



*doctor*  
**KNOWMAD**  
rōnin del conocimiento

by Robert Usach, PhD.

# 1 INTRODUCCIÓN A LA BIOMECÁNICA

1. Introducción a la Biomecánica
2. Cinemática
3. Dinámica
4. Trabajo, Energía y Potencia
5. Dinámica de Rotación y Torques
6. Estática y Centros de Masas
7. Herramientas e Investigación
8. Ejemplos Prácticos de Cinemática y Dinámica Inversa

# #ANTECEDENTES

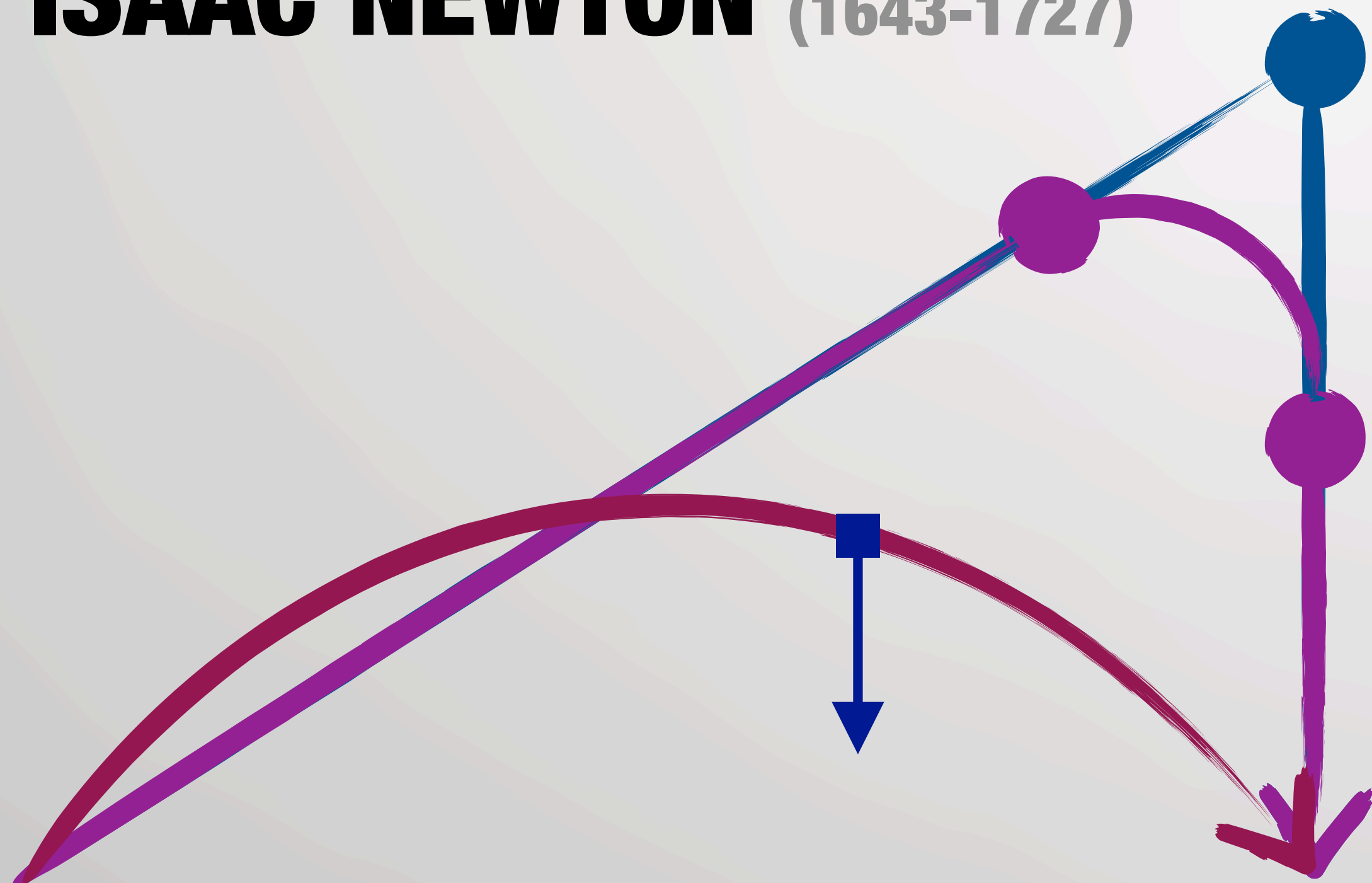
«EL MOVIMIENTO SE DEMUESTRA ANDANDO»

**ARISTÓTELES** (388-322aC)

**ALBERTO DE SAJONIA** (1316-1390)

**GALILEO GALILEI** (1564-1642)

**ISAAC NEWTON** (1643-1727)





# #ANTECEDENTES

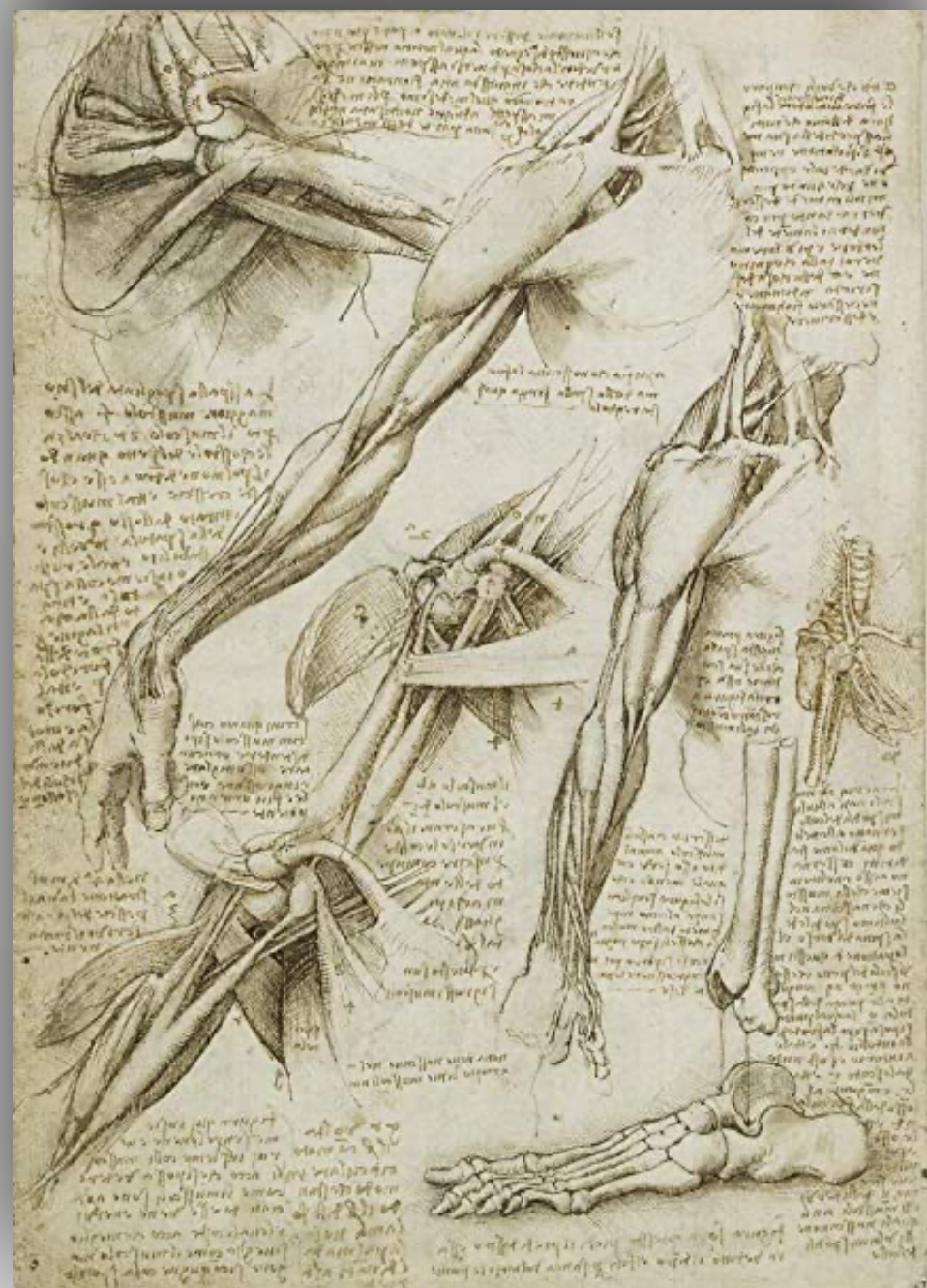
«COMO DIRÍA JACK, VAYAMOS POR PARTES»

**GALENO** (131-201)

**LEONARDO DA VINCI** (1452-1519)

**ANDREA VESALIO** (1514-1564)

**JOHN HUNTER** (1728-1793)





# #ANTECEDENTES

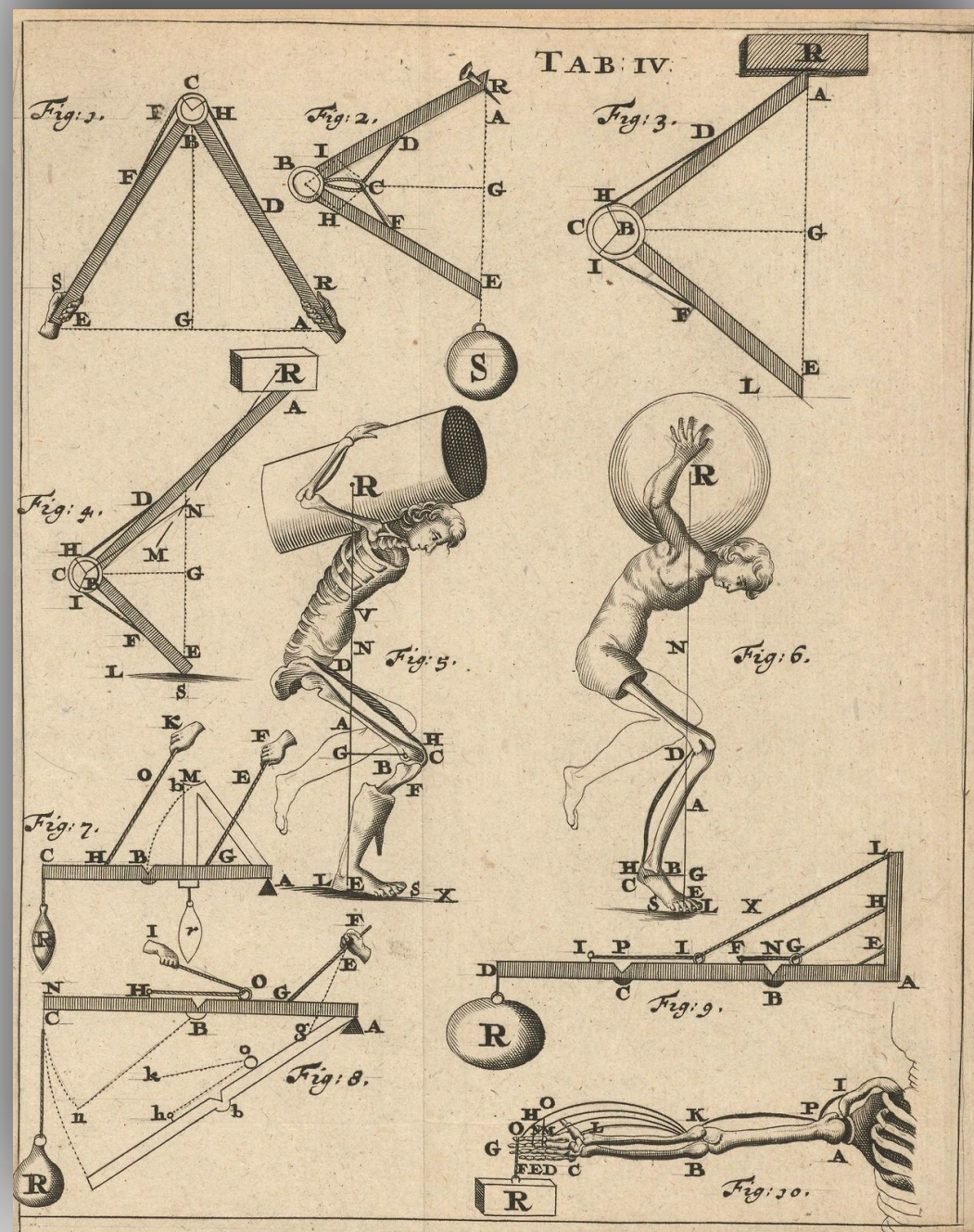
«DAME UN PUNTO DE APOYO Y MOVERÉ EL MUNDO»

