



*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

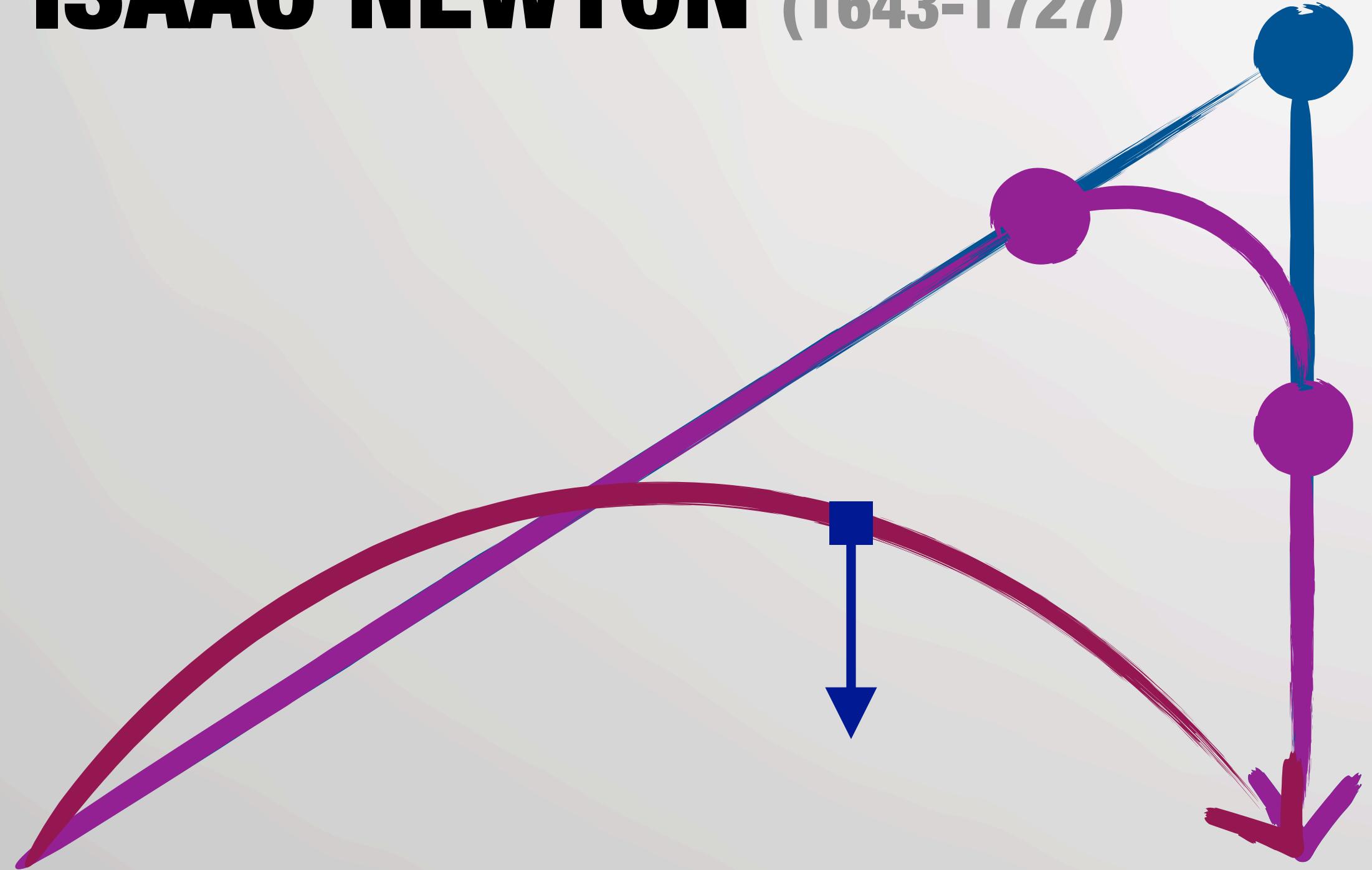
«EL MOVIMIENTO SE DEMUESTRA ANDANDO»

**ARISTÓTELES** (388-322aC)

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

**GALILEO GALILEI** (1564-1642)

**ISAAC NEWTON** (1643-1727)



# #ANTECEDENTES

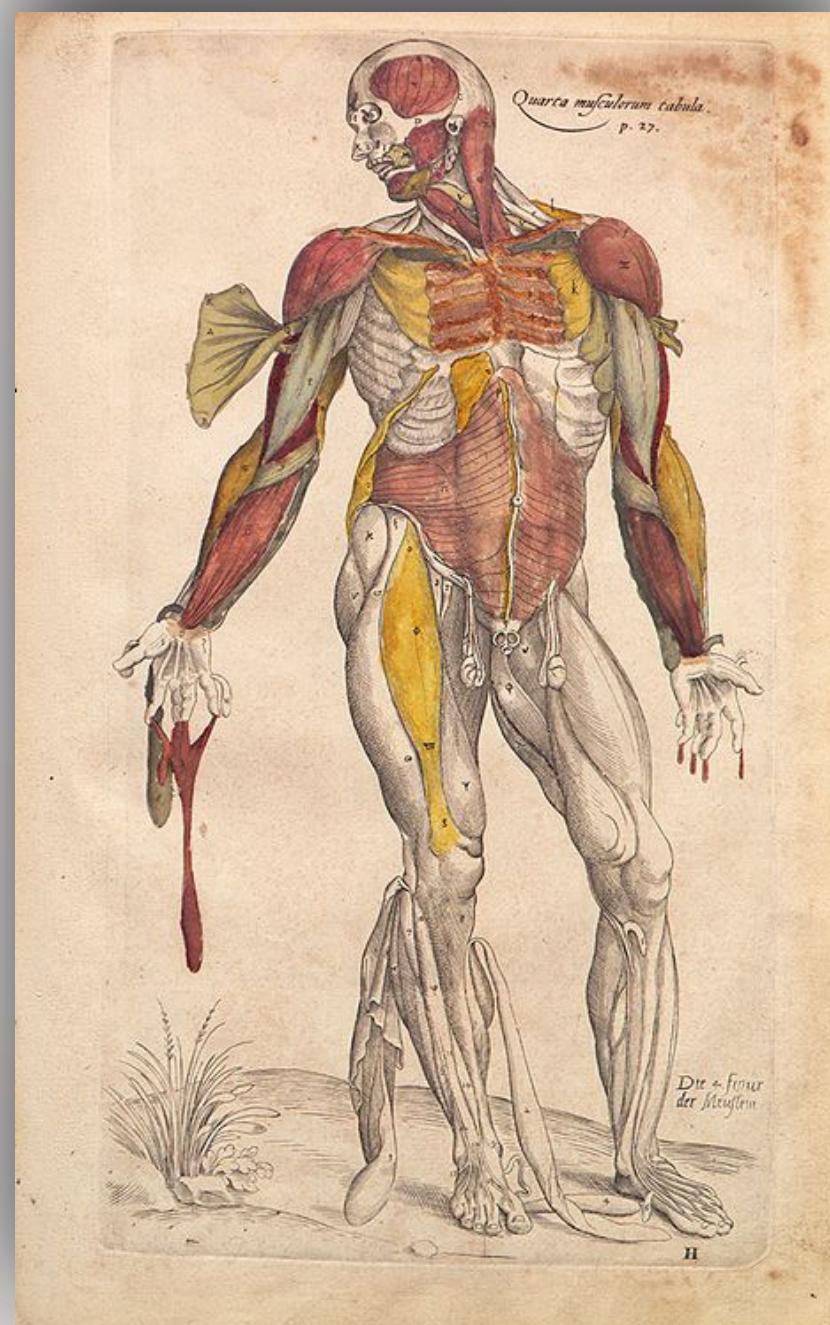
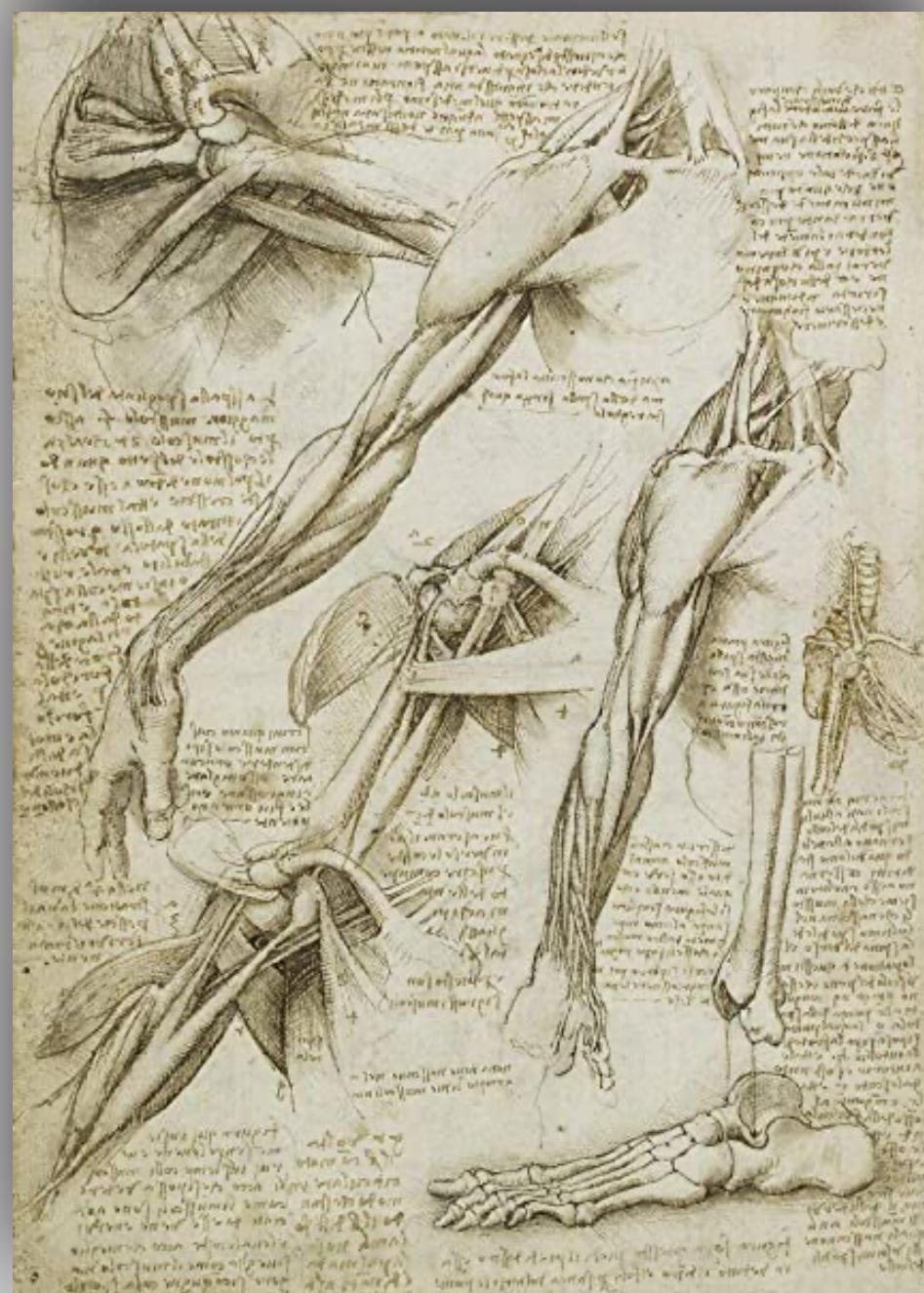
«COMO DIRÍA JACK, VAYAMOS POR PARTES»

