



# Biomecánica y eficiencia energética de la marcha en niños obesos

Ivaniski-Mello, A.<sup>1,3</sup>, Bianchi, H.O.<sup>1</sup>, Dewolf, A.H.<sup>2</sup>, Buzzachera, C.F.<sup>3</sup>, Peyré-Tartaruga, L.A.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>2</sup> Université Catholique de Louvain, Belgium

<sup>3</sup> 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 Oliveira<sup>1</sup> | Rodrigo Gomes da Rosa<sup>1</sup> |  
Natalia Andrea Gomeñuka<sup>1,2</sup> | Alberito Rodrigo de Carvalho<sup>1,3</sup> |  
Roberto Fernandes da Costa<sup>4</sup> | Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga<sup>1</sup>

<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

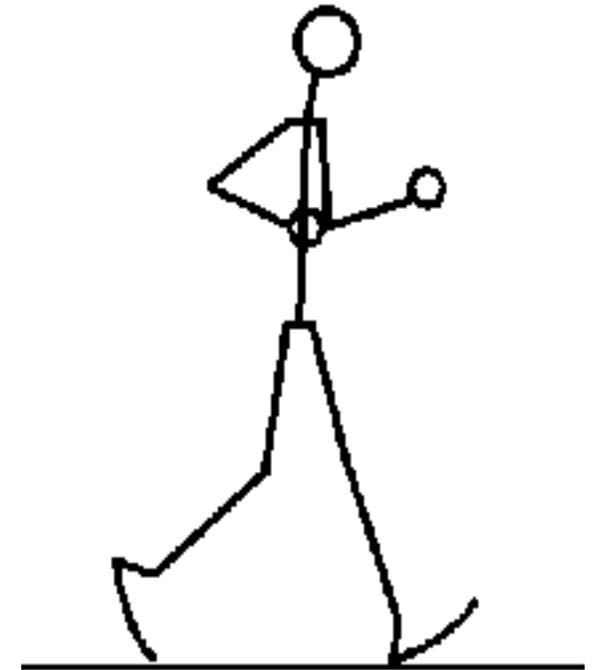


ADL



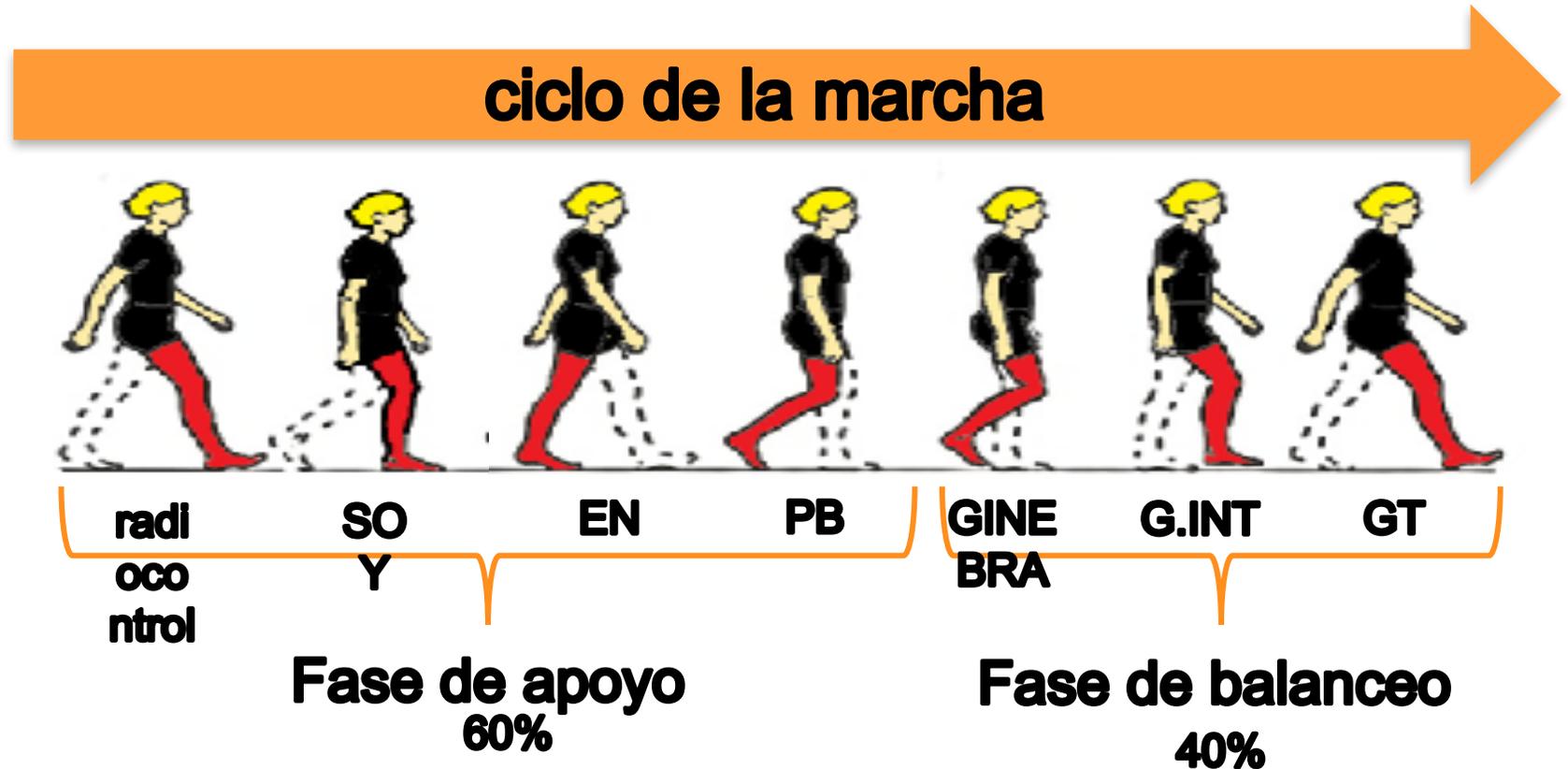
EJERCICIO FÍSICO

**Reportaje : BIPEDALISMO**



# Background

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



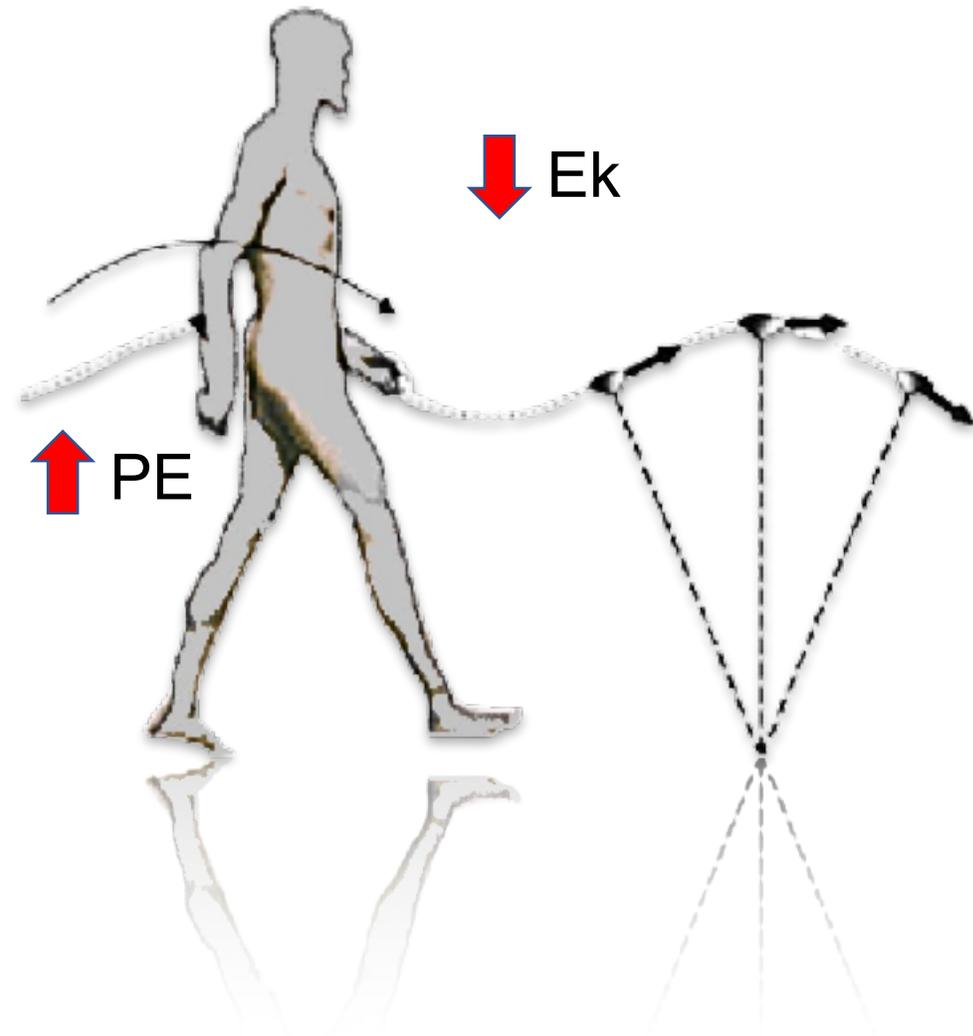
# Background



- 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



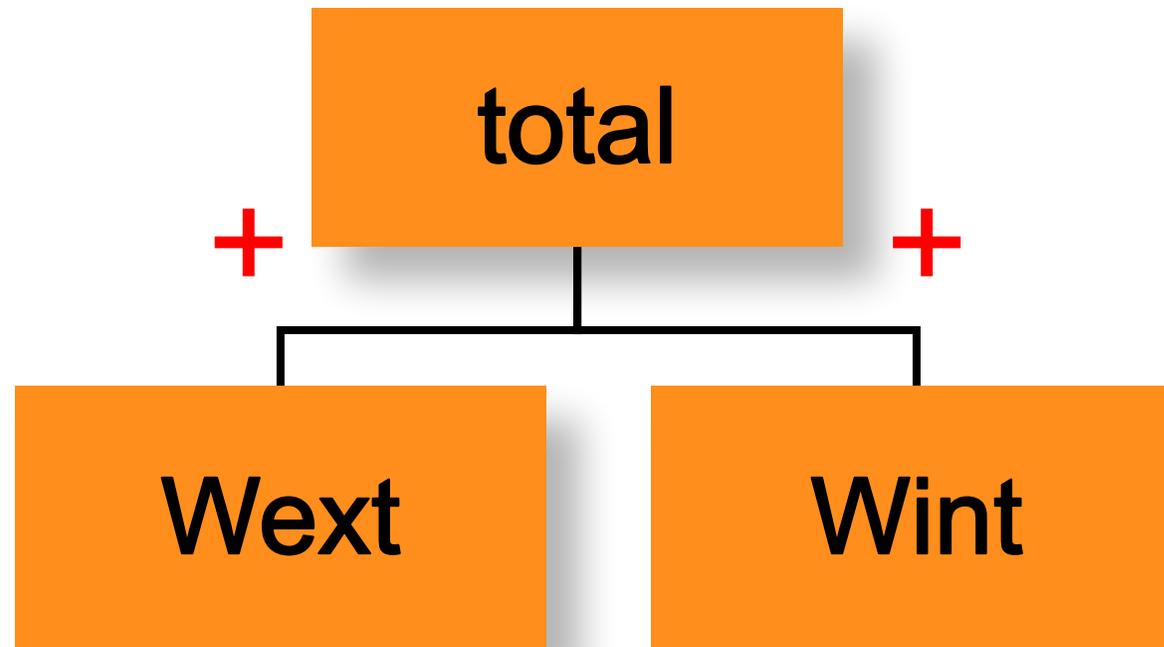
Reconversión (entre energía cinética y potencial)

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.