**ARQUÍMEDES** (287-212aC)

**ALFONSO BORELLI** (1608-1679)

**OTTO FISCHER** (1861-1917)

**RUDOLF FICK** (1866-1939)





# #ANTECEDENTES

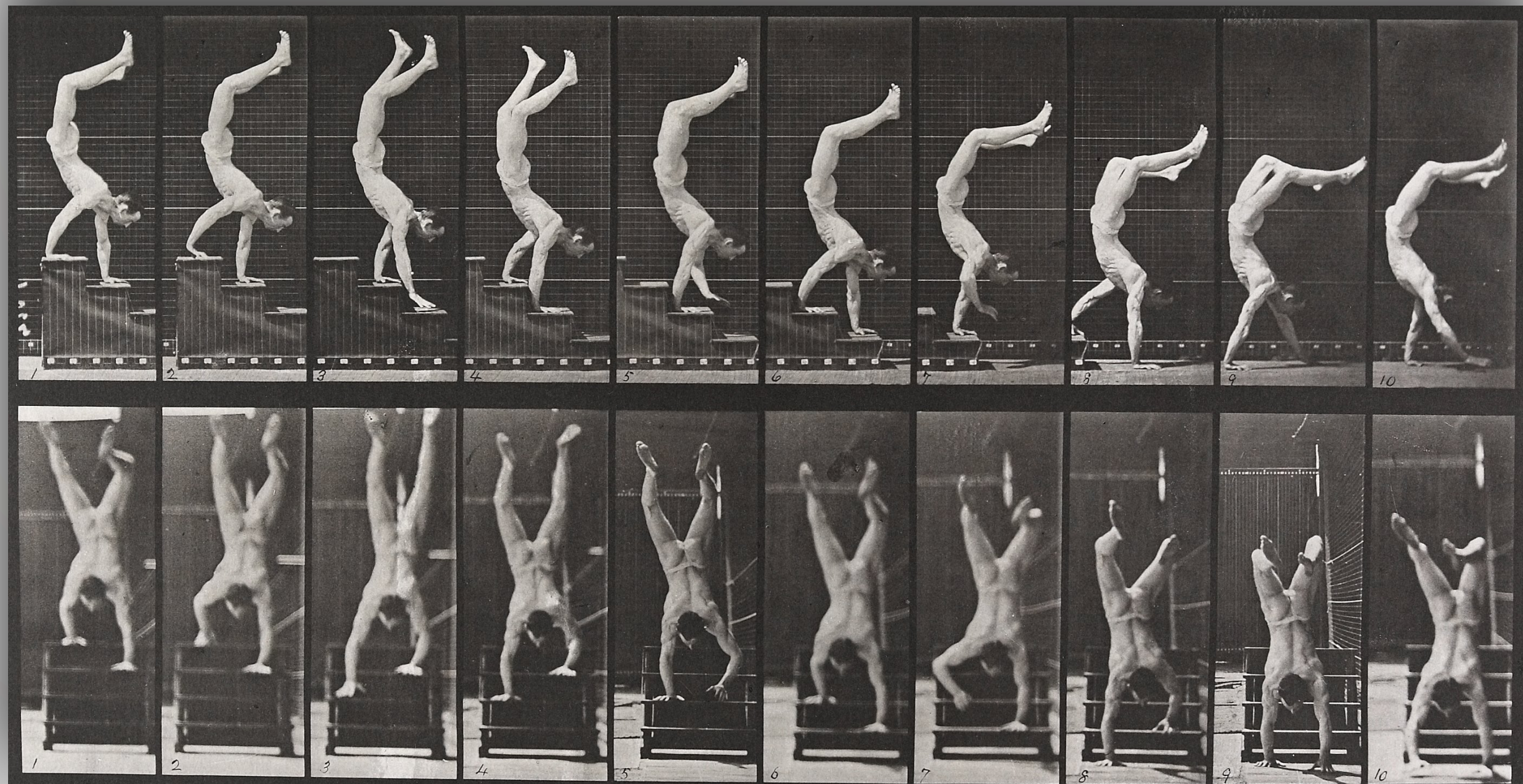
«A HOMBROS DE GIGANTES»

**LUIGI GALVANI** (1737-1798)

**DUCHENE DE BOULOGNE** (1806-1895)

**HERMANOS (3) WEBER** (1795-1891)

**EADWEARD MUYBRIDGE** (1831-1904)





# DEFINICIONES DE «BIOMECÁNICA»

## **UNESCO (1971)**

Conocimiento del papel que juegan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos en los seres vivos, su soporte autónomo, iniciación neurológica, control integrado, y percepción, así como su diseño central.

## **SOCIEDAD IBÉRICA DE BIOMECÁNICA (1978)**

Estudio de las fuerzas actuantes o generadas en el cuerpo humano, y los efectos de estas fuerzas en los tejidos o materiales implantados en el organismo.

## **INSITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA (1992)**

Conjunto de conocimientos interdisciplinarios generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los conocimientos de la mecánica y diversas tecnologías en, primero, el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos, y en particular del cuerpo humano, y en segundo, resolver los problemas que provocan las diferentes condiciones a las que se puede ver sometido.

## **Biomecánica Deportiva:**

Es una disciplina científica que se soporta sobre distintas ciencias y áreas de conocimiento, que intentan describir, explicar y controlar las variables que intervienen en el complejo proceso del gesto deportivo.

# CINESIOLOGÍA

«el estudio científico del **movimiento** del cuerpo»

# MECÁNICA DEL EJERCICIO

«la rama de la física (mecánica) que estudia el **movimiento** y reposo (ejercicio) de los cuerpos, y su evolución en el tiempo, bajo la acción de **fuerzas**»

# BIOMECÁNICA

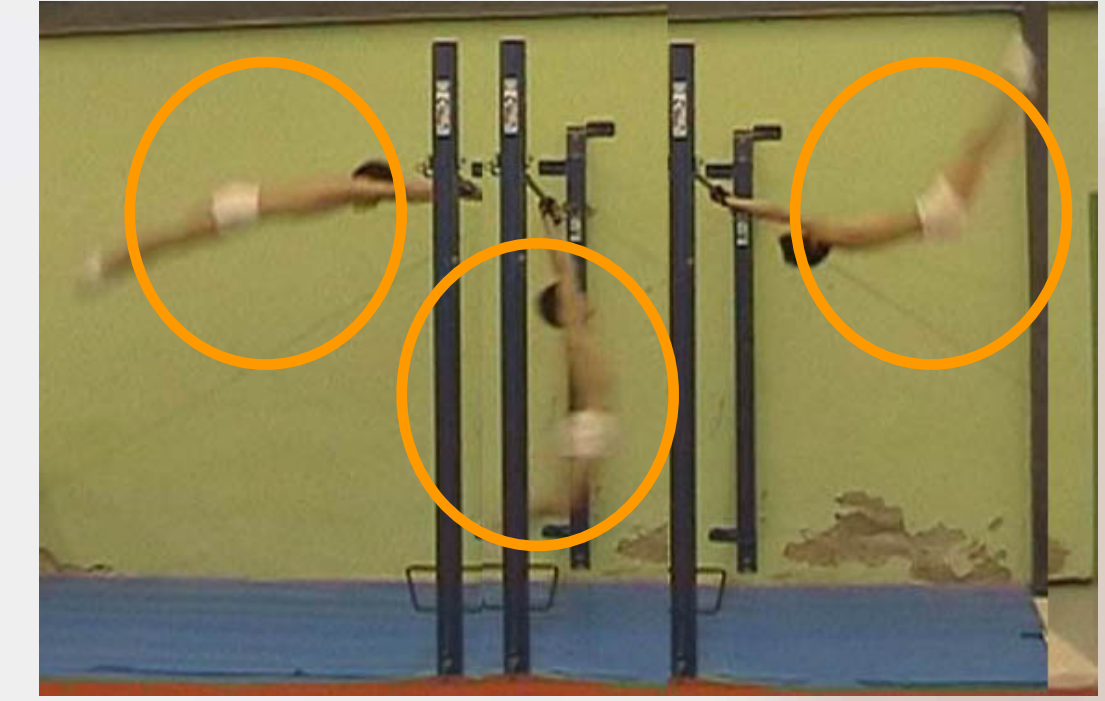
«el estudio de la **estructura**, **función** y **movimiento** de los aspectos mecánicos de los sistemas **biológicos**, utilizando los métodos de la mecánica. Es una rama de la biofísica»



# OBJETIVOS DE LA BIOMECÁNICA

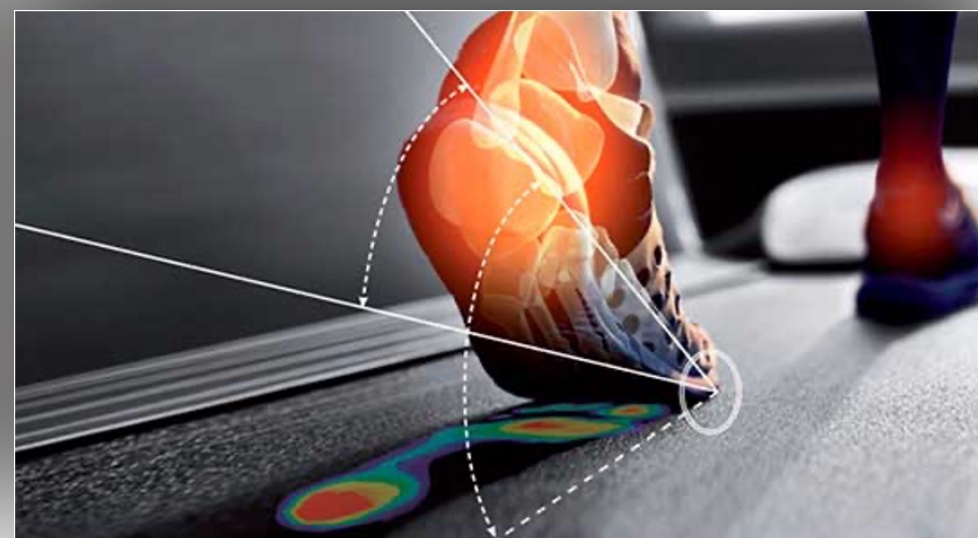
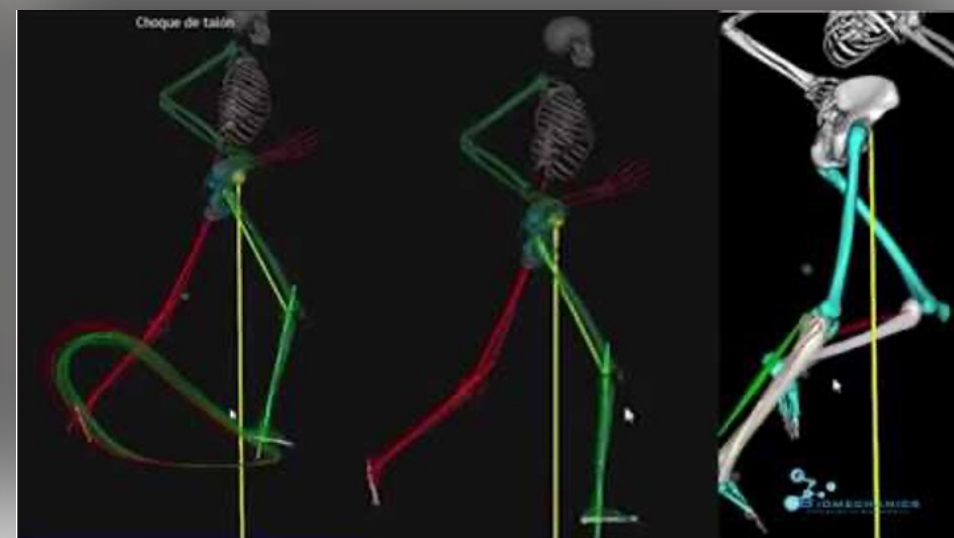
El objeto de estudio de la biomecánica, es decir, aquello que estudia la biomecánica, es:

- El ser humano en sí mismo.
- El ser humano en relación con otros cuerpos:
  - Con el medio.
  - Con un implemento, objeto, etc.





