira
 - Rodrigo da Rosa
 - Natália Gomeñuka
 - Prof. Arthur Dewolf
 - Prof. Cosme Buzzachera





Gracias