**GALENO** (131-201)

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

**ANDREA VESALIO** (1514-1564)

**JOHN HUNTER** (1728-1793)



# #ANTECEDENTES

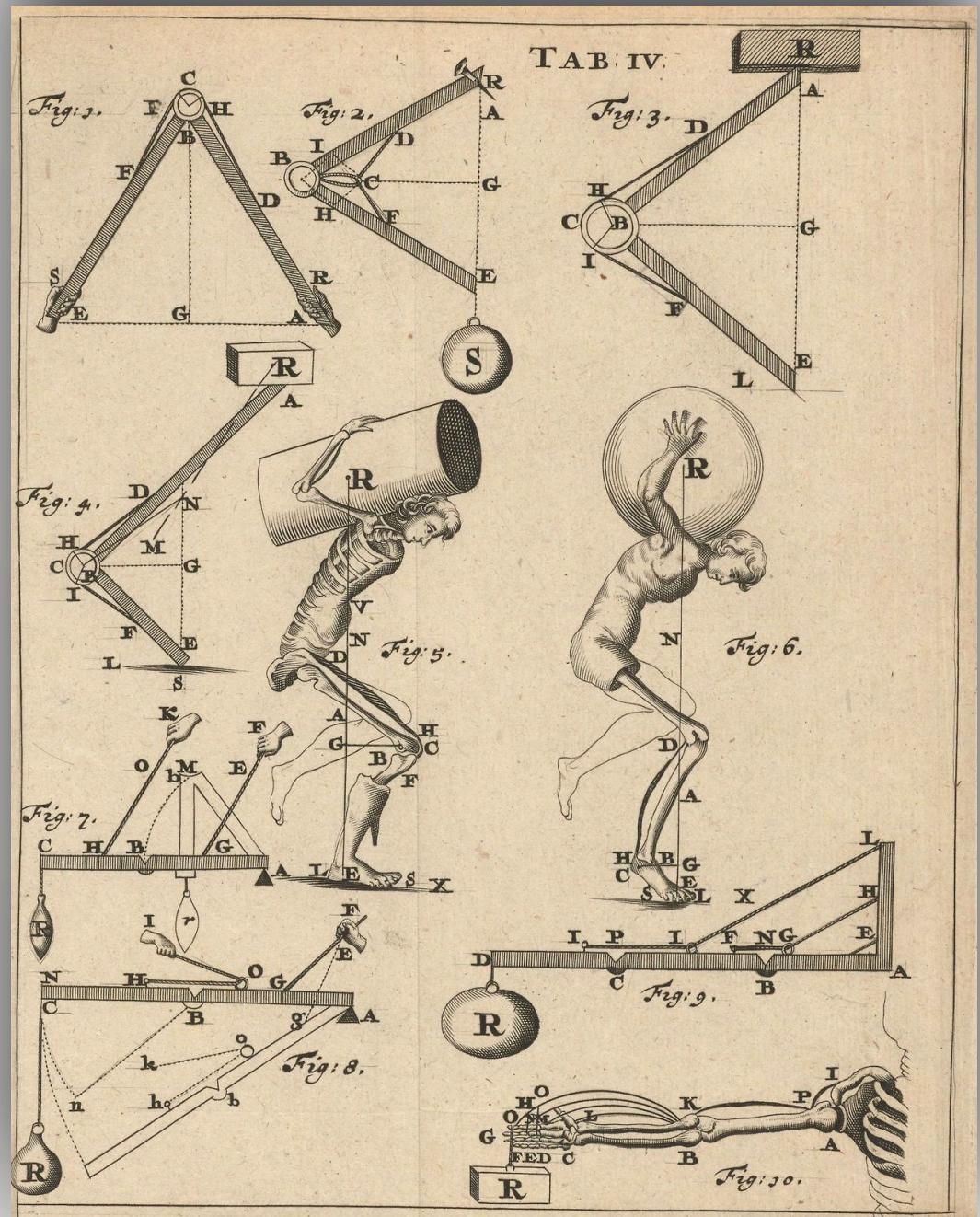
«DAME UN PUNTO DE APOYO Y MOVERÉ EL MUNDO»