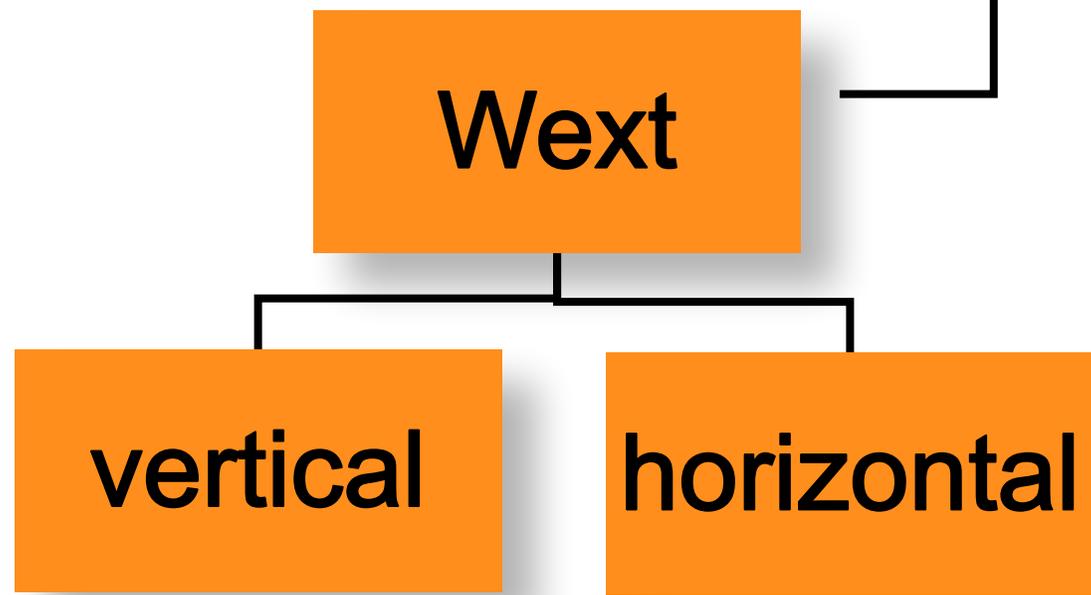
# Background

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



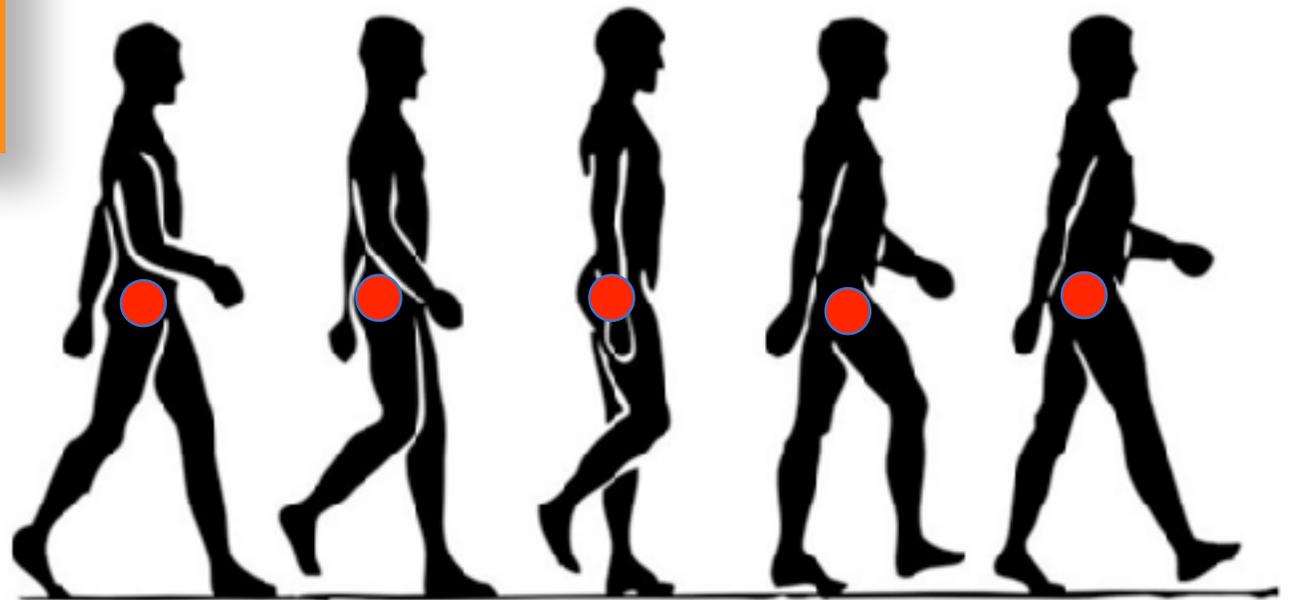
Minetti & Saibene, Eur J Appl Physiol 1992; 170:19–34.  
Peyré-Tartaruga et al. Exp Physiol 2021; 106(9): 1-12.