# #OBJETIVOS



# #BIOMECAÁNICA

## «**BIO**» (BIOFÍSICA)

- BIOESTRUCTURAS (ANATOMÍA)
- FISILOGÍA

## «**MECÁNICA**» (FÍSICA)

- CINEMÁTICA
- CINÉTICA (O DINÁMICA)
  - DINÁMICA
  - ESTÁTICA

APLICADA AL EJERCICIO **FÍSICO**

# **PRINCIPIOS BIOMECÁNICOS DE LA TÉCNICA DEPORTIVA**

---

**ADAPTADOS DE HOCHMUTH, 1973**



# #1 FUERZAS DE REACCION





**LAS FUERZAS QUE NOS MUEVEN  
SON LAS DE REACCIÓN**

**PERPENDICULAR POR CONTACTO  
Y EL RESTO POR FRICCIÓN (ROZAMIENTO)**



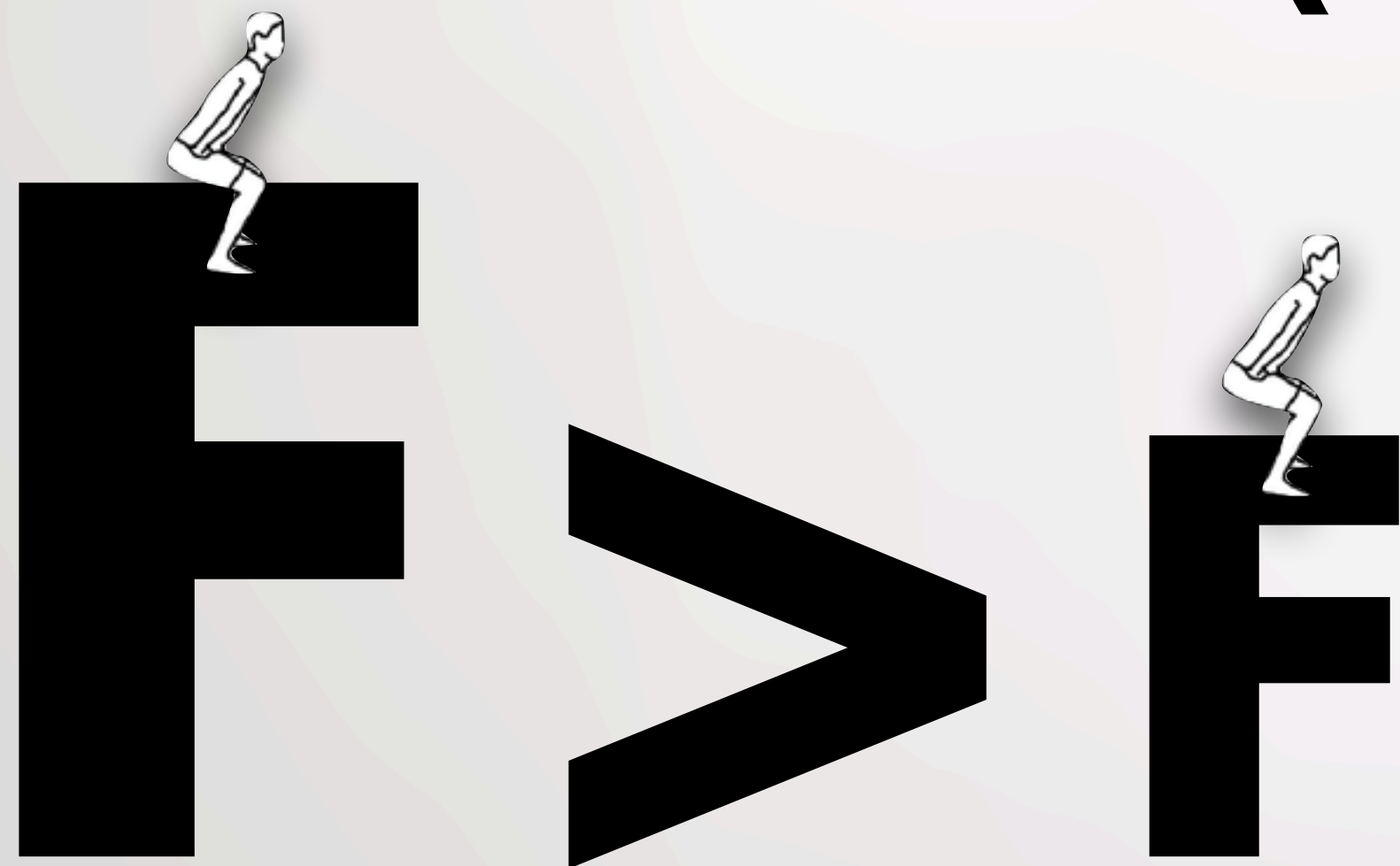


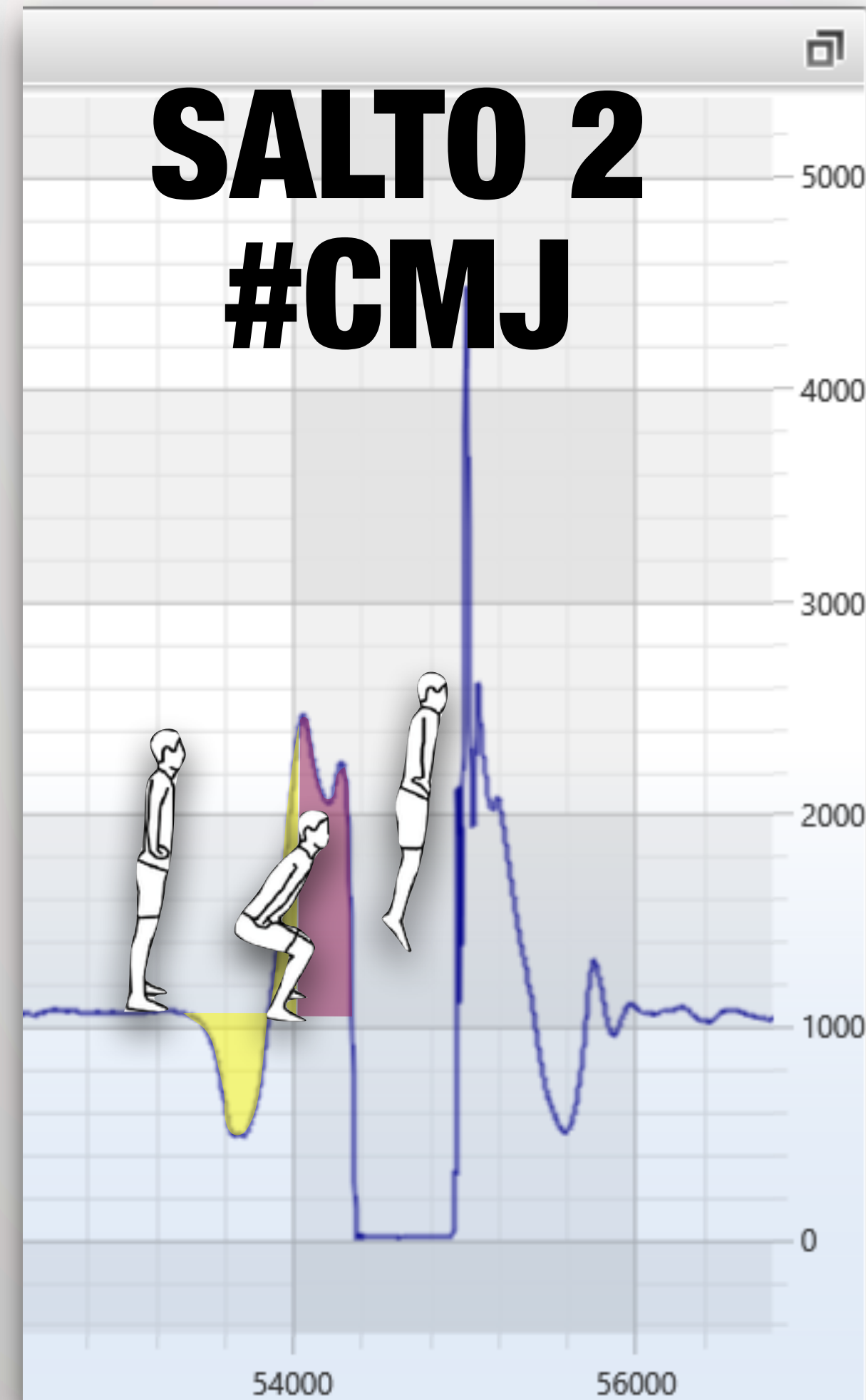
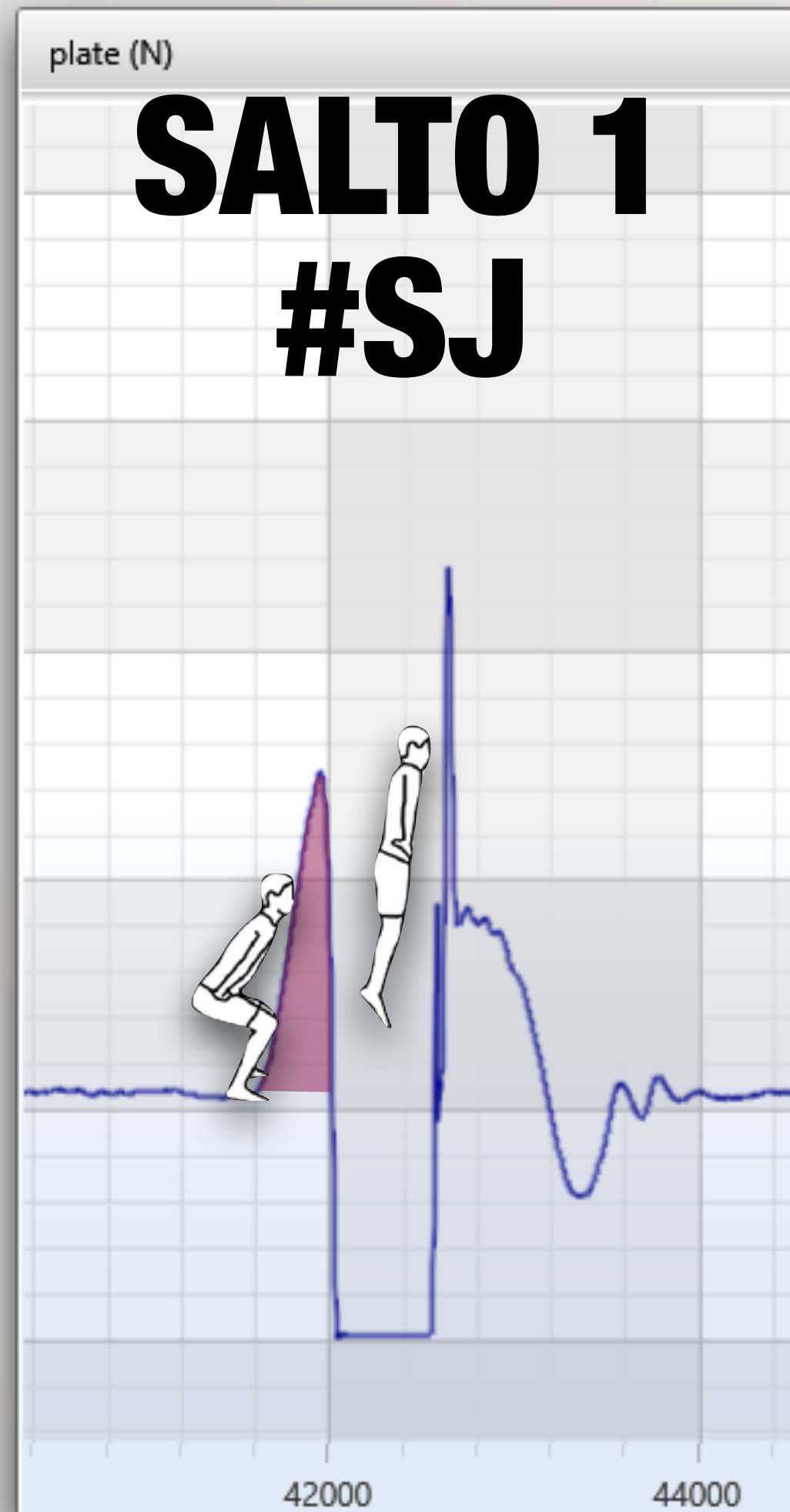