**ARQUÍMEDES** (287-212aC)

**ALFONSO BORELLI** (1608-1679)

**OTTO FISCHER** (1861-1917)

**RUDOLF FICK** (1866-1939)



# #ANTECEDENTES

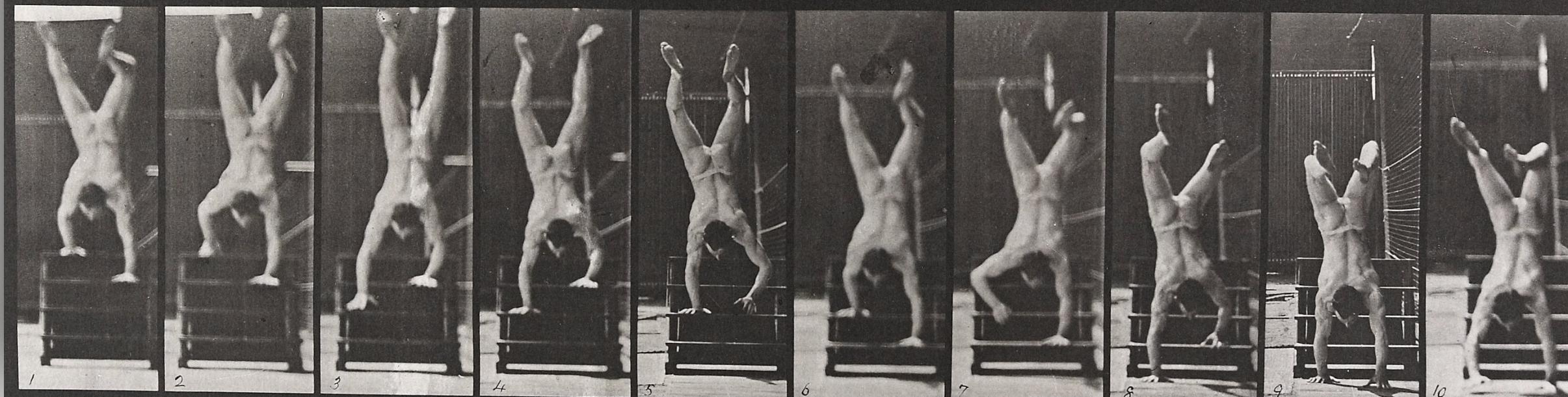
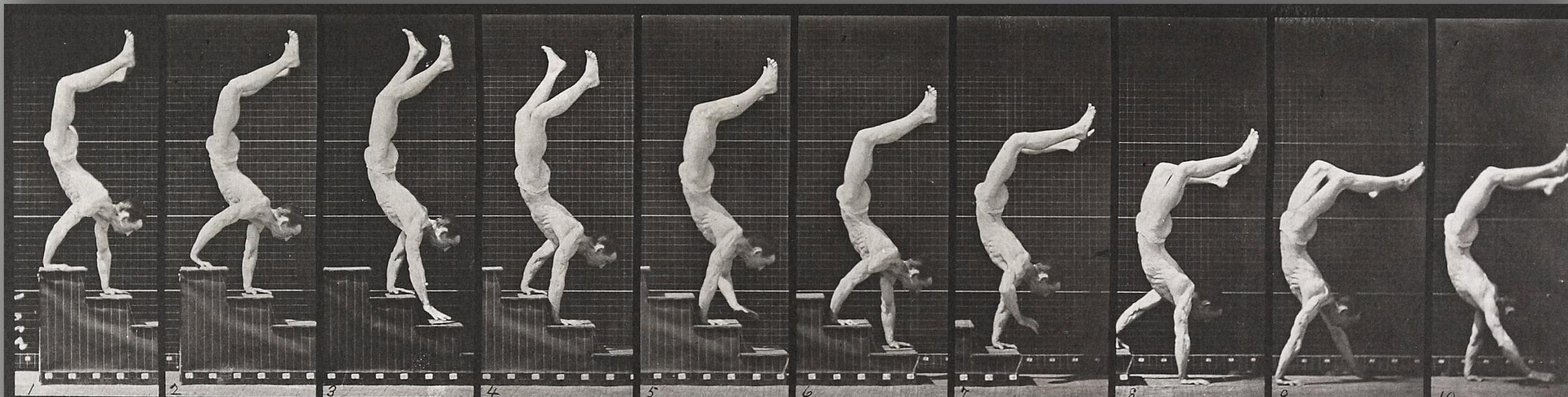
«A HOMBROS DE GIGANTES»

**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 interdisciplinares 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**»

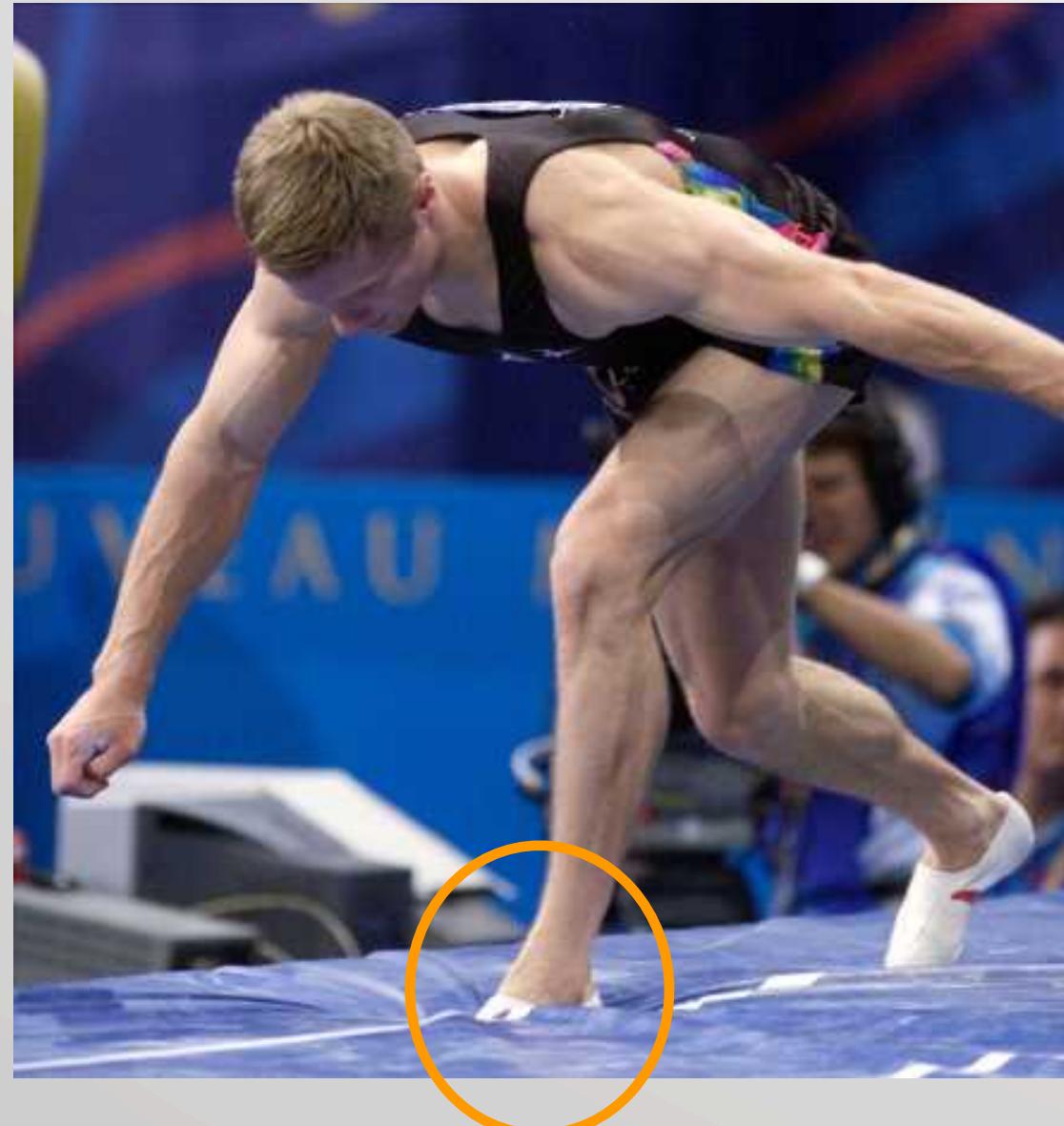
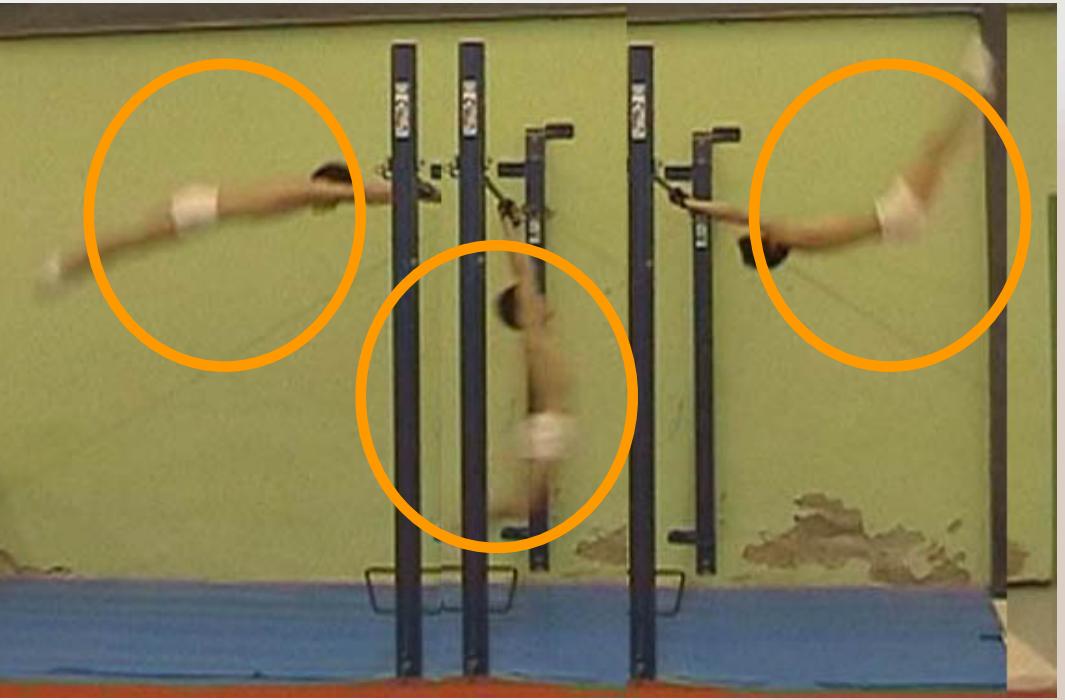
## BIOMECÁNICA