# background

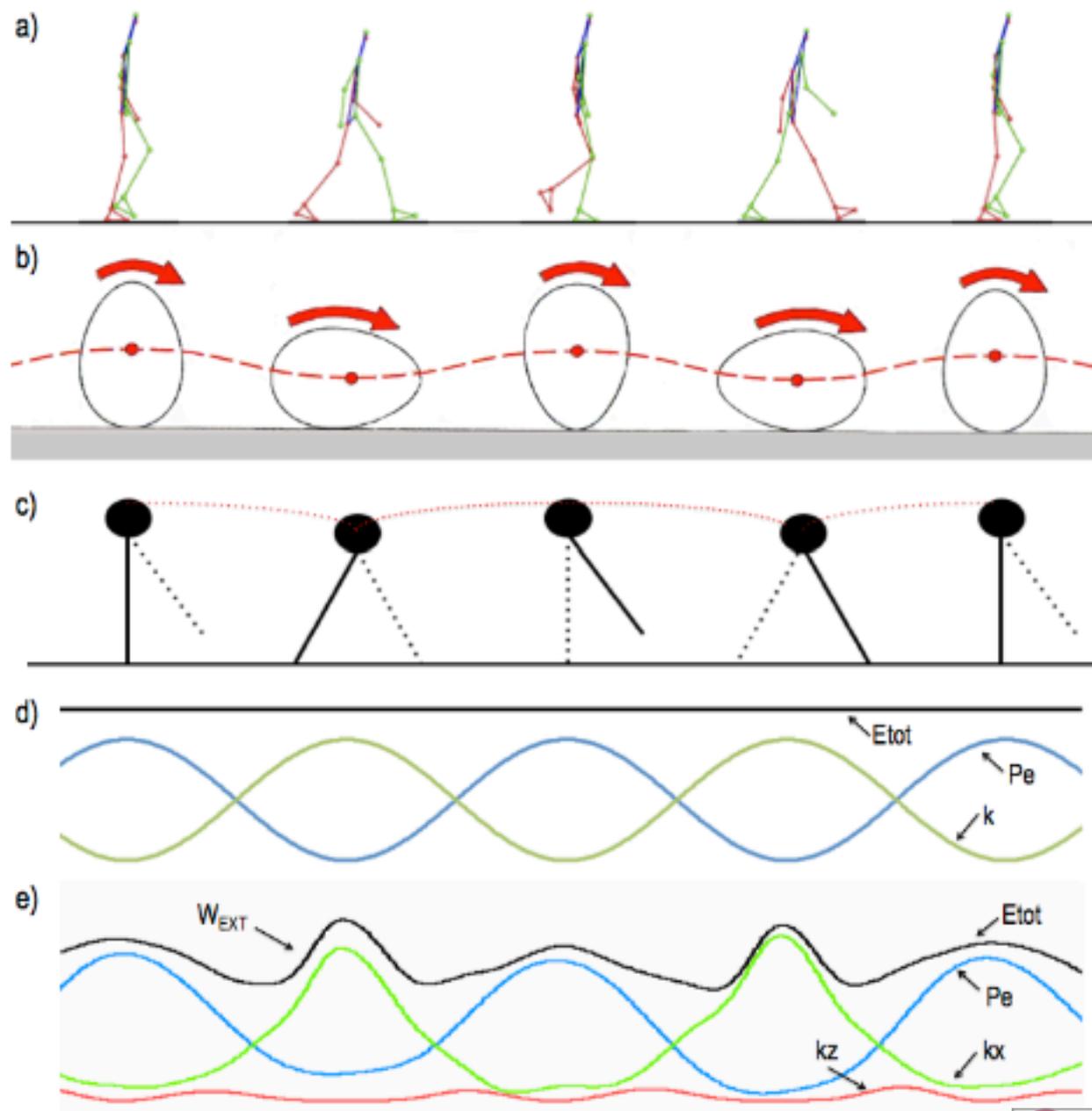


↑ CoM

→ CoM



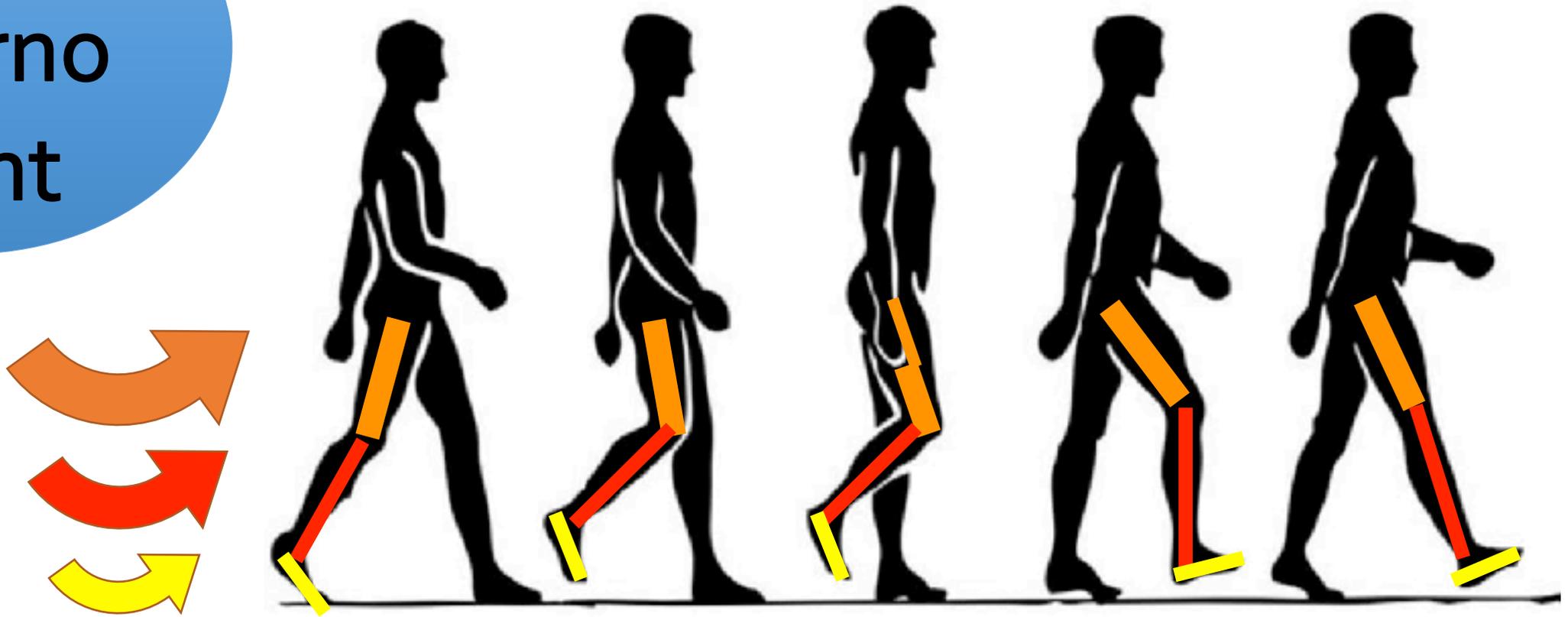
Minetti & Saibene, Eur J Appl Physiol 1992; 170:19–34.  
Peyré-Tartaruga et al. Exp Physiol 2021; 106(9): 1-12.