# **#2 FUERZA INICIAL**



**AL INICIO DE LA  
«FASE PROPULSIVA» (CON)**

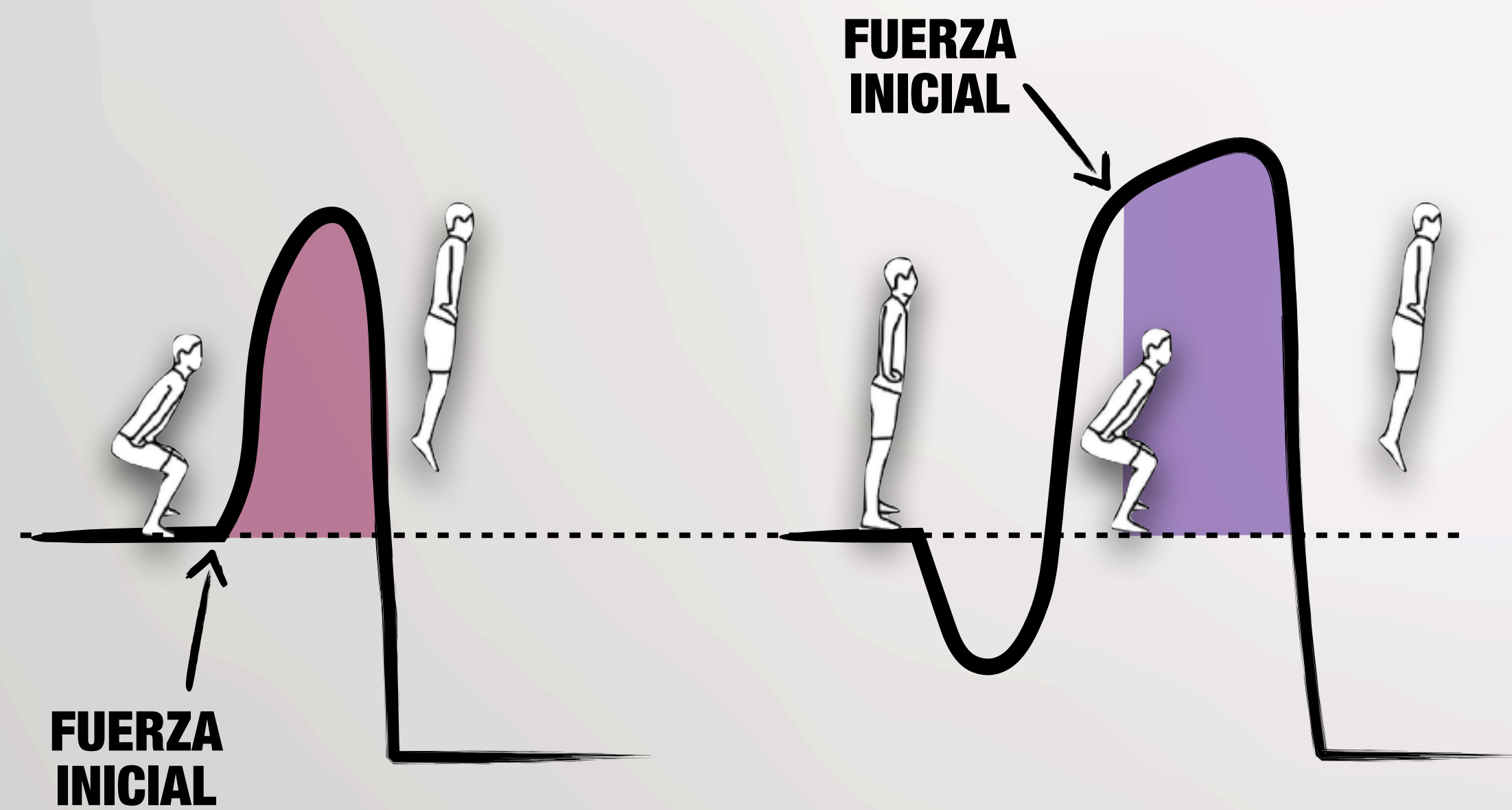






# SALTO 1 #SJ

# SALTO 2 #CMJ

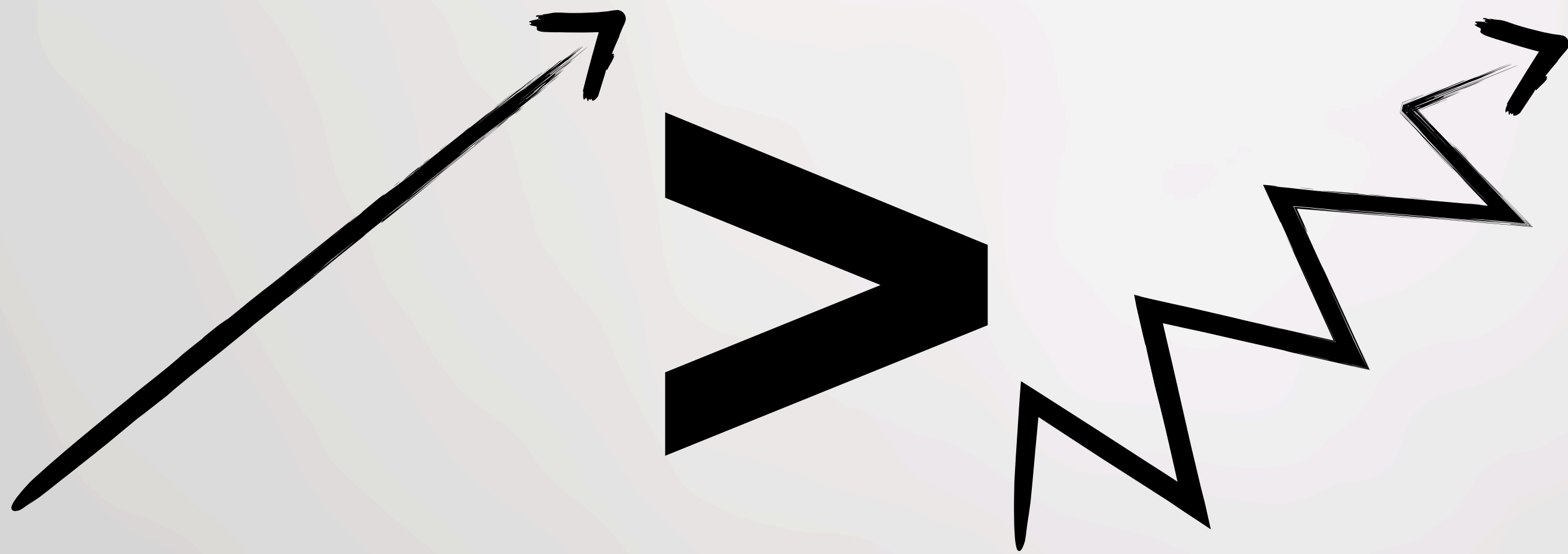


# **#3 CURSO ÓPTIMO DE ACCELERACIÓN**



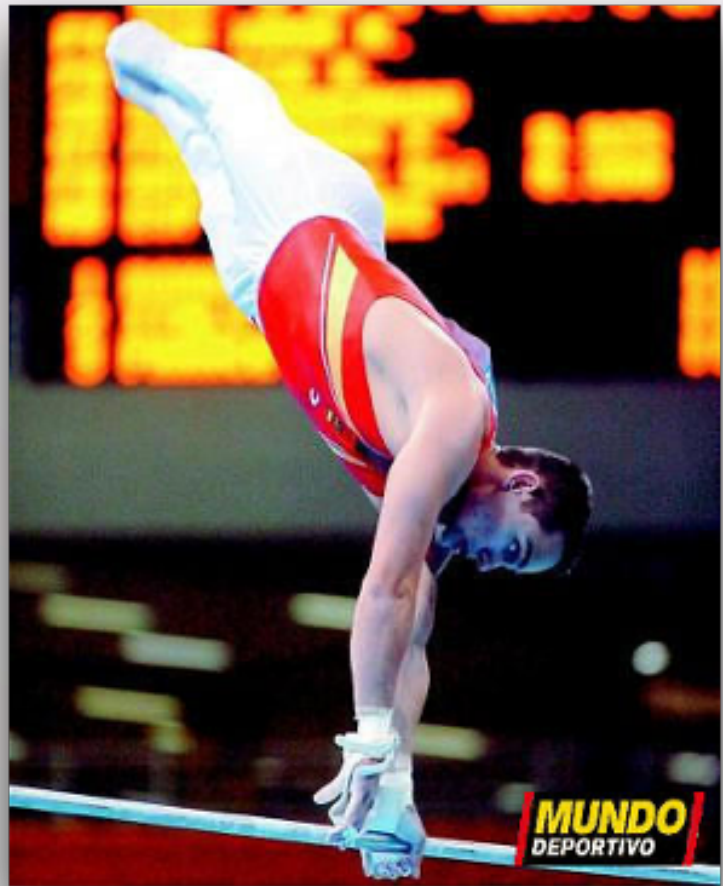
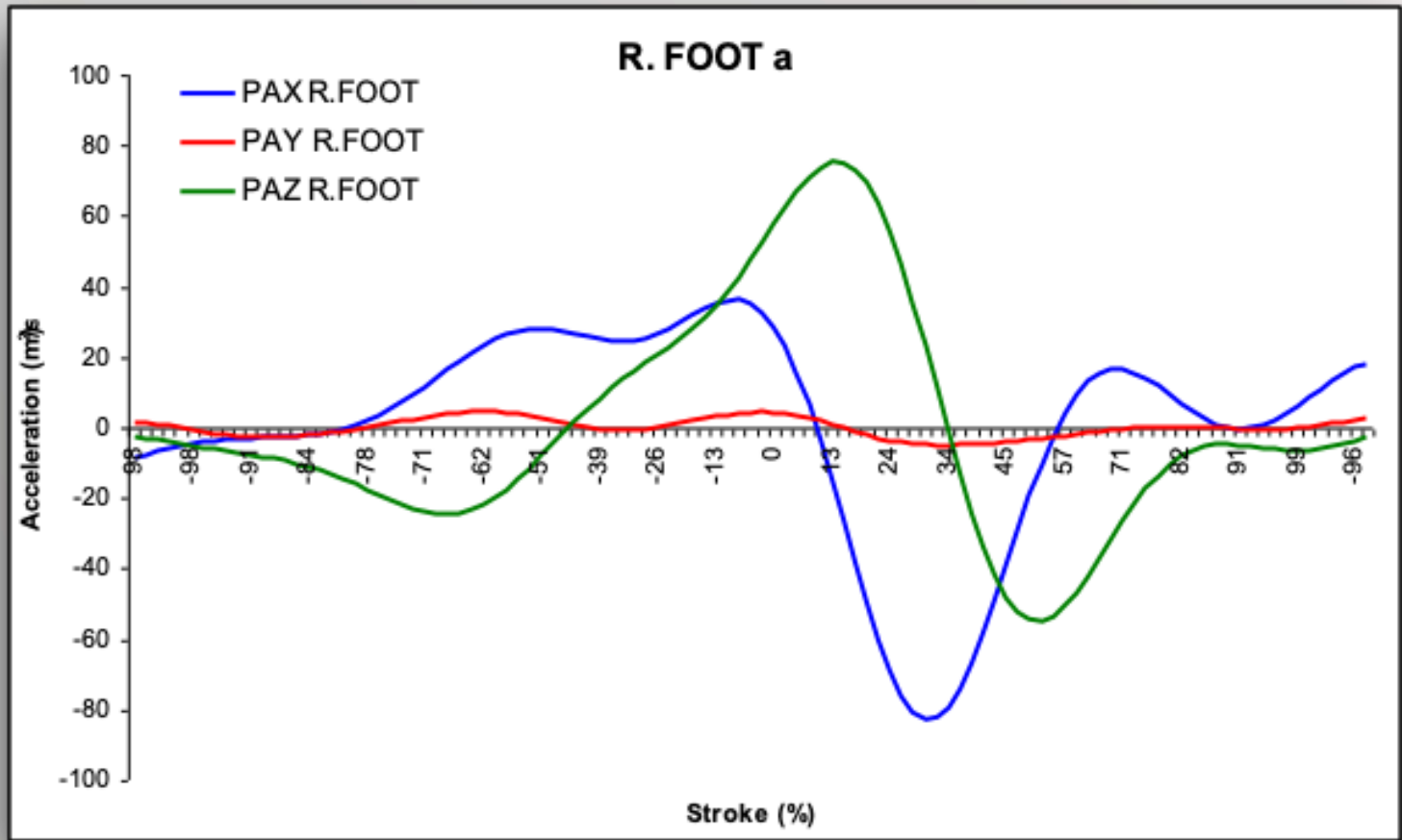
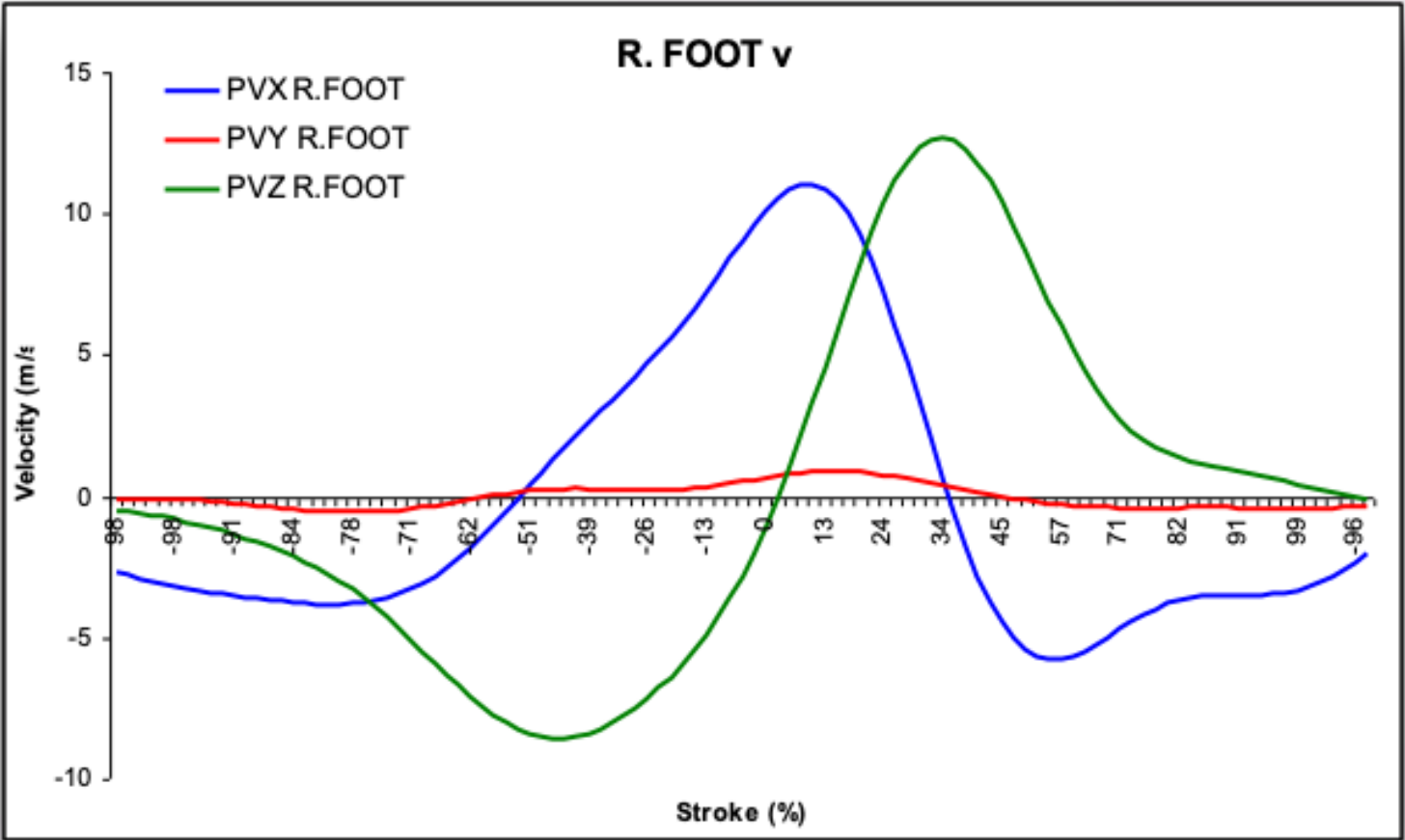
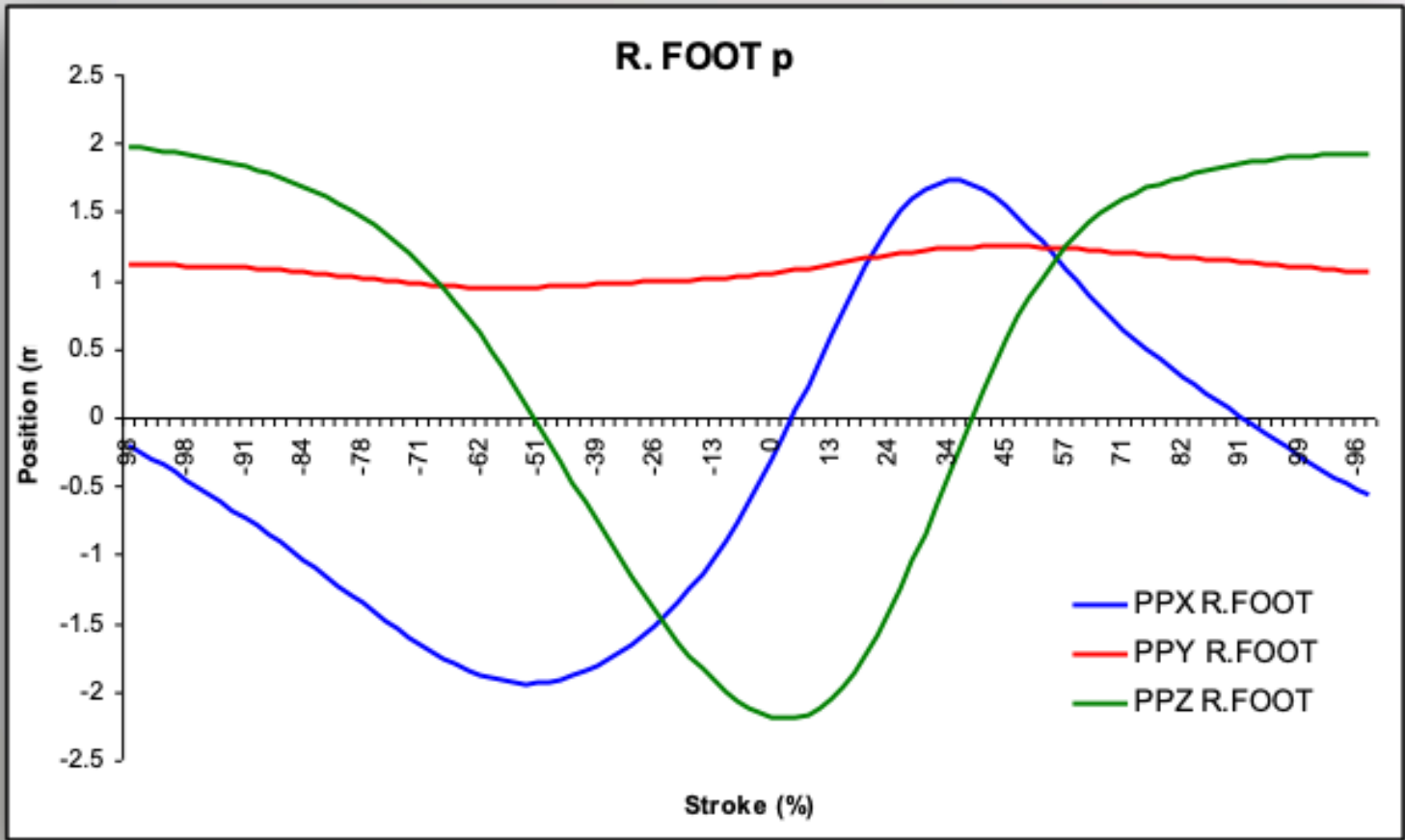


# LA TRAYECTORIA «PROPULSIVA»






# ANÁLISIS CINEMÁTICO





# **#4 CONSERVACIÓN DEL IMPULSO**





**$I \cdot \omega$  [vs]  $I \cdot \omega$**



Se genera un  
**MOMENTO ANGULAR**  
 $(I \cdot \omega)$   
hacia adelante (sentido  
horario)

Moviendo los brazos hacia adelante se genera un  
mayor momento angular, que como tiene que  
conservarse, el cuerpo empieza a girar en sentido  
inverso (anti-horario)