«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»

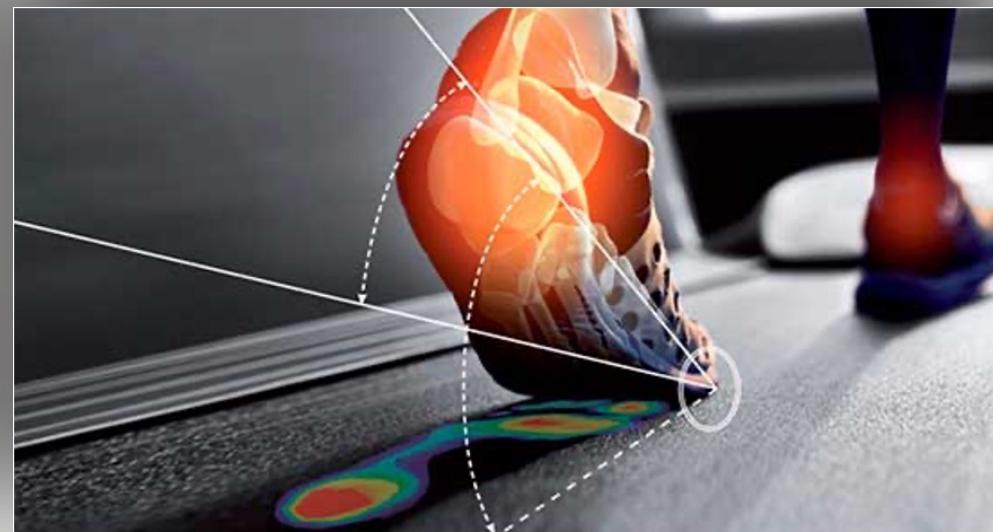
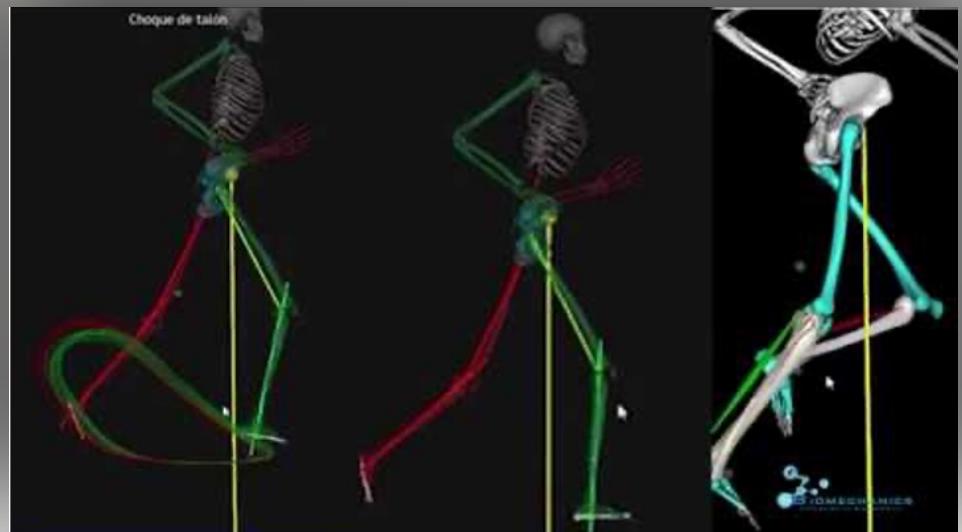
# OBJETIVOS DE LA BIOMECÁNICA

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



# #BIOMECÁNICA

«**BIO**» (BIOFÍSICA)