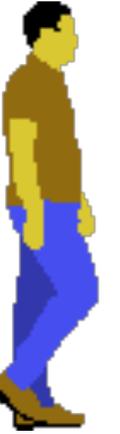
Pavei, 2014

# Background

trabajo  
interno  
Wint



# Background



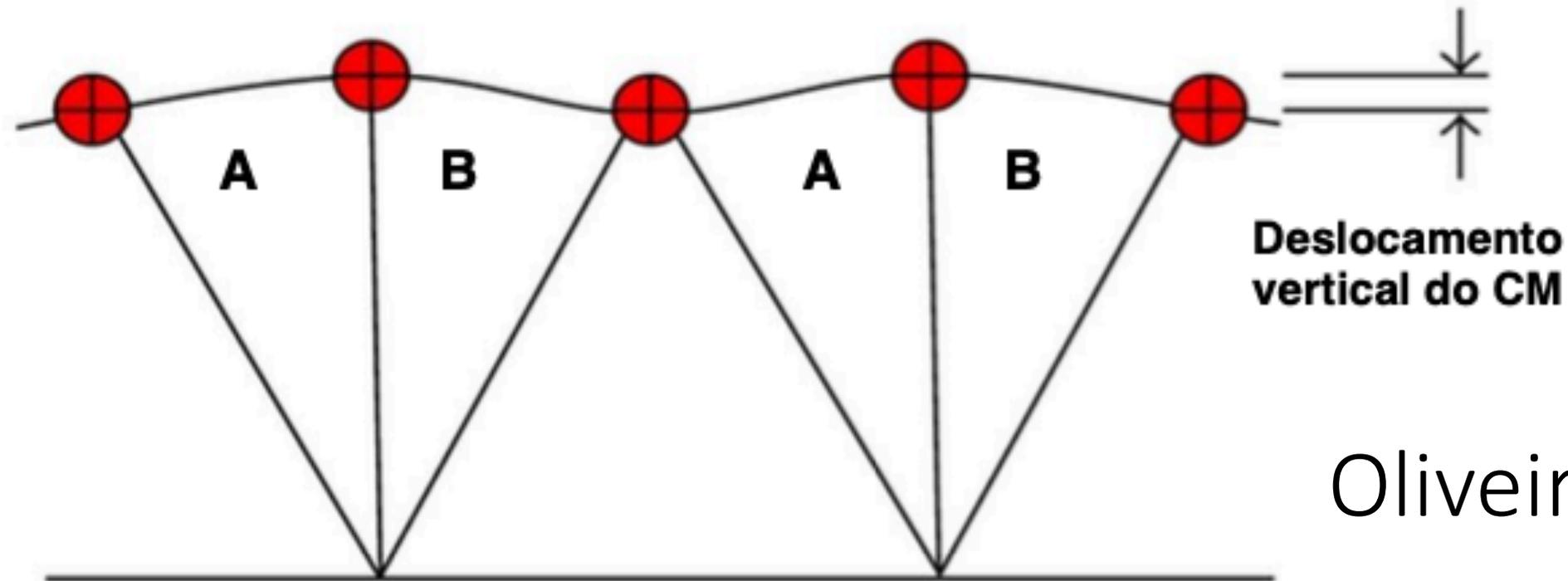
- La prevalencia de la obesidad ha aumentado a nivel mundial en los últimos años (NCD, 2016), lo que indica un importante problema de salud pública mundial.
- Oliveira et al. (2020) informaron recientemente que los niños obesos tienen una economía de caminata similar a la de sus contrapartes delgadas,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



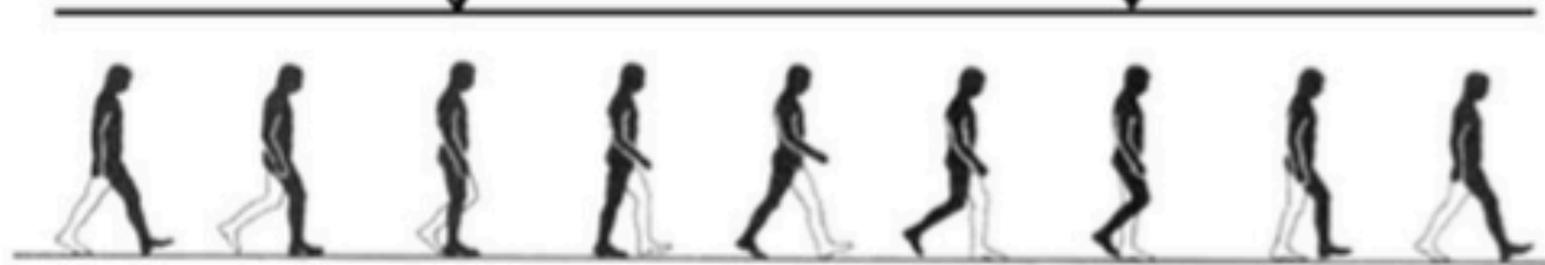
# Background

- 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.



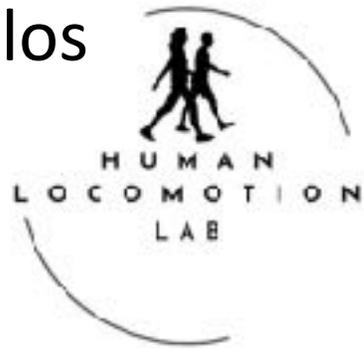
# Materiales y métodos

- 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<sup>-2</sup>) 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<sup>-2</sup>)
- Los niños caminaron en una cinta rodante a cinco velocidades: 1, 2, 3, 4 y 5 km  $\cdot$  h<sup>-1</sup>. 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