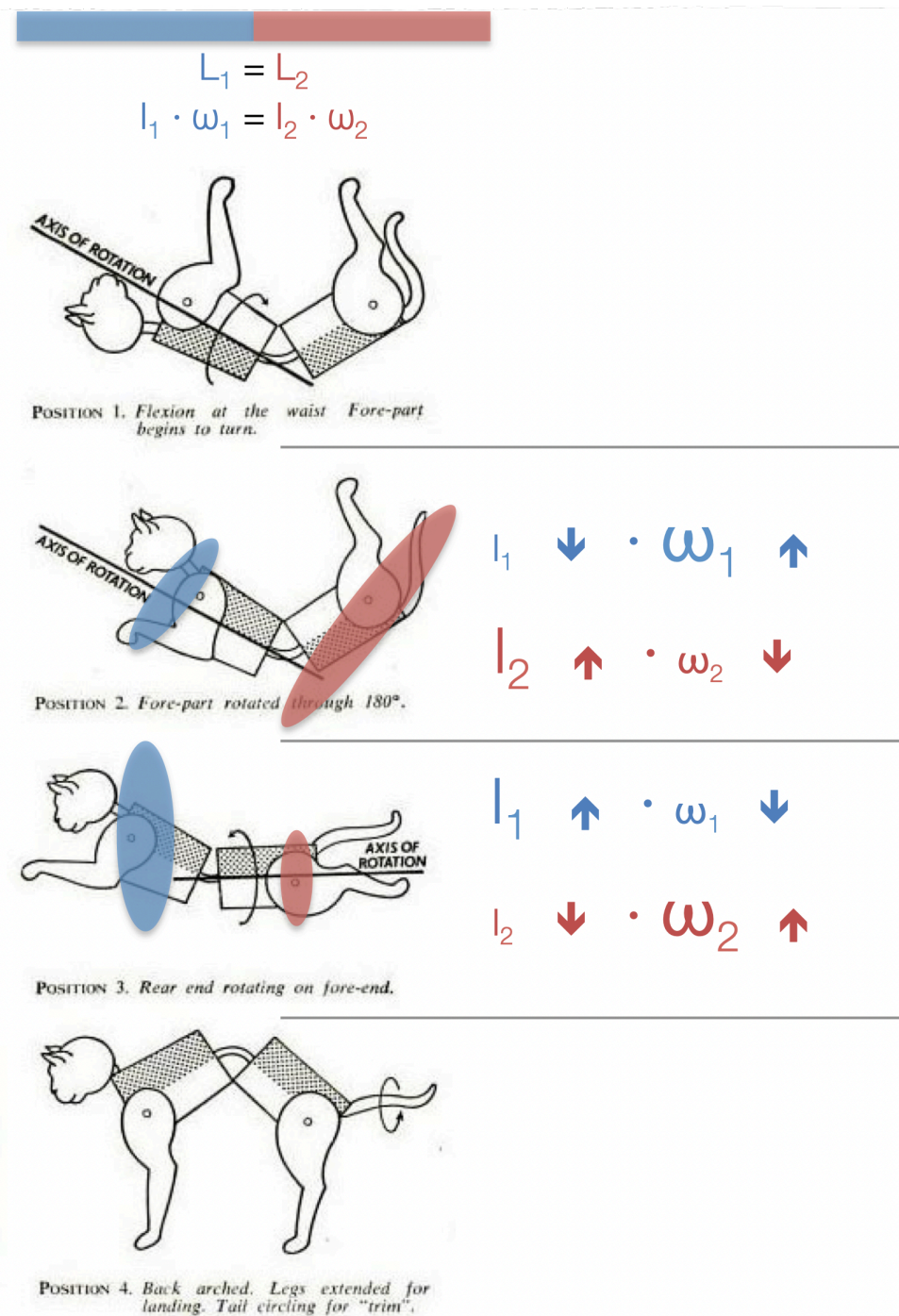
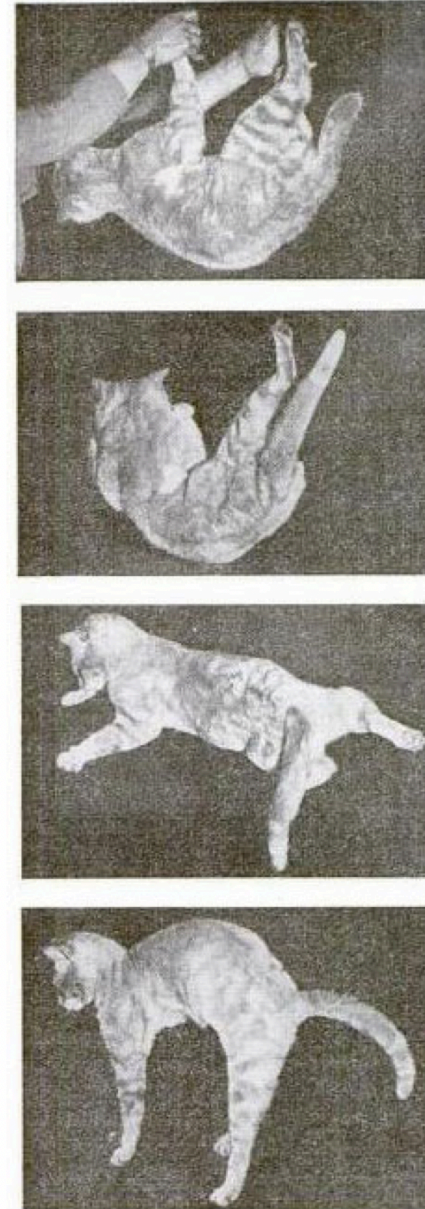
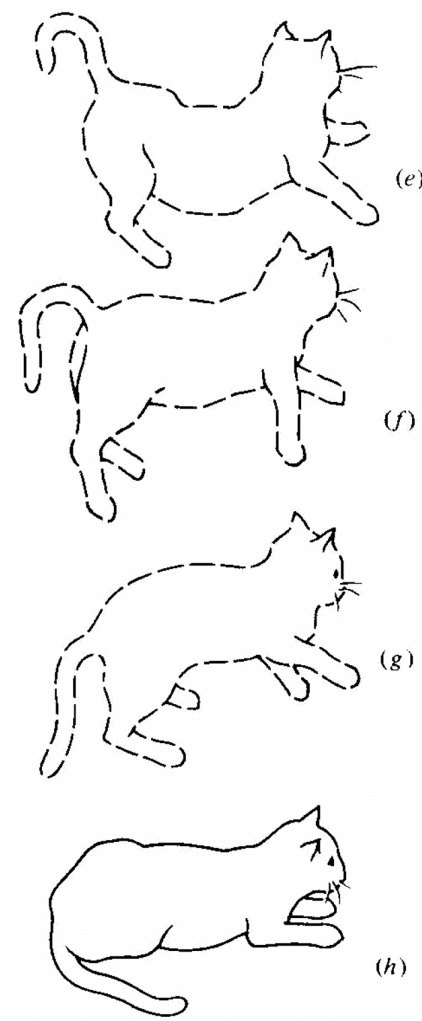
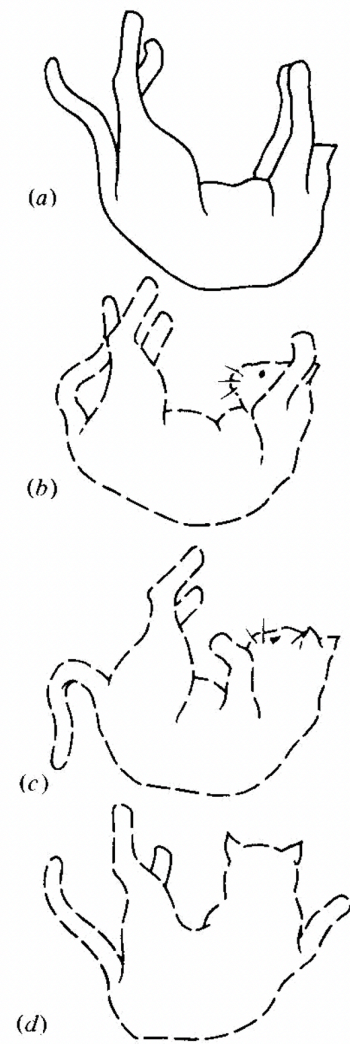
**TRANSFERENCIA DE IMPULSOS, «DE LA PARTE AL TODO»**



# GIRO APARENTE

Moment Angular inicial = 0

$$L = I \cdot \omega = 0$$



Imatge de Donald McDonald (1960)