- BIOESTRUCTURAS (ANATOMÍA)
- FISIOLOGÍA

«**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 REACCIÓN





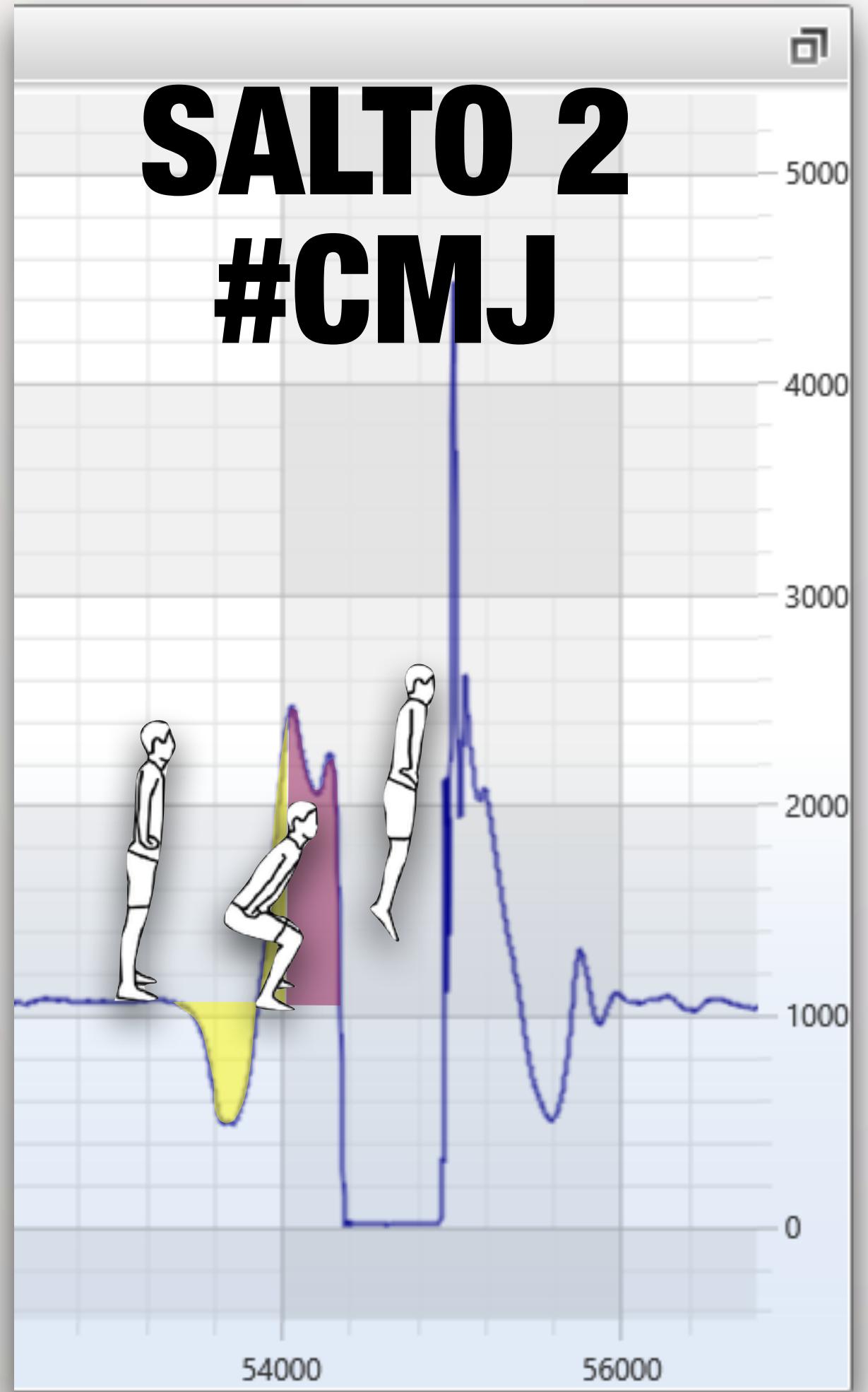
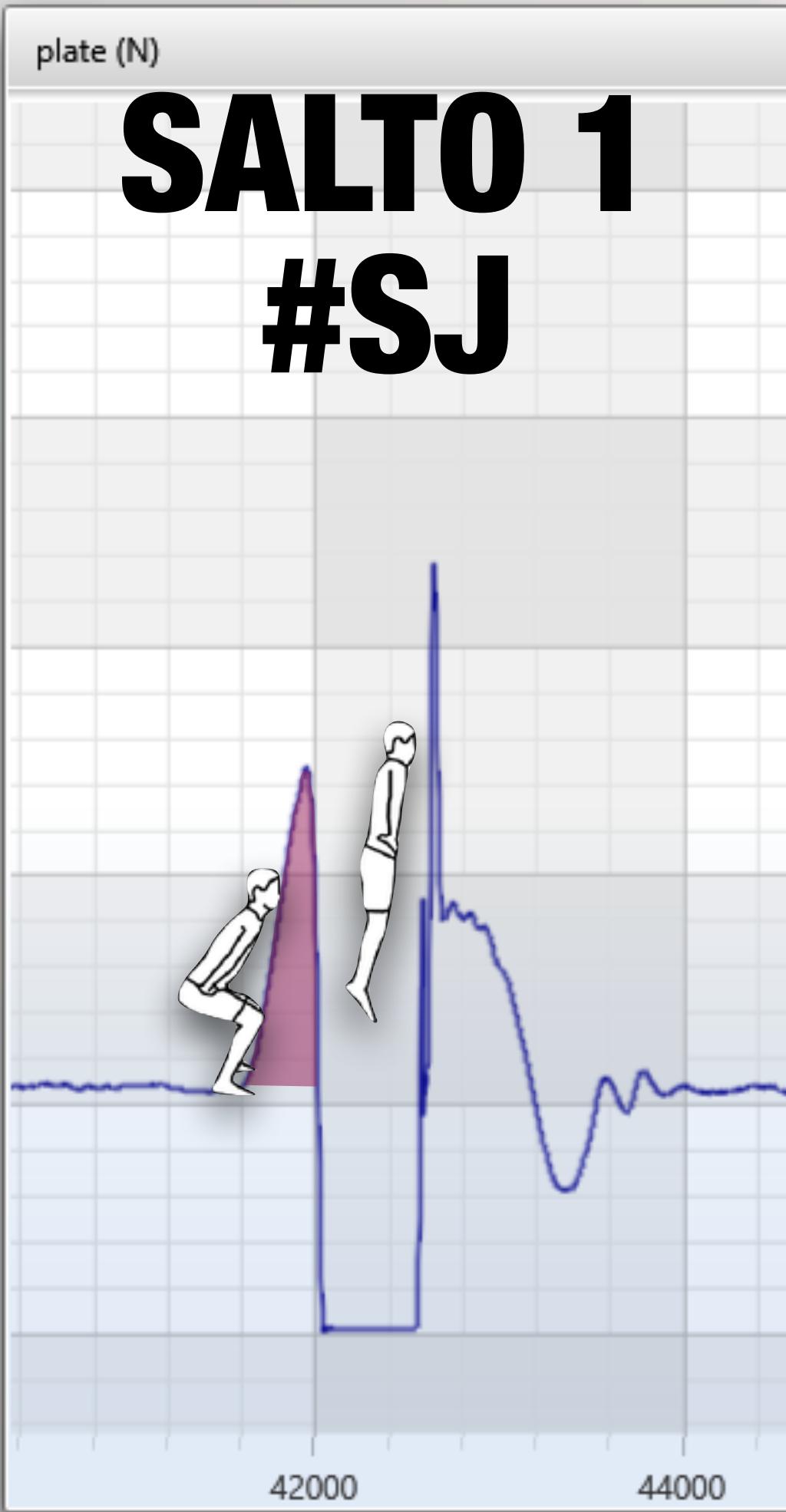


# #2 FUERZA INICIAL

---

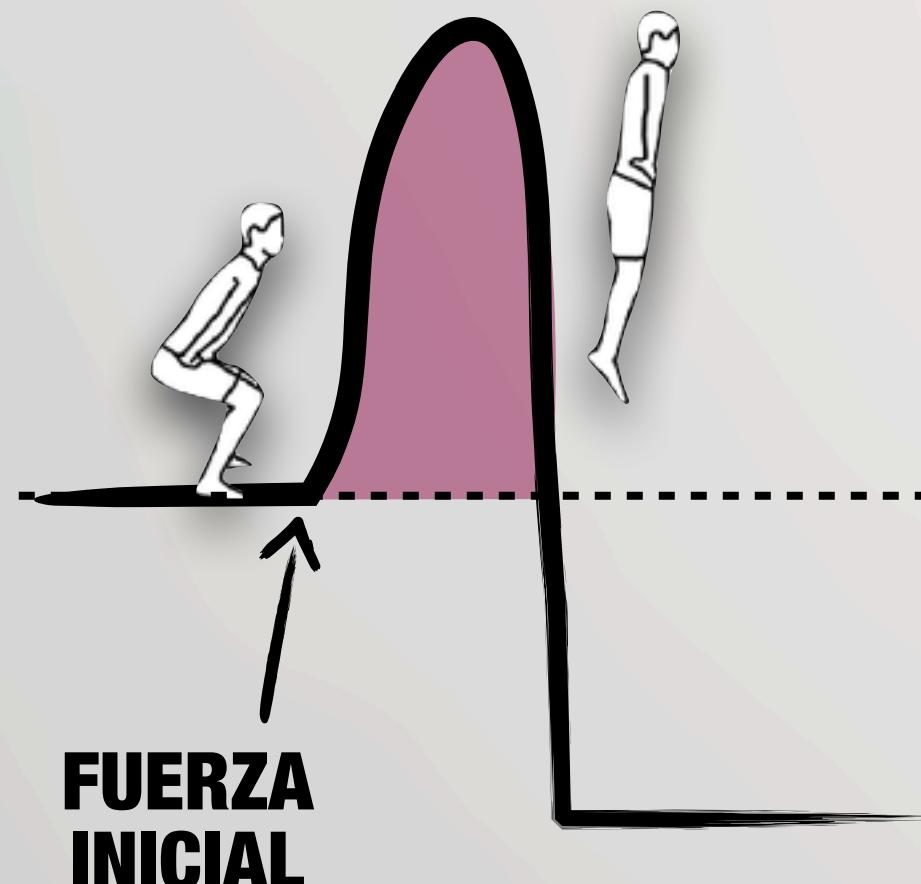
# **AL INICIO DE LA «FASE PROPULSIVA» (CON)**