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

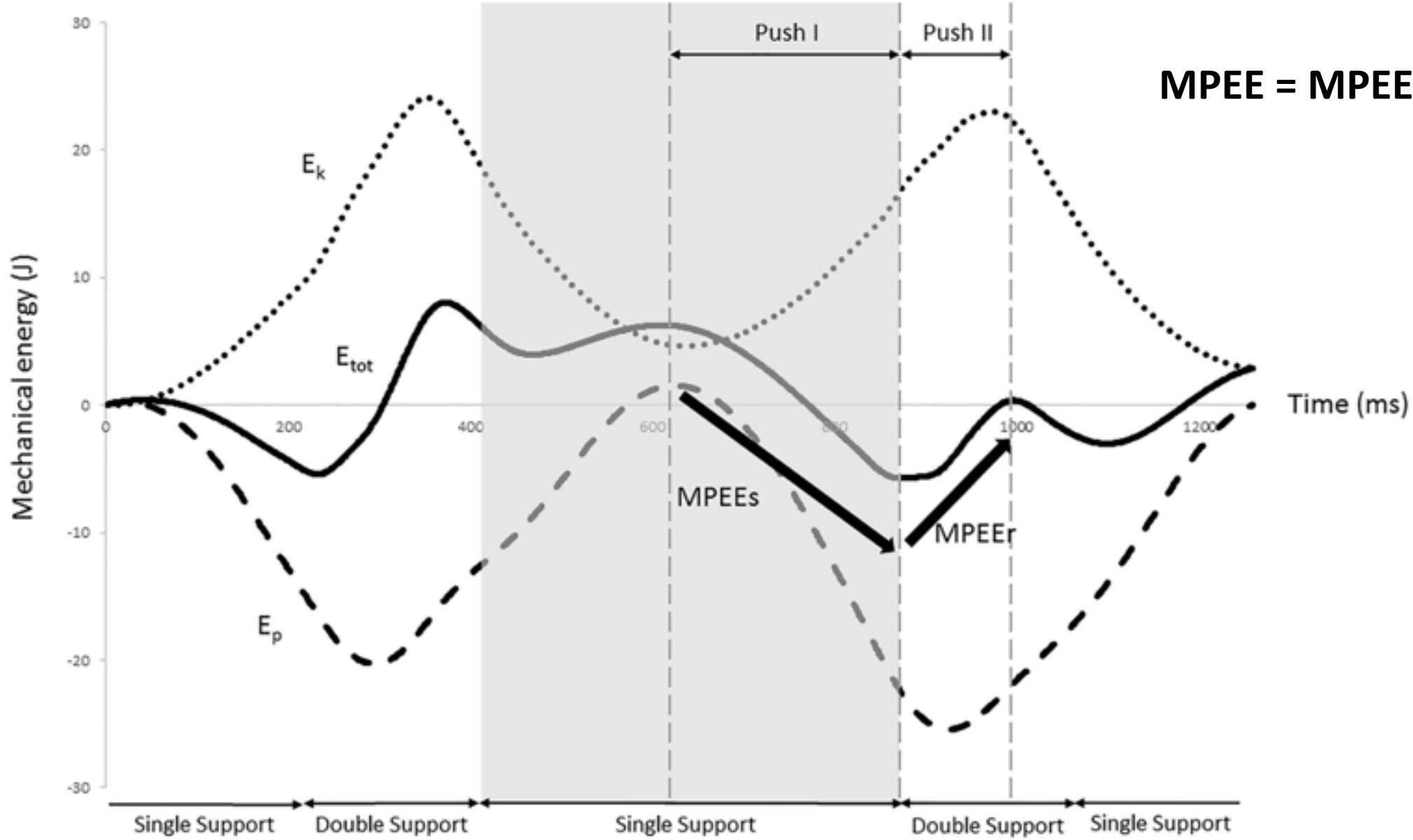
# Mecanismos minimizadores

Pendular

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

Cavagna & Kaneko, J Physiol, 1977





$$MPEE = MPEEs - MPEEr$$

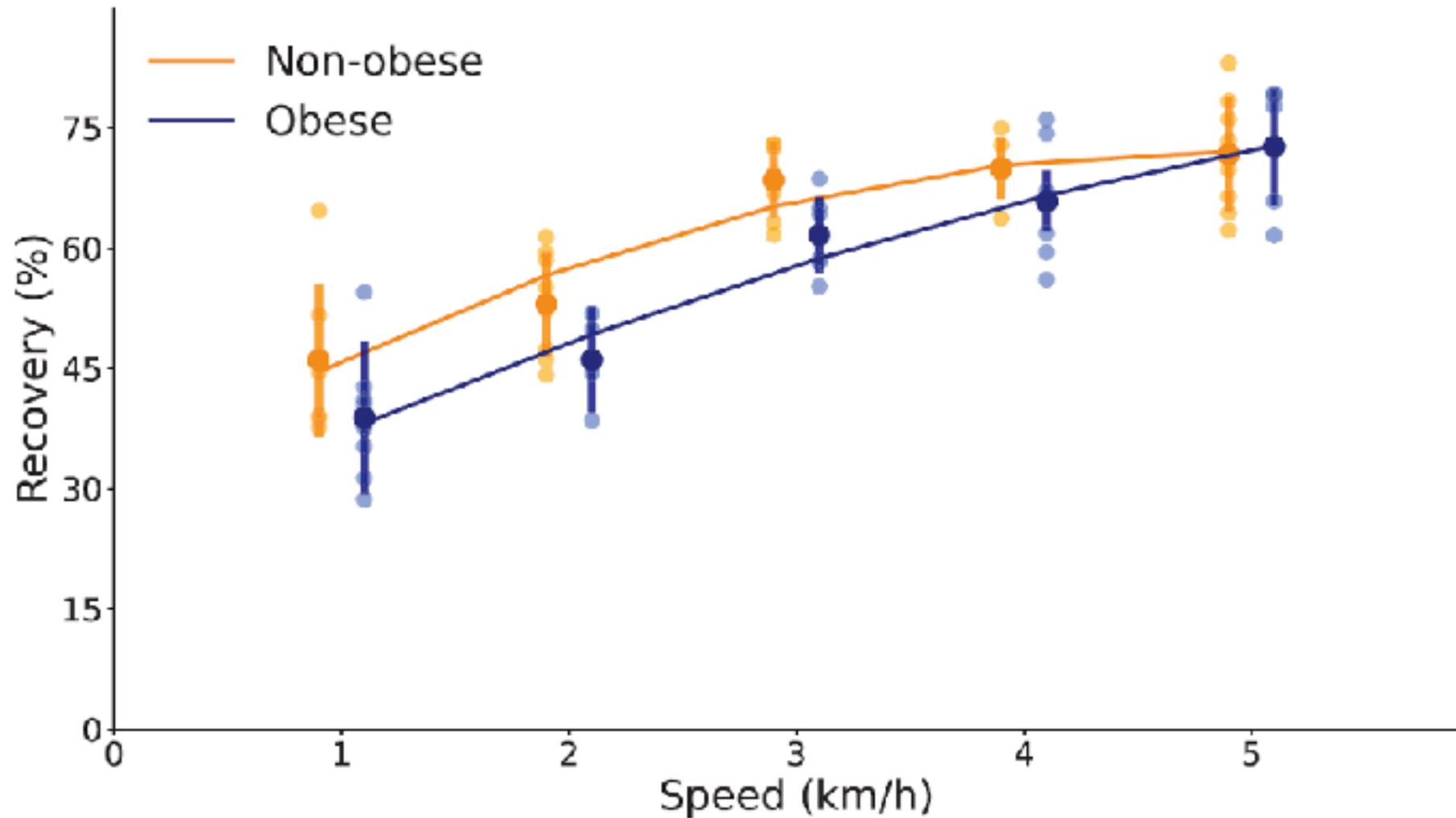
Menendez et al., J Appl Physiol, 2019



# Resultados

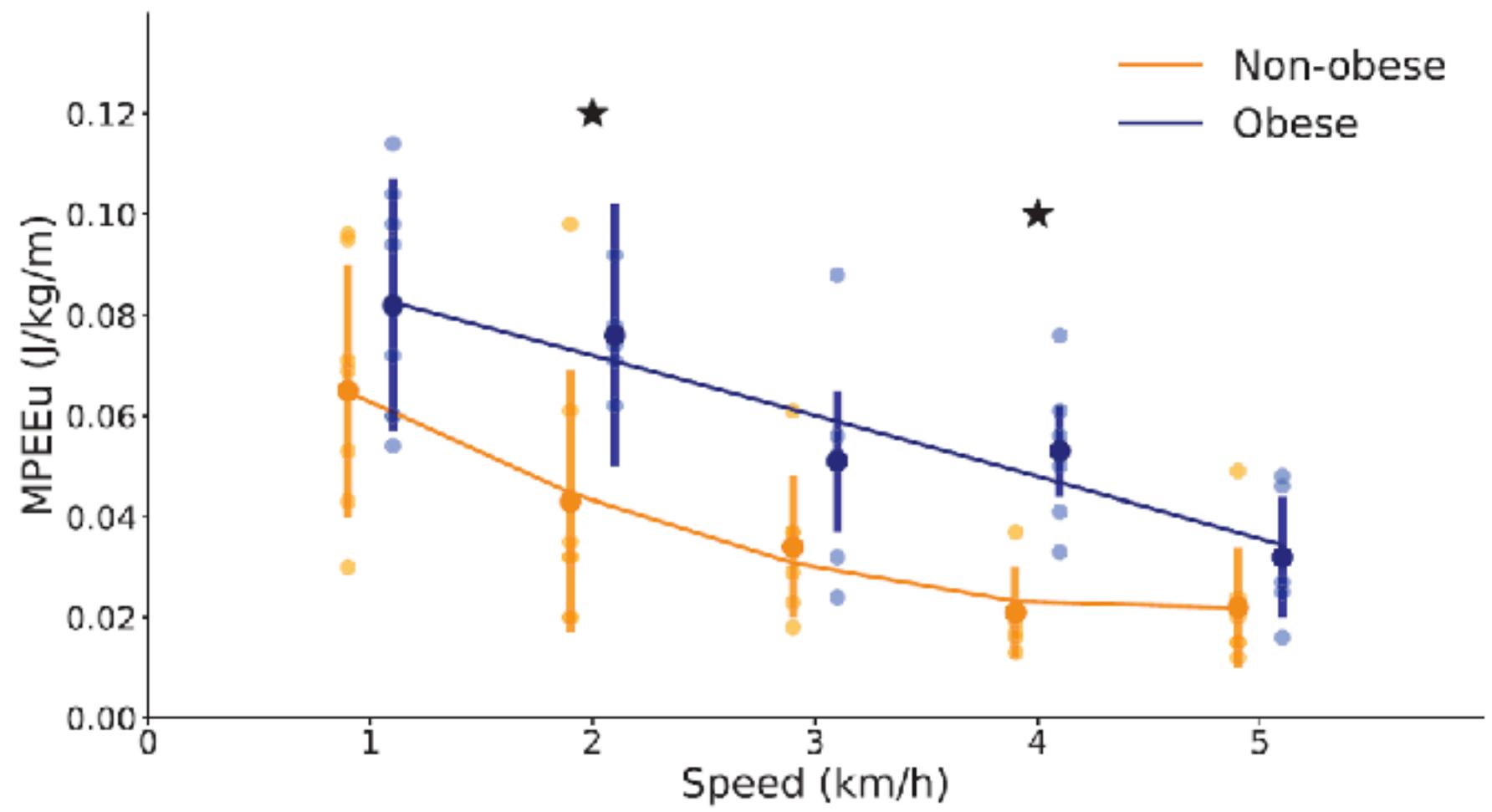
- La recuperación fue menor en los niños obesos ( $p = 0,02$ ).
- La fase de cambio alfa también fue menor ( $p = 0,02$ ) en los niños obesos, mientras que la fase de cambio beta fue similar entre los grupos ( $p = 0,51$ ).
- Los niños obesos tuvieron un mayor MPEEu ( $p < 0,001$ ).
- Con el aumento 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