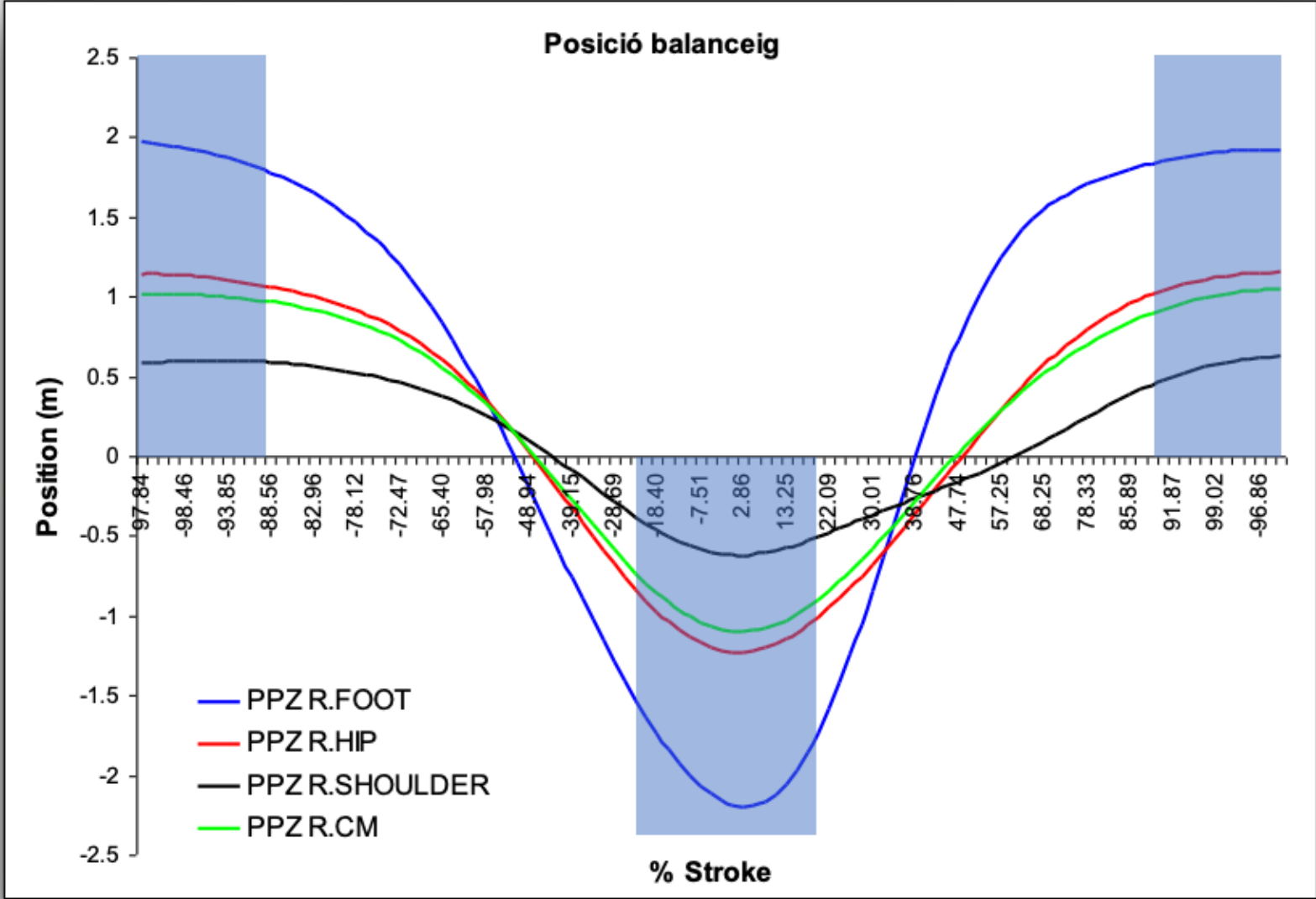


# **#5 COORDINACIÓN DE LOS IMPULSOS PARCIALES**

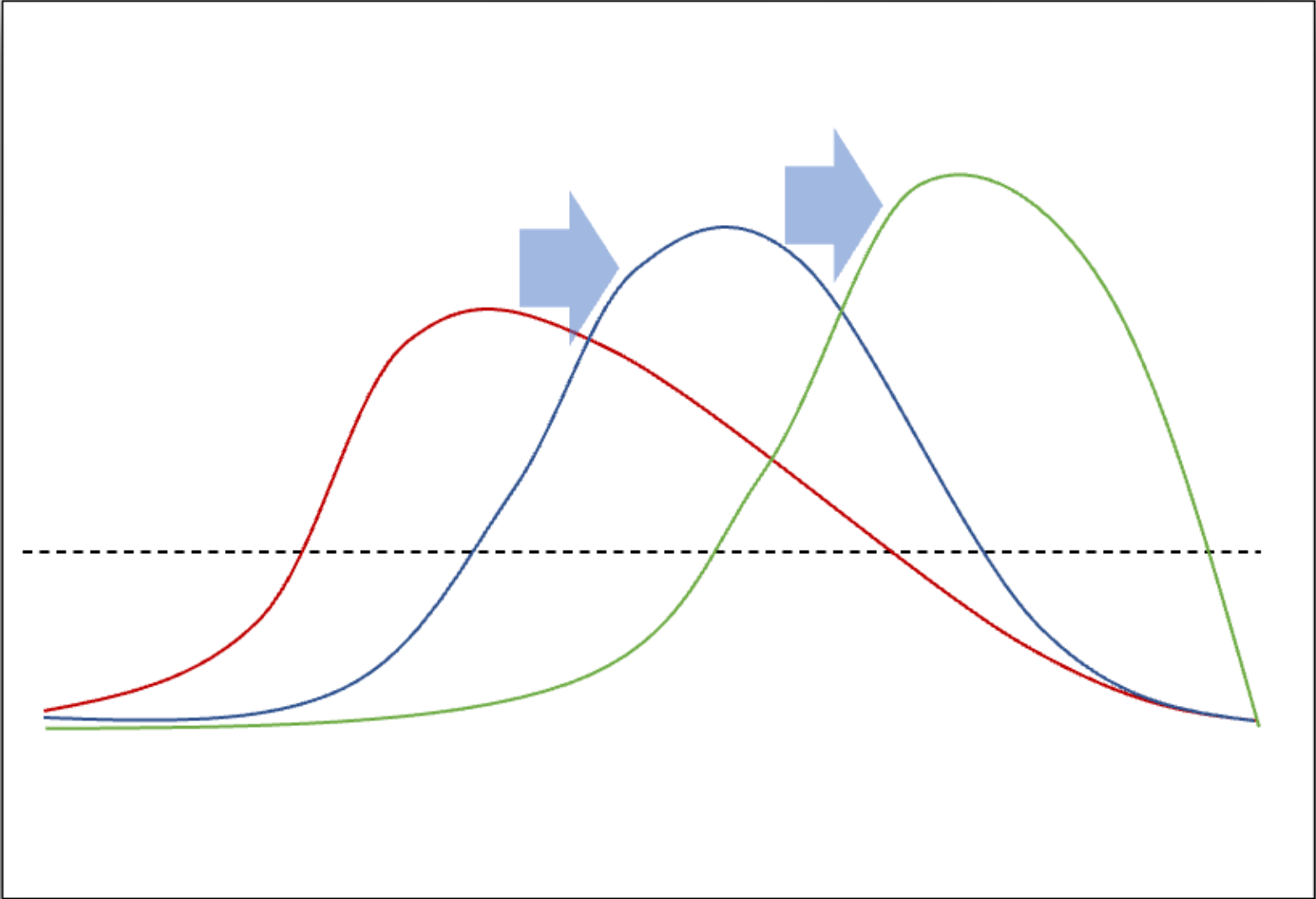




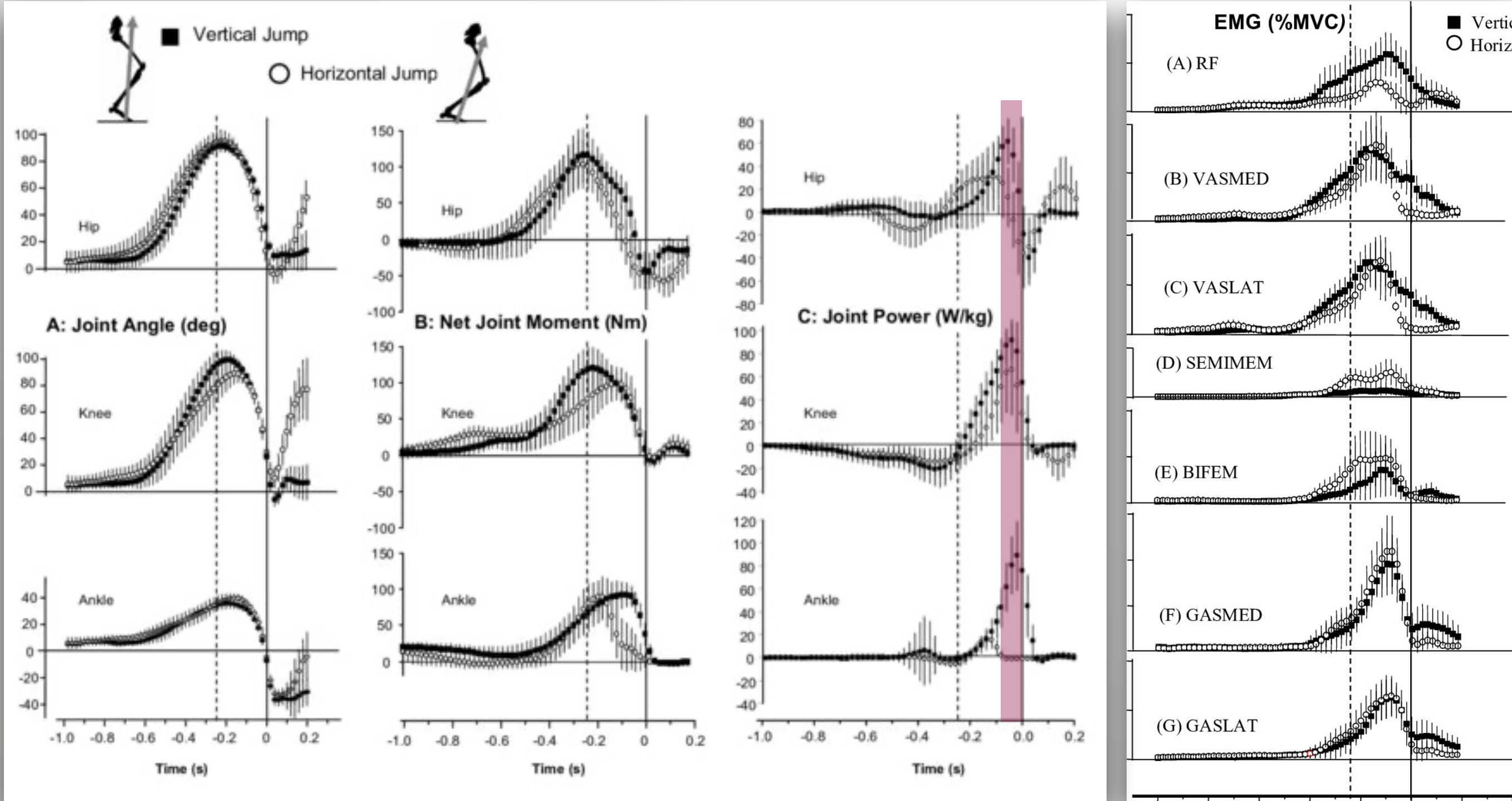
COORDINACIÓN SIMULTÁNEA DE LOS IMPULSOS



TRANSFERENCIA SECUENCIAL DE LOS IMPULSOS



# COORDINACIÓN SIMULTÁNEA DE LOS IMPULSOS PARCIALES



Fukashiro, et al. Direction Control in Standing Horizontal and Vertical Jumps. International Journal of Sport and Health Science Vol.3, 272-279, 2005





**PIERNA – CADERA – TRONCO – HOMBRO – CODO - MUÑECA**



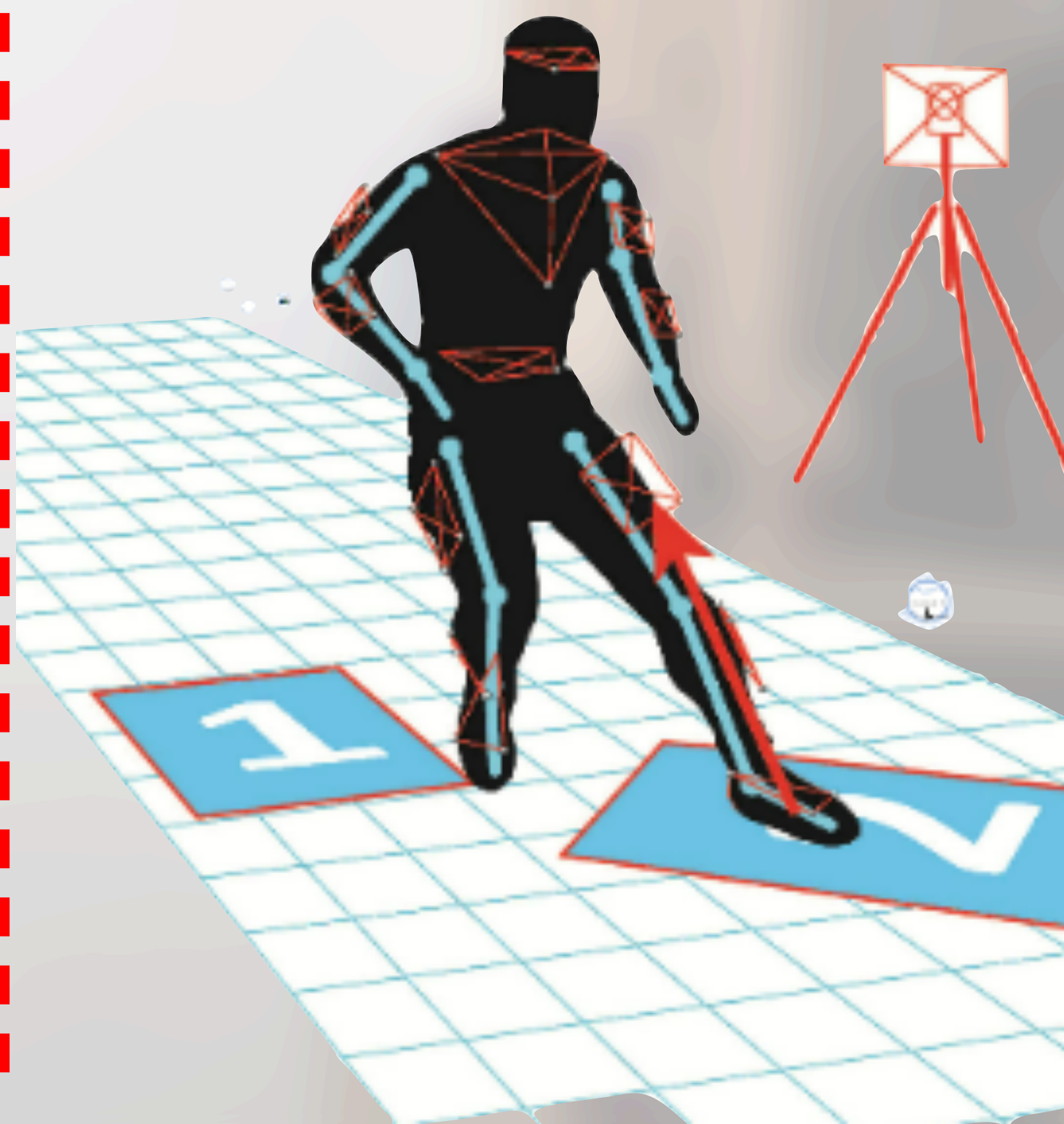
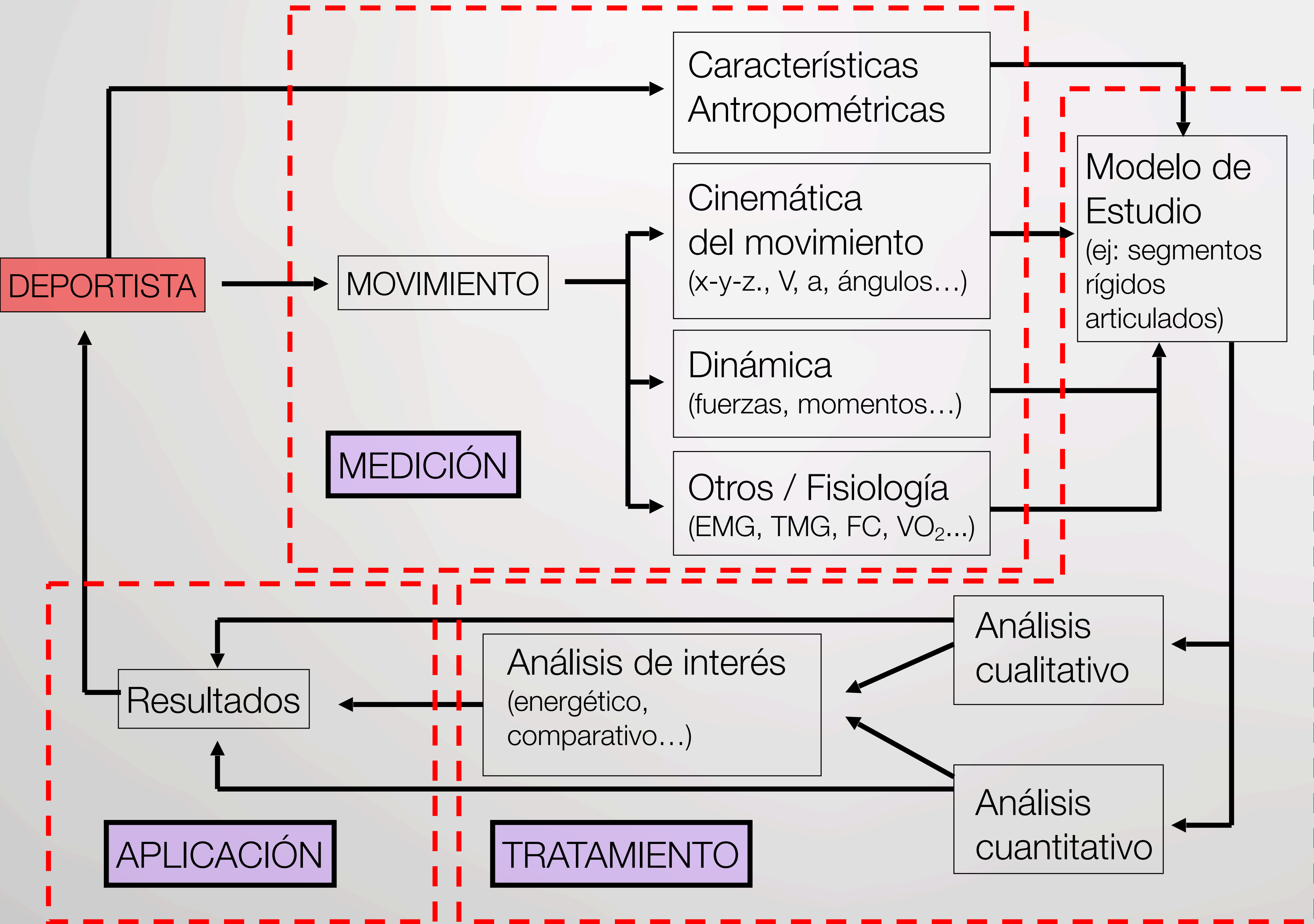
**TRANSFERENCIA SECUENCIAL DE LOS IMPULSOS PARCIALES**