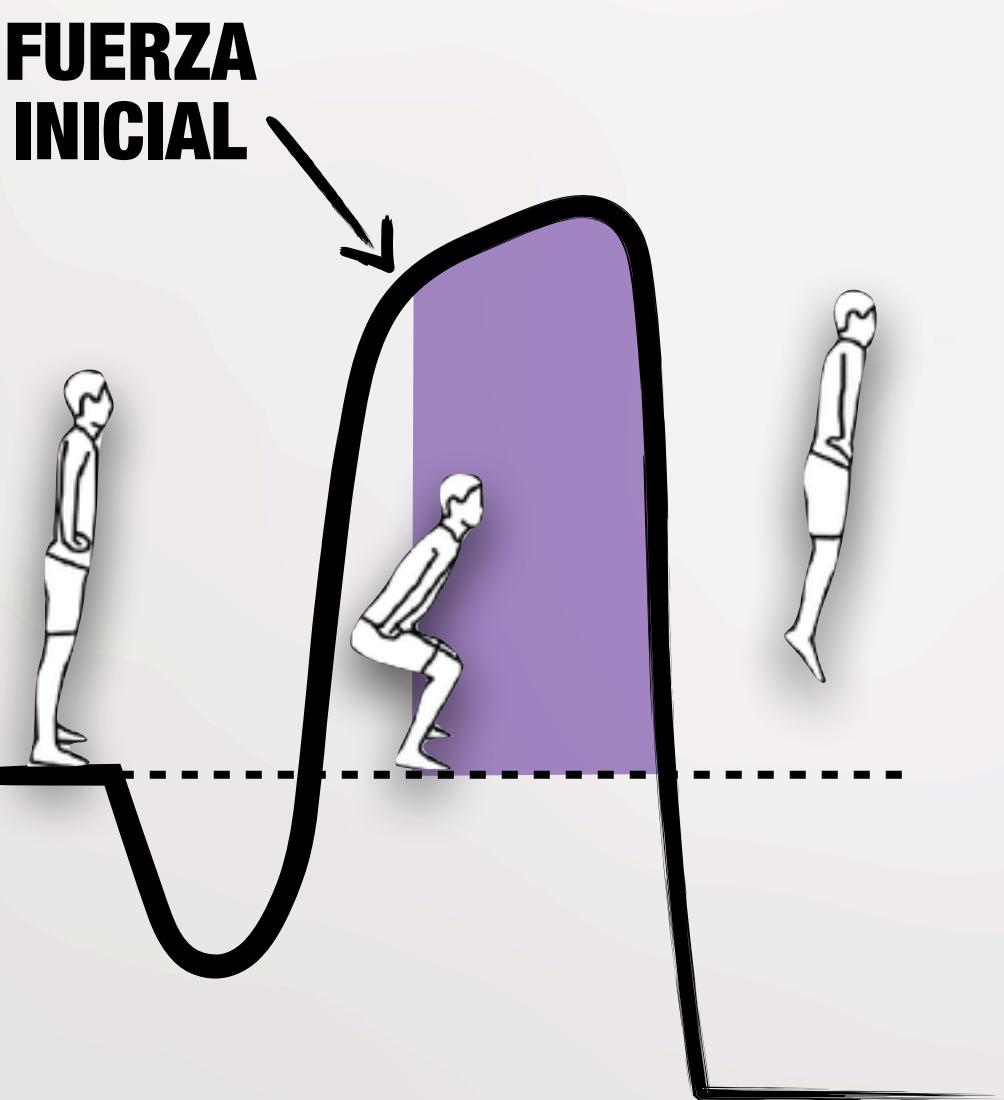
# SALTO 1

## #SJ

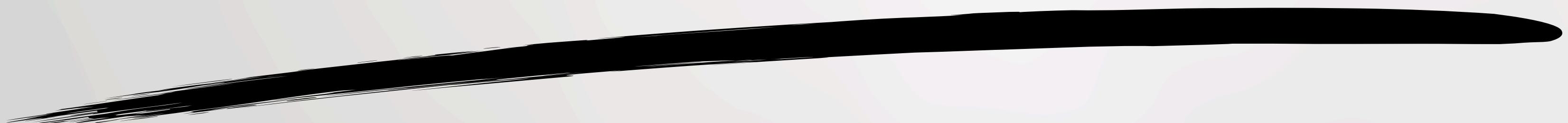


# SALTO 2

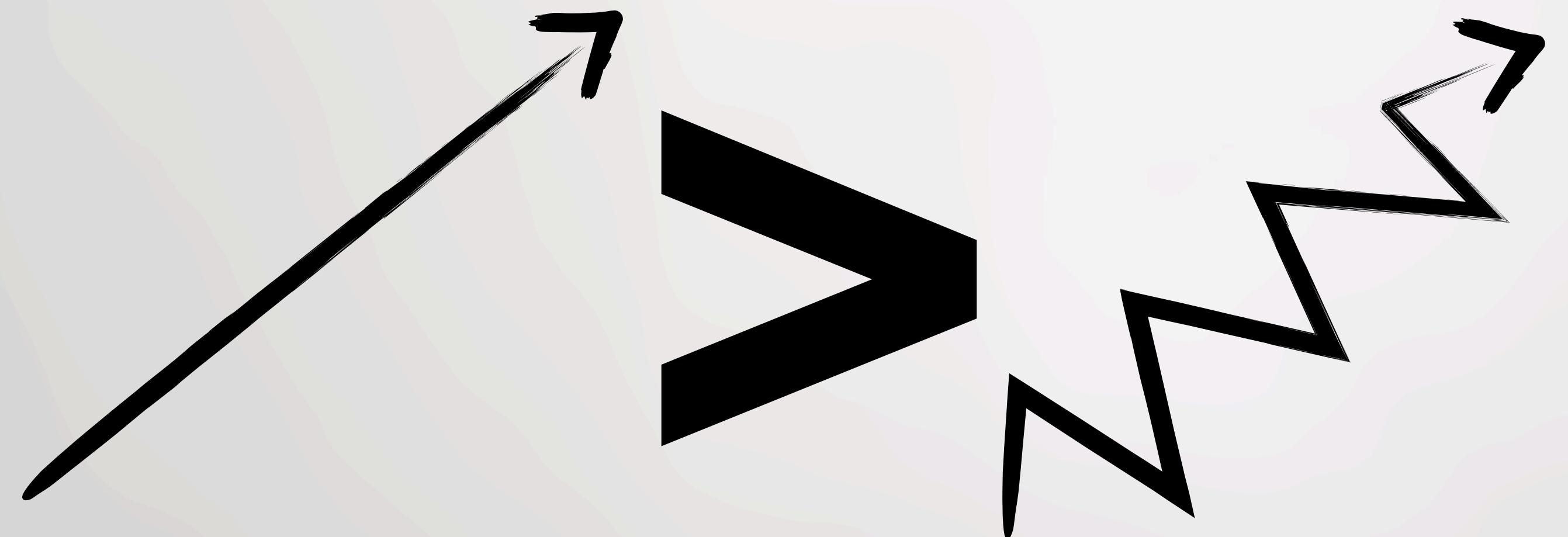