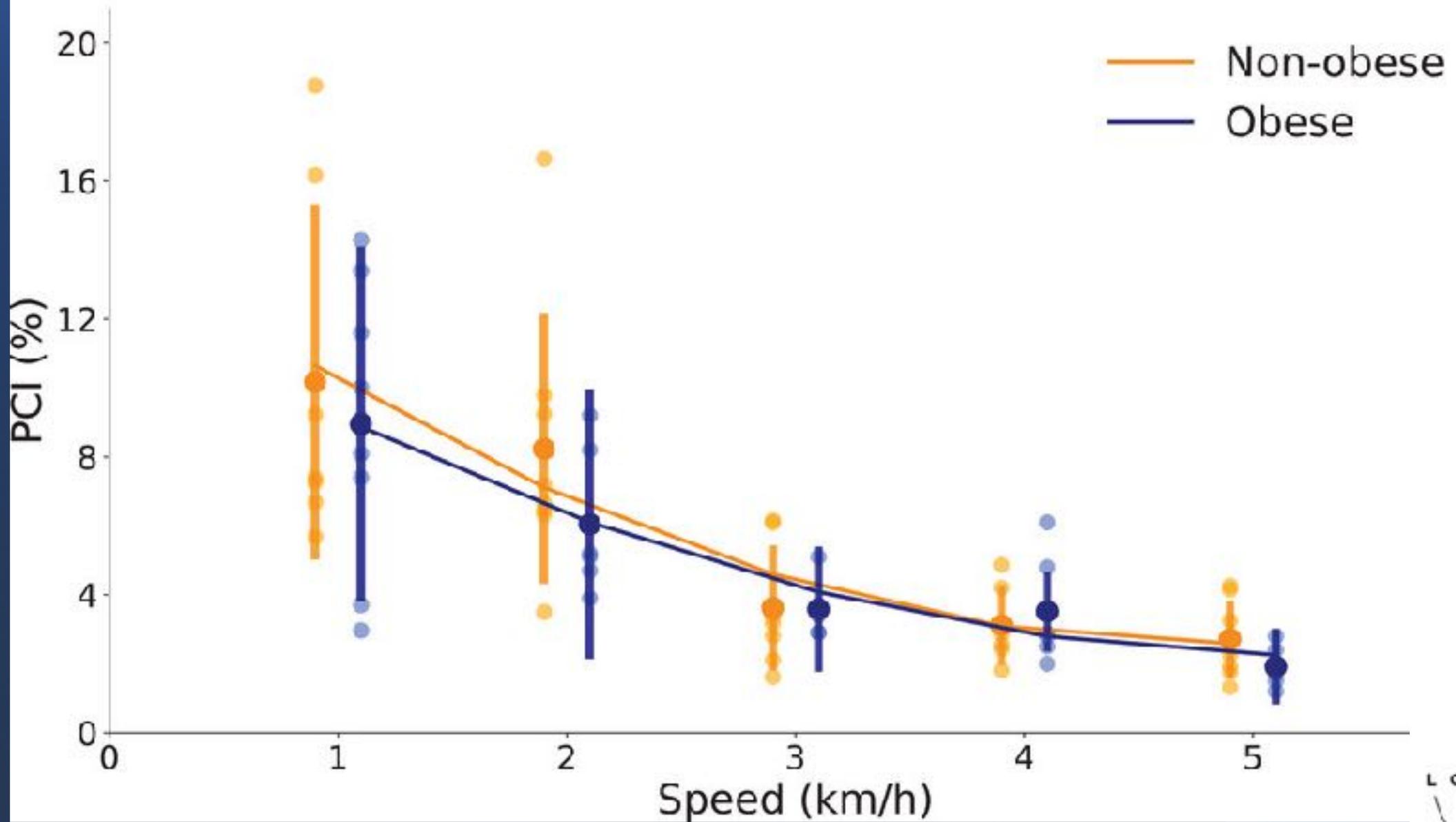
### MPEEu per Walking Speed



Peyré-Tartaruga et al., Exp Physiol, 2023

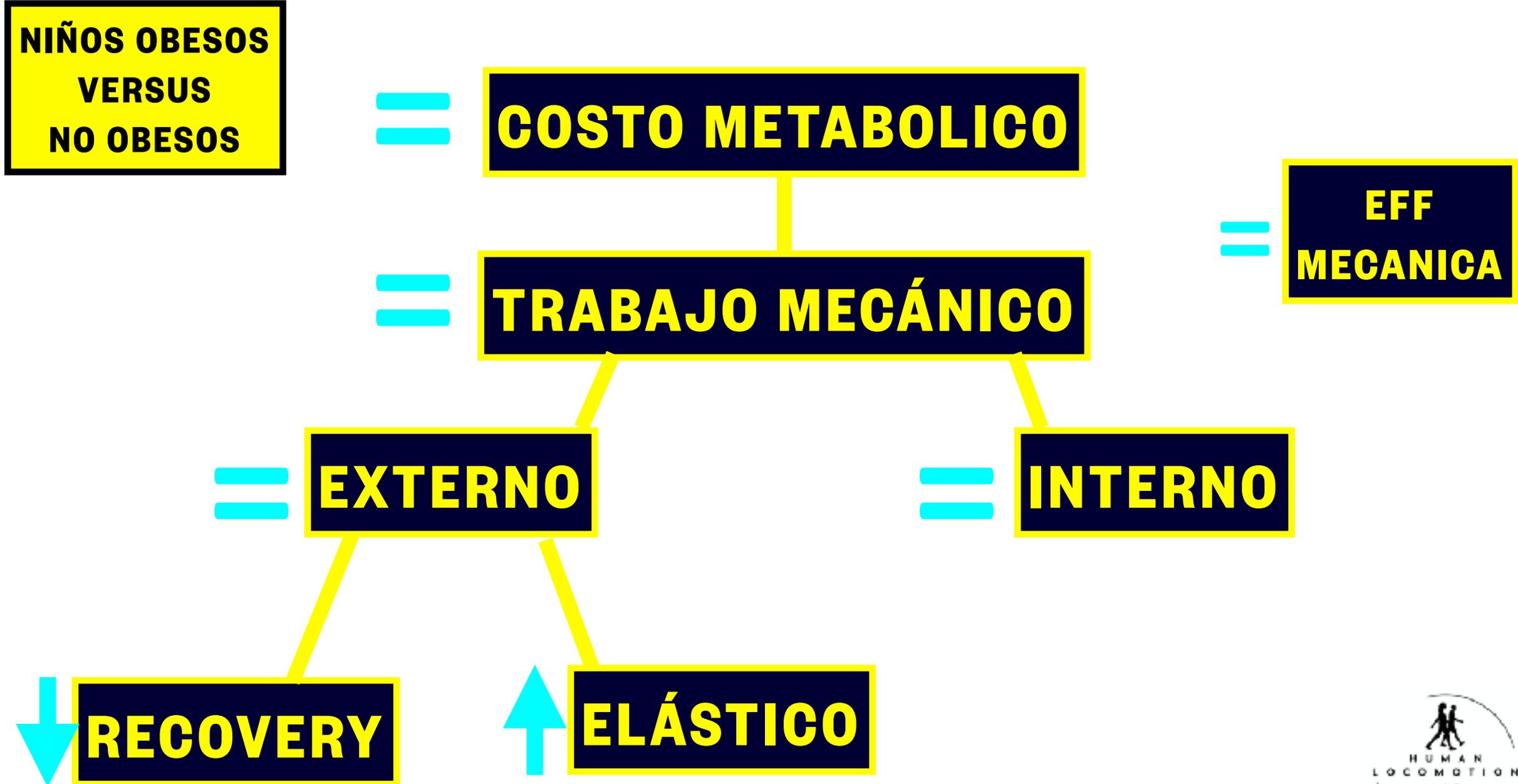


# PCI per Walking Speed



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

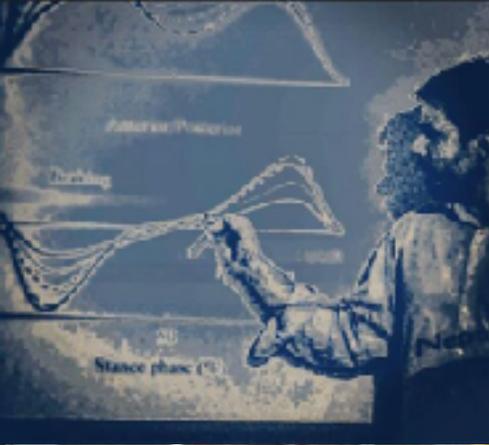
- Nuestros resultados indicaron que la respuesta de energía mecánica del centro de masa durante la caminata es diferente entre niños obesos y no obesos, y los niños obesos mostraron un mayor uso de energía elástica durante la caminata.



# 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**