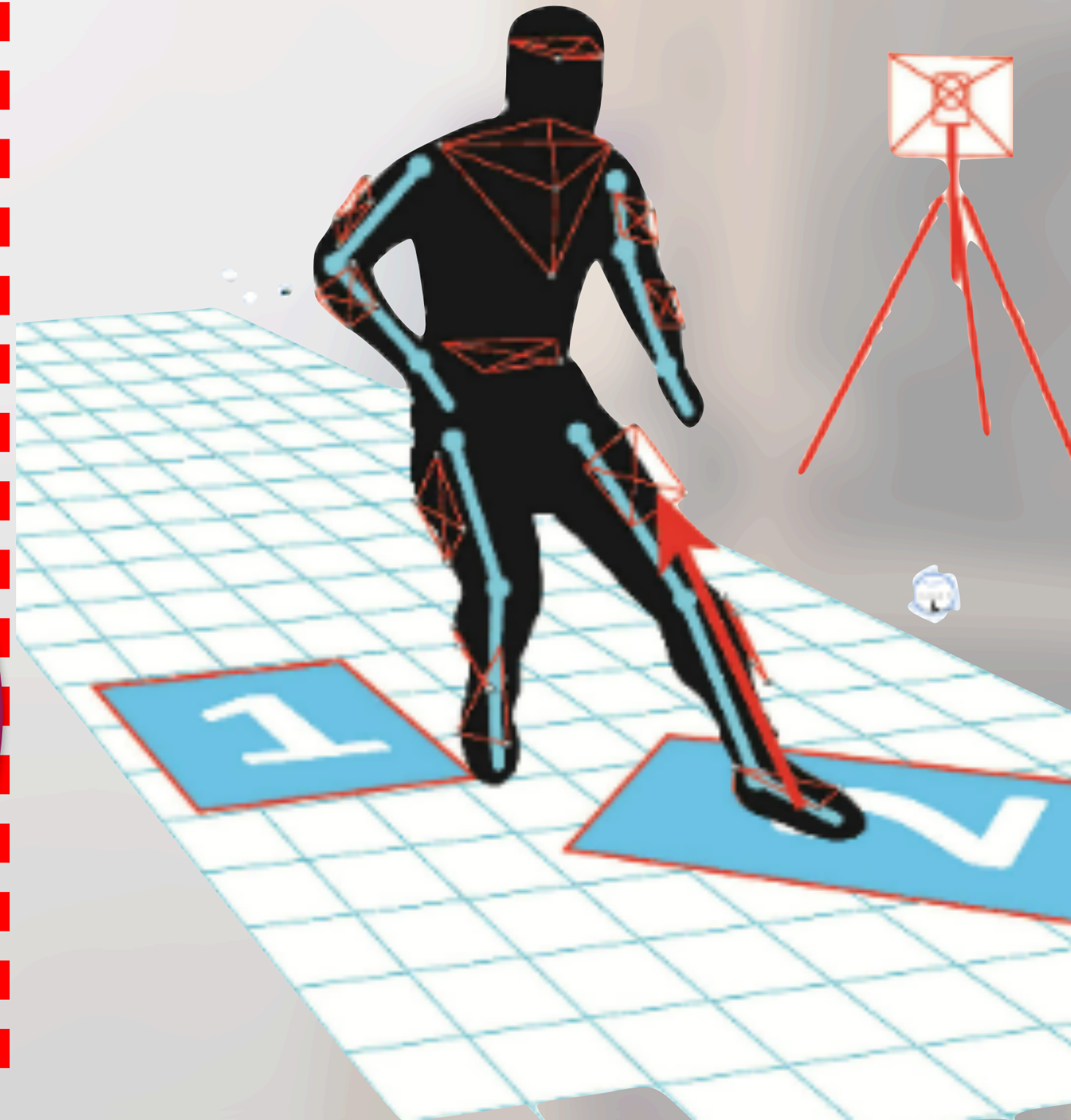
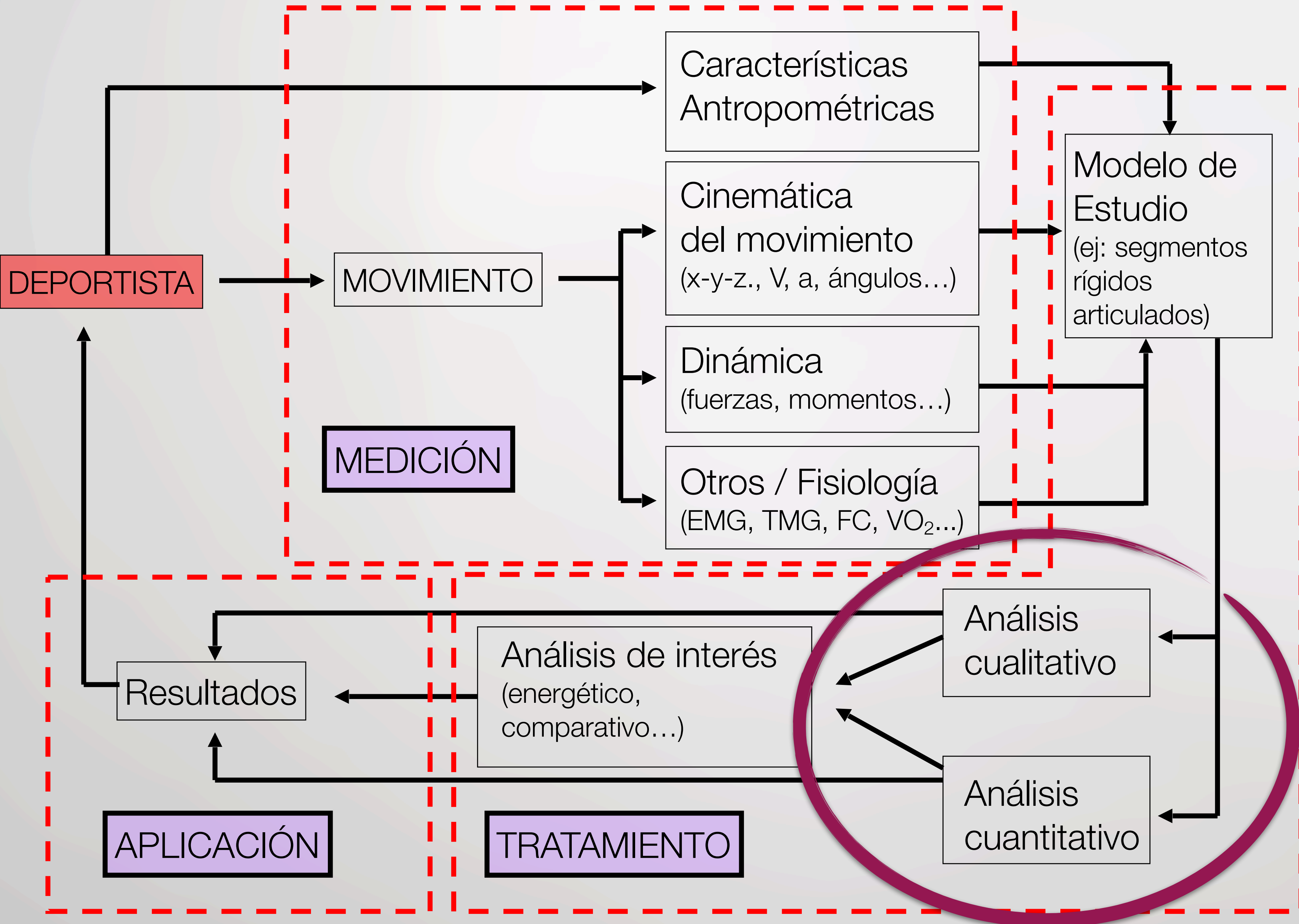




# MEDICIÓN → ANÁLISIS / TRATAMIENTO → APLICACIÓN



# MEDICIÓN → ANÁLISIS / TRATAMIENTO → APLICACIÓN





# METODOLOGÍA CUALITATIVA



# METODOLOGÍA CUANTITATIVA





# METODOLOGÍA CUALITATIVA

---

- **DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO**
- **SIN DATOS NUMÉRICOS**
- **IMPLEMENTACIÓN SENCILLA**
- **ALTO GRADO DE SUBJETIVIDAD**
- **REQUIERE DE «OJO DE EXPERTO»**
- **EXPLICAN BIEN EL MOVIMIENTO**
- **DAN LA IDEA DE COORDINACIÓN Y FLUIDEZ**
- **PERMITEN DETECTAR ERRORES TÉCNICOS**
- **AYUDAN A ADAPTAR EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO**