## #CMJ



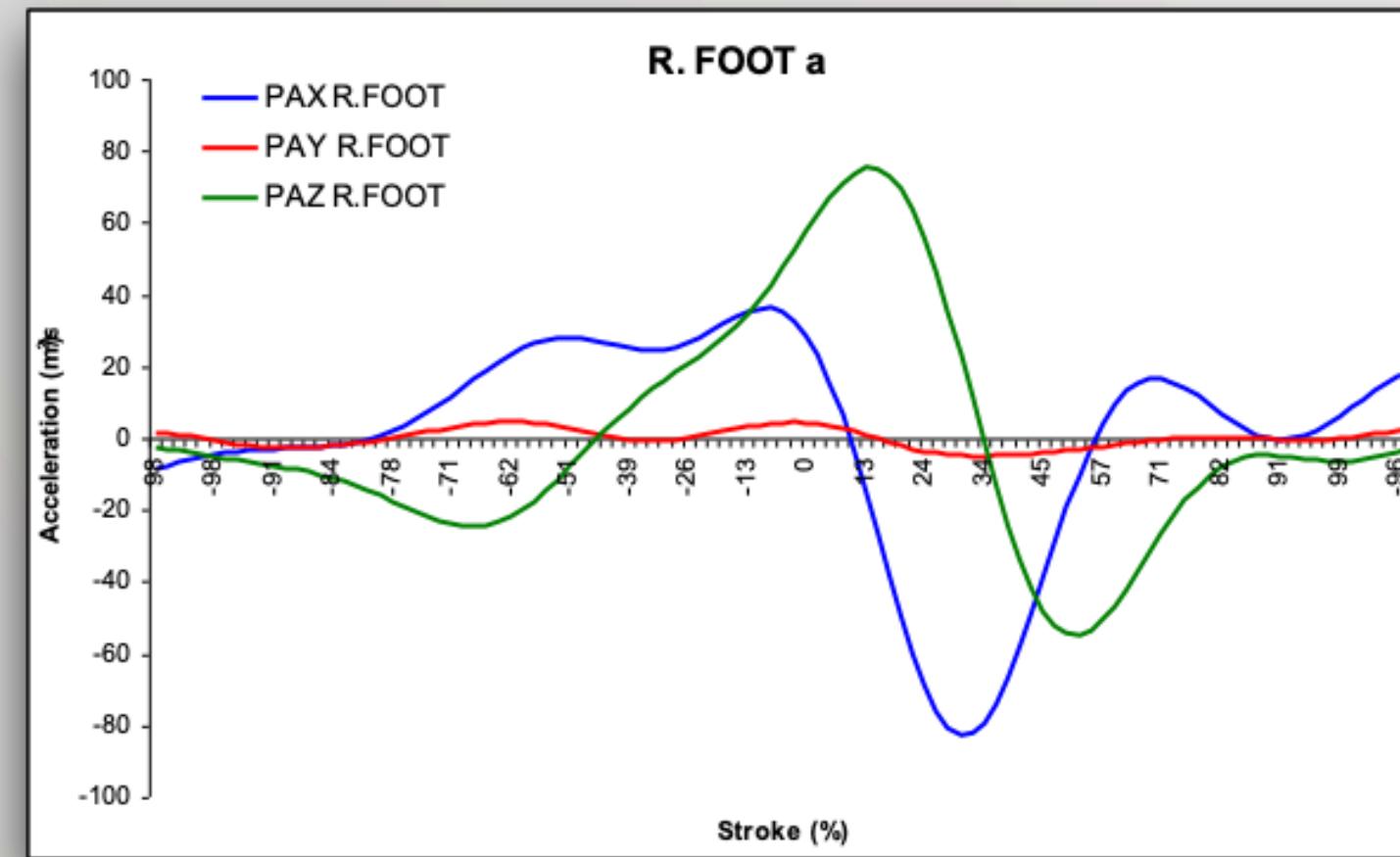
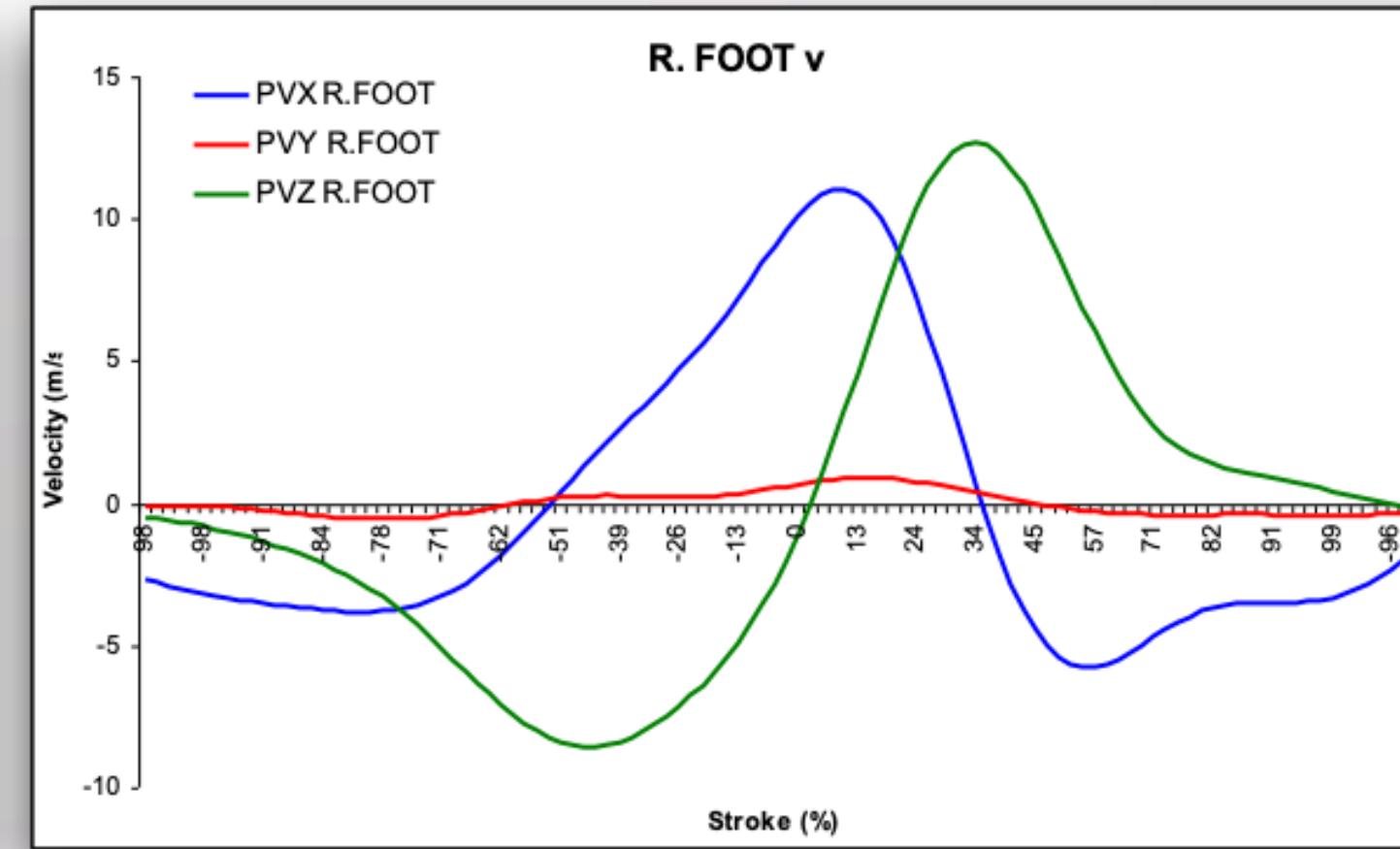
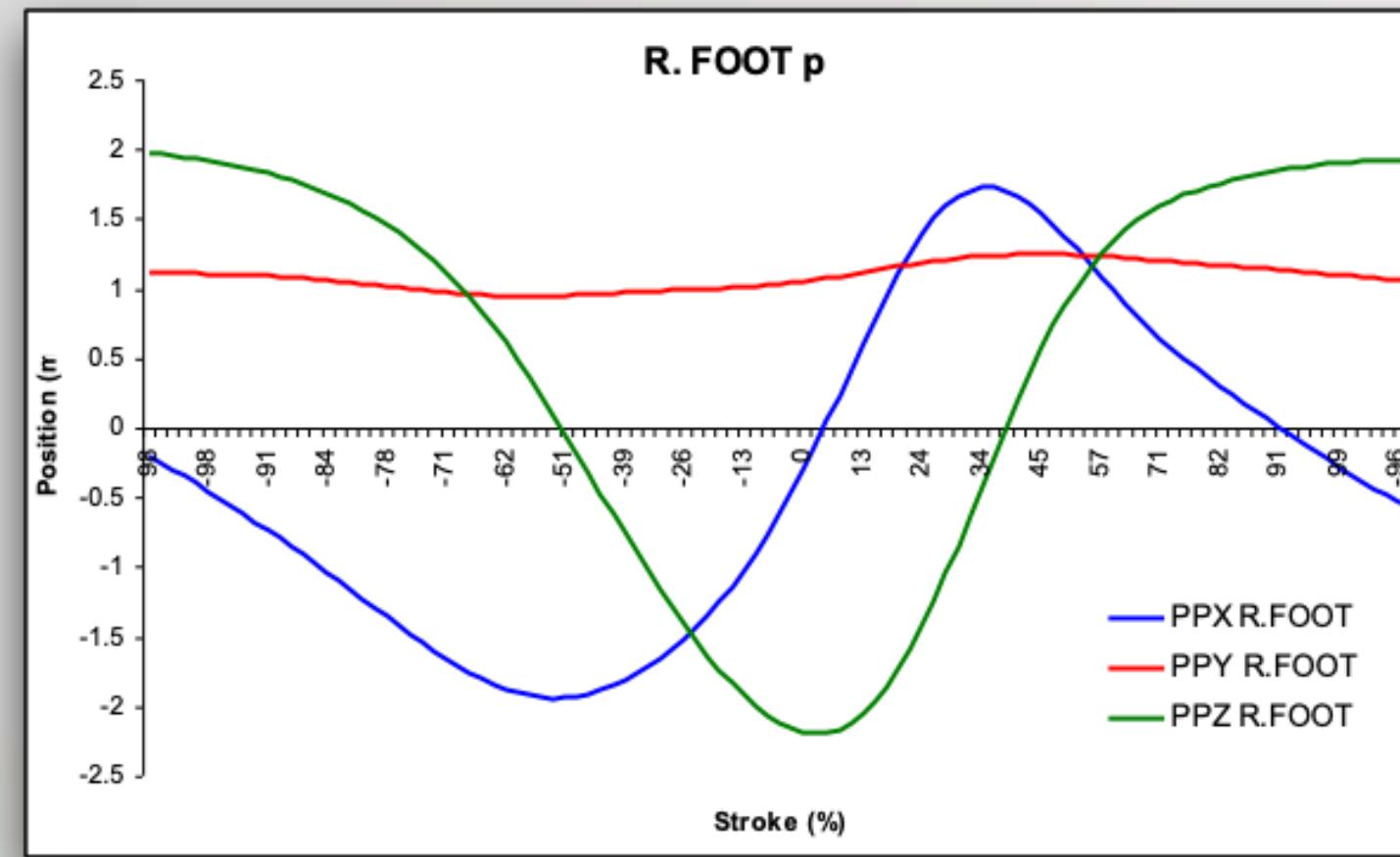
# **#3 CURSO ÓPTIMO DE ACCELERACIÓN**