- **FLUIDEZ**
- **CONSTANCIA**
- **PRECISIÓN**
- **ACOPLAMIENTO**
- **RITMO**

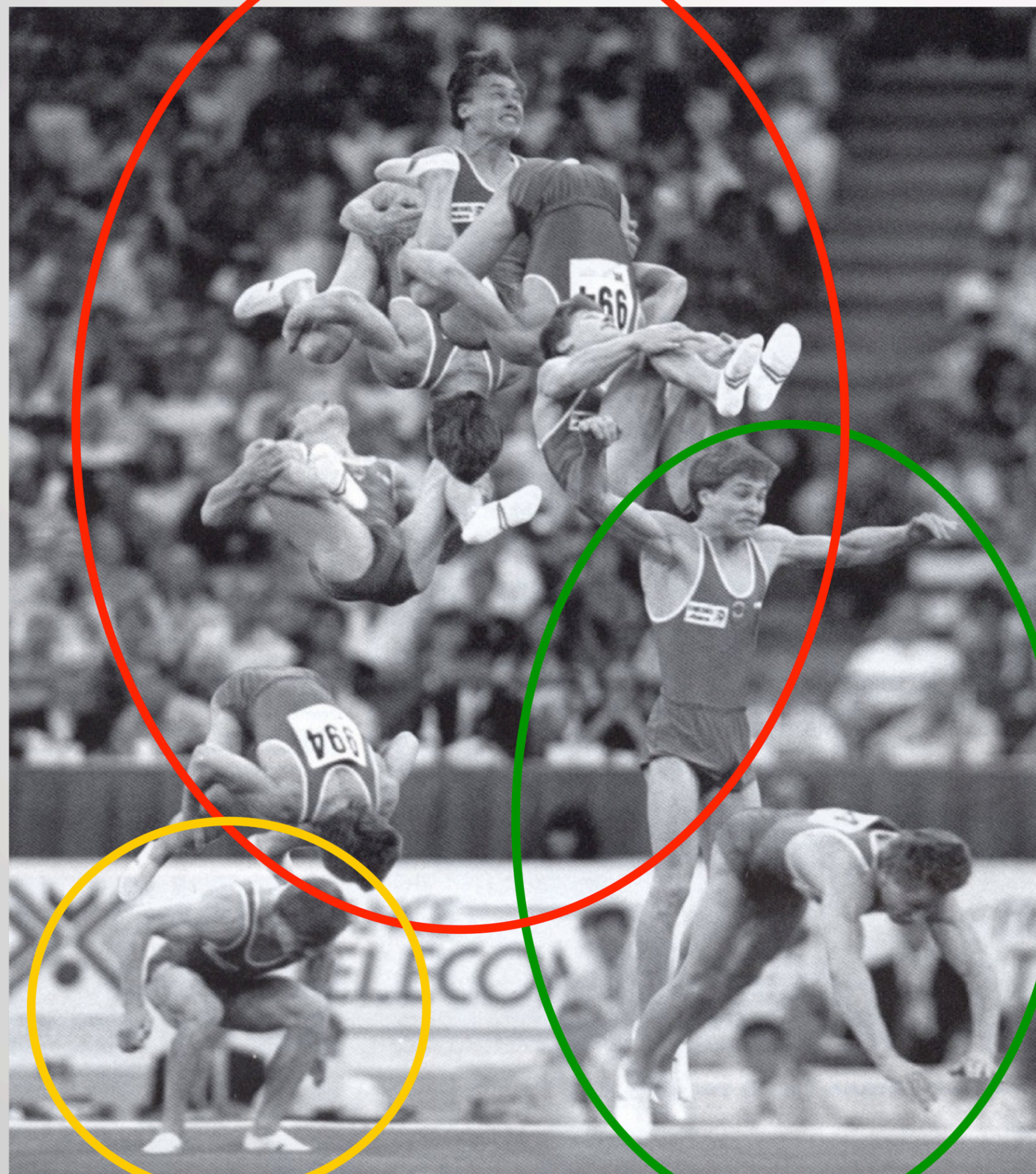


- **ESTRUCTURACIÓN DE FASES**
  - **MOV. ACÍCLICOS**
  - **MOV. CÍCLICOS**
  - **MOV. ENLAZADOS**





# CRITERIO TEMPORAL



Fase final

Fase principal

Fase de inicio



# CRITERIO FUNCIONAL



Fase de rotación

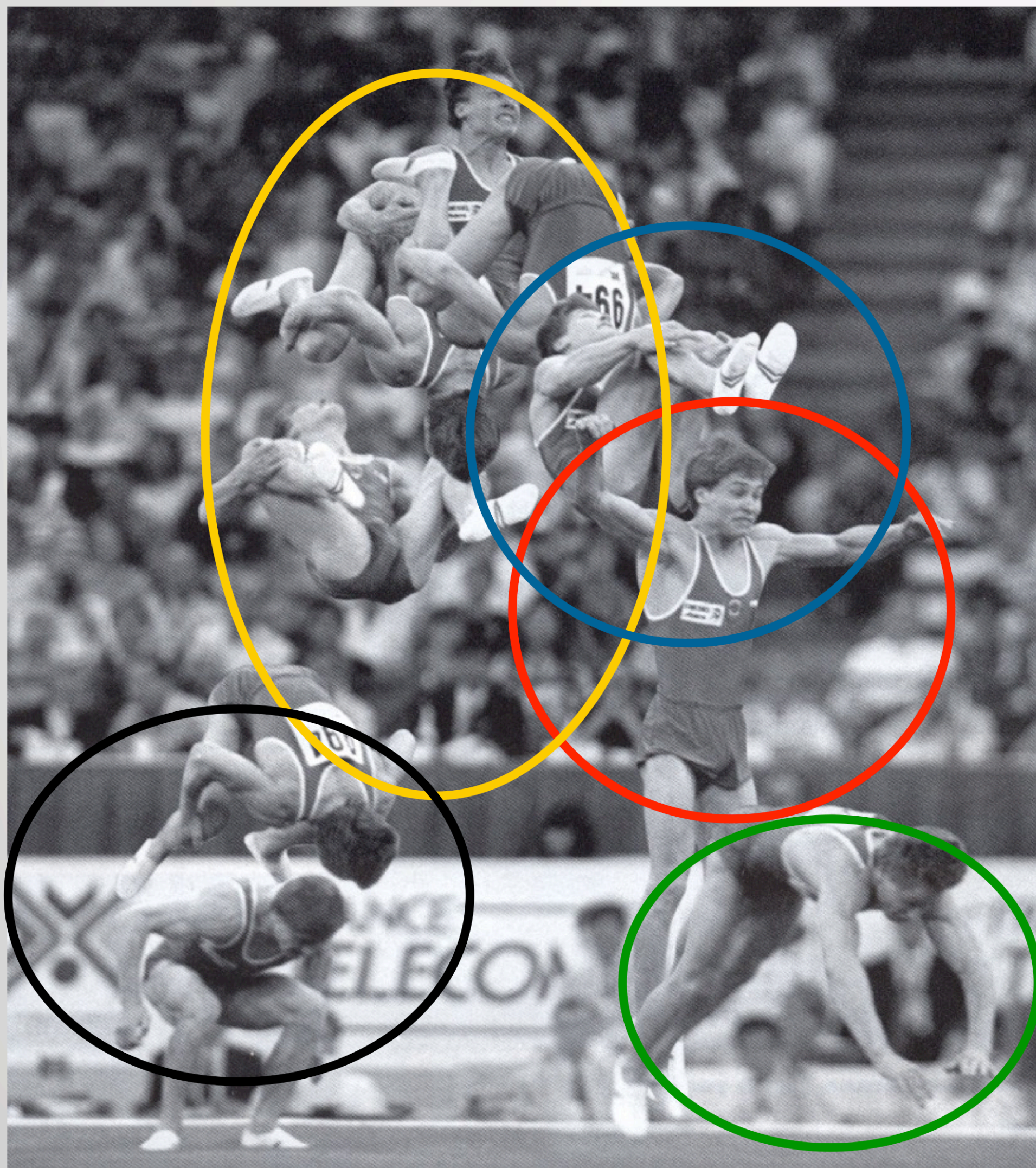
Fase de impulso

Fase recepción

Fase de ascenso



# SECUENCIA SENSORIO-MOTRIZ

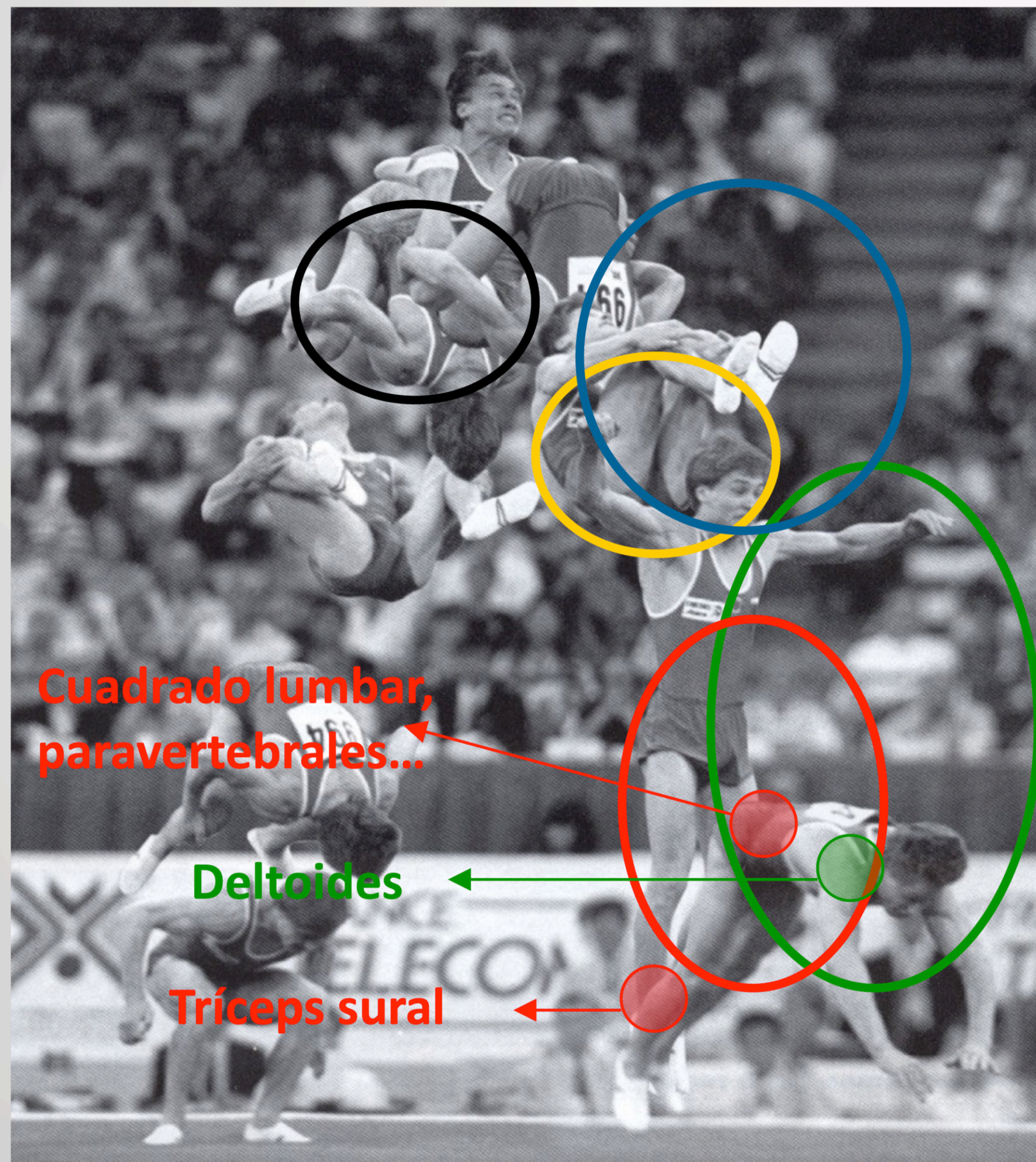


Amortiguar Elevación de cadera Entrar lejos

Máximo agrupamiento "Lanzar" los brazos



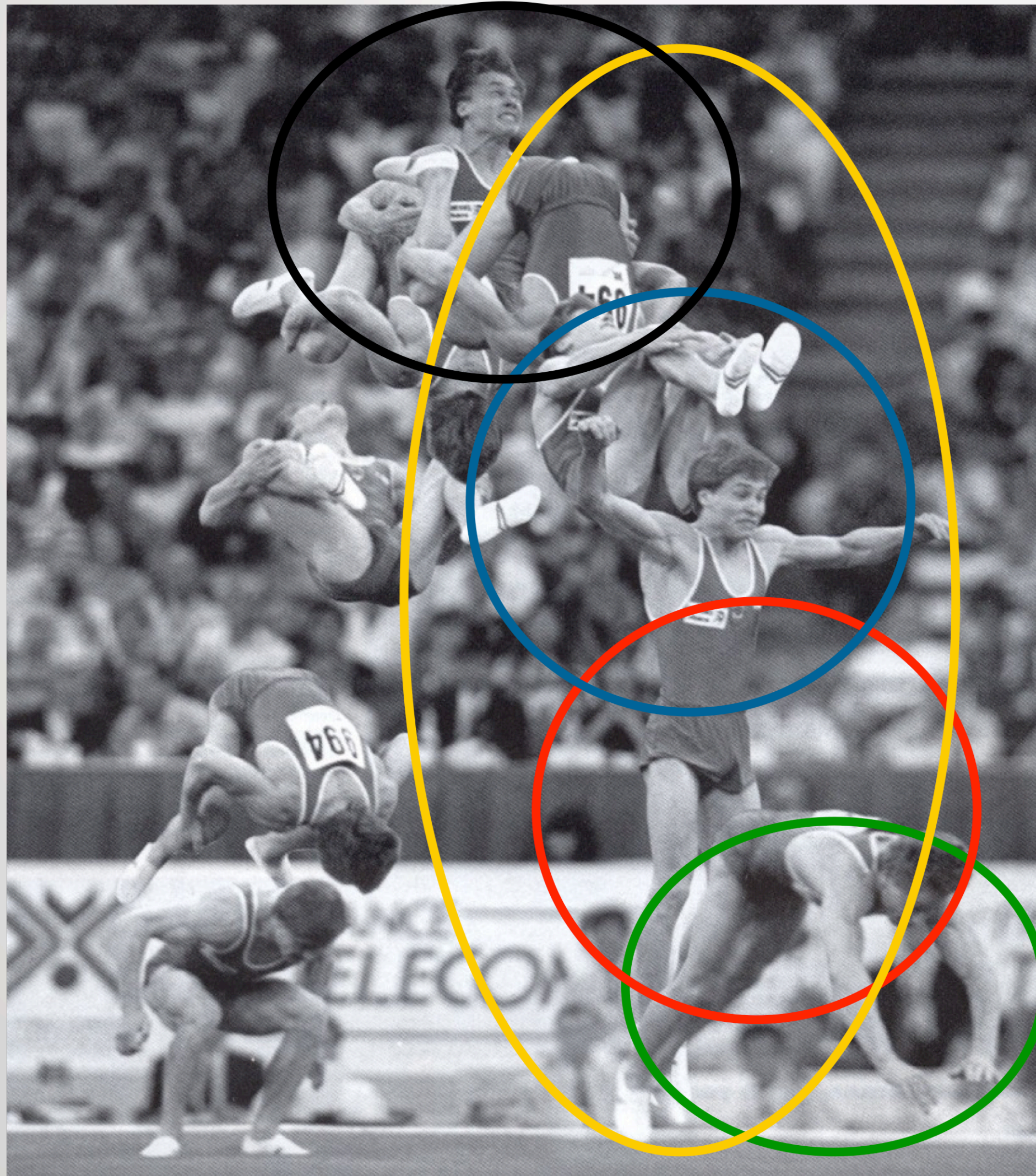
# ANÁLISIS ANATÓMICO-FUNCIONAL



Abducción cadera   Flexión MMII   Repulsión MMSS  
Flexión de tronco   Extensión de tronco



# ANÁLISIS BIOMECÁNICO



Disminución del momento de rotación

Ángulo de entrada bajo

Máxima altura;  $V_y=0$

Fase de ascenso

Elevación del CoM



# METODOLOGÍA CUANTITATIVA

---

- **ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO**
- **DE FORMA NUMÉRICA**
- **DATOS TOTALMENTE OBJETIVOS**
- **REQUIERE EQUIPO SOFISTICADO**
- **LOS APARATOS PUEDEN INTERFERIR EN LA MEDICIÓN**
- **DETERMINAN CON EXACTITUD EL PATRÓN Y LA INFLUENCIA DE CADA PARÁMETRO**
- **PERMITE COMPARAR DISTINTAS EJECUCIONES**
  - **MISMO SUJETO**
  - **DISTINTOS SUJETOS**
  - **vs MODELO TÉCNICO**
- **CUANTIFICA DEFICIENCIAS Y ERRORES**



## ● CINEMÁTICA

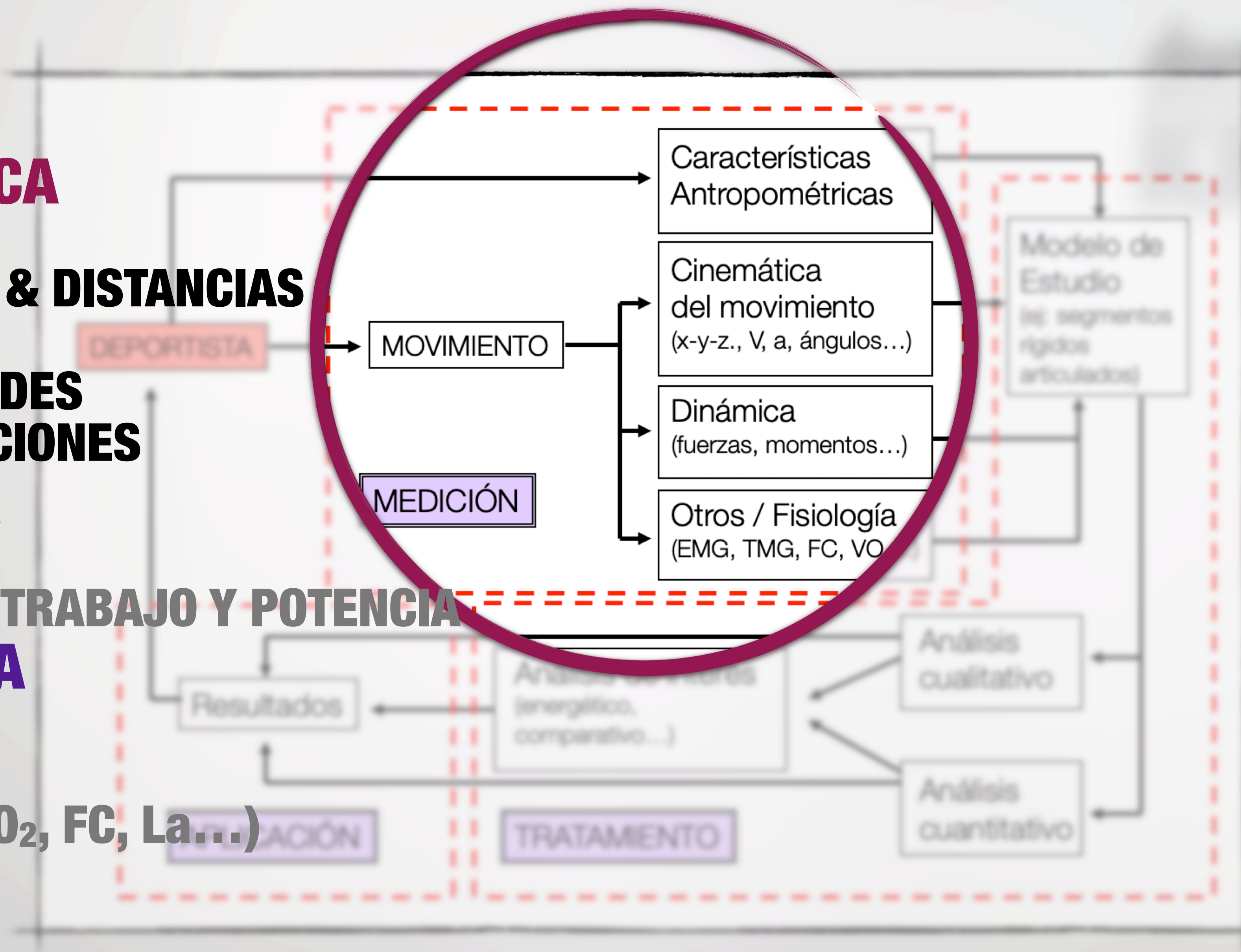
- TIEMPOS
- POSICIÓN & DISTANCIAS
- ÁNGULOS
- VELOCIDADES
- ACELERACIONES

## ● DINÁMICA

- FUERZAS
- ENERGÍA, TRABAJO Y POTENCIA

## ● FISIOLOGÍA

- EMG
- TMG
- OTROS ( $VO_2$ , FC, La...)





# **HERRAMIENTAS**

---

**FOTOGRAMETRÍA & MoCap  
(CAPTURA DEL MOVIMIENTO)**

**ENCÓDERS, ACELEROMETRÍA &  
SENSORES INERCIALES (IMUs)**

**DINAMOMETRÍA &  
SENSORES DE FUERZAS**

**EMG & TMG**



**POSICIÓN (TIEMPO)**

$$v = \Delta x / \Delta t$$

**VELOCIDAD (TIEMPO)**

$$a = \Delta v / \Delta t$$

**ACELERACIÓN (TIEMPO)**

$$F = m \cdot a$$

**FUERZA (TIEMPO)**

$$P = W / t = F \cdot v$$

**POTENCIA (TIEMPO)**



**CINEMÁTICA**  
**DINÁMICA**



«mide aquello que sea medible,  
y haz medible aquello que no lo sea»  
Galileo Galilei