# **LA TRAYECTORIA «PROPULSIVA»**



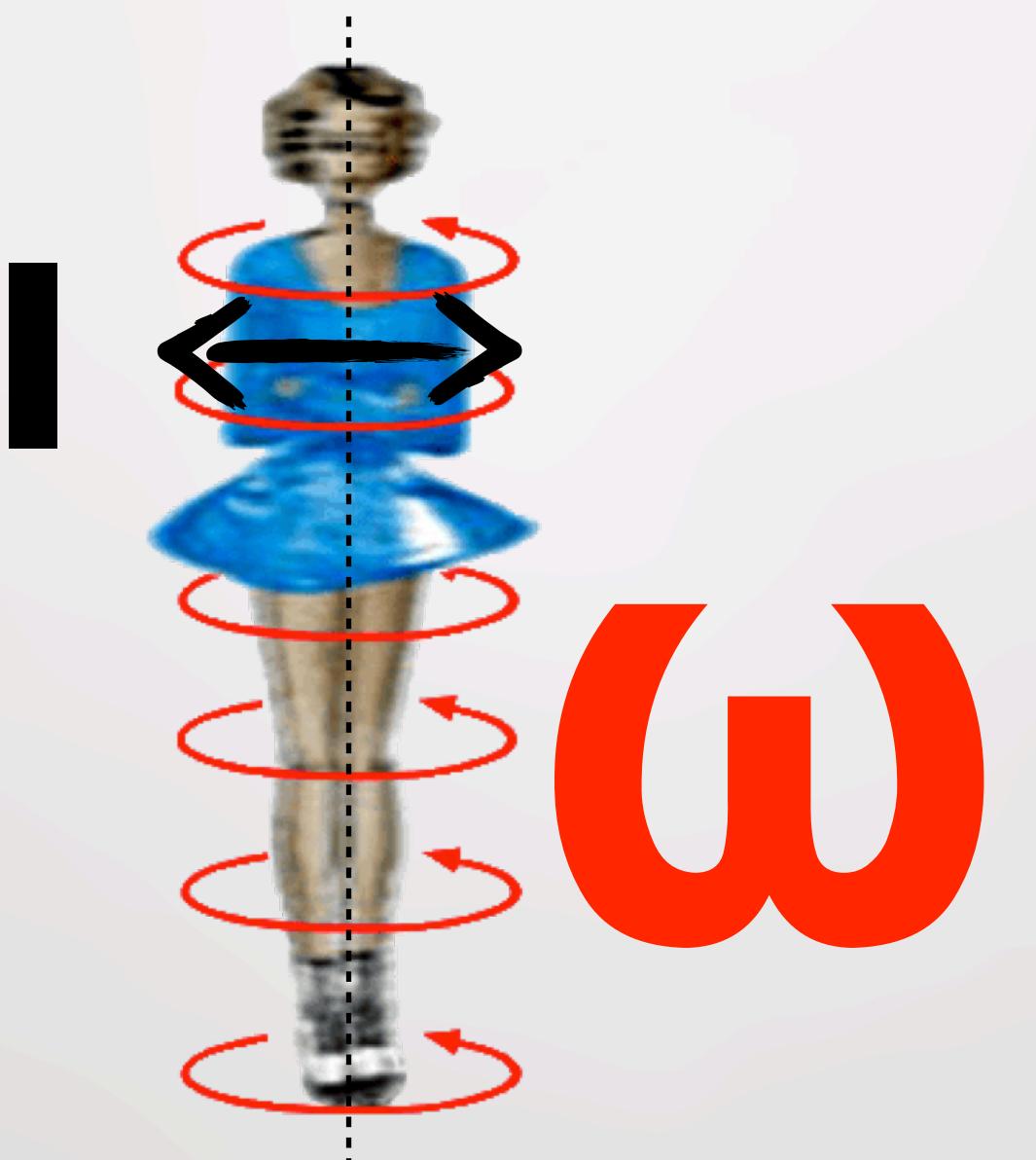
# ANÁLISIS CINEMÁTICO



# **#4 CONSERVACIÓN DEL IMPULSO**

---

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



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



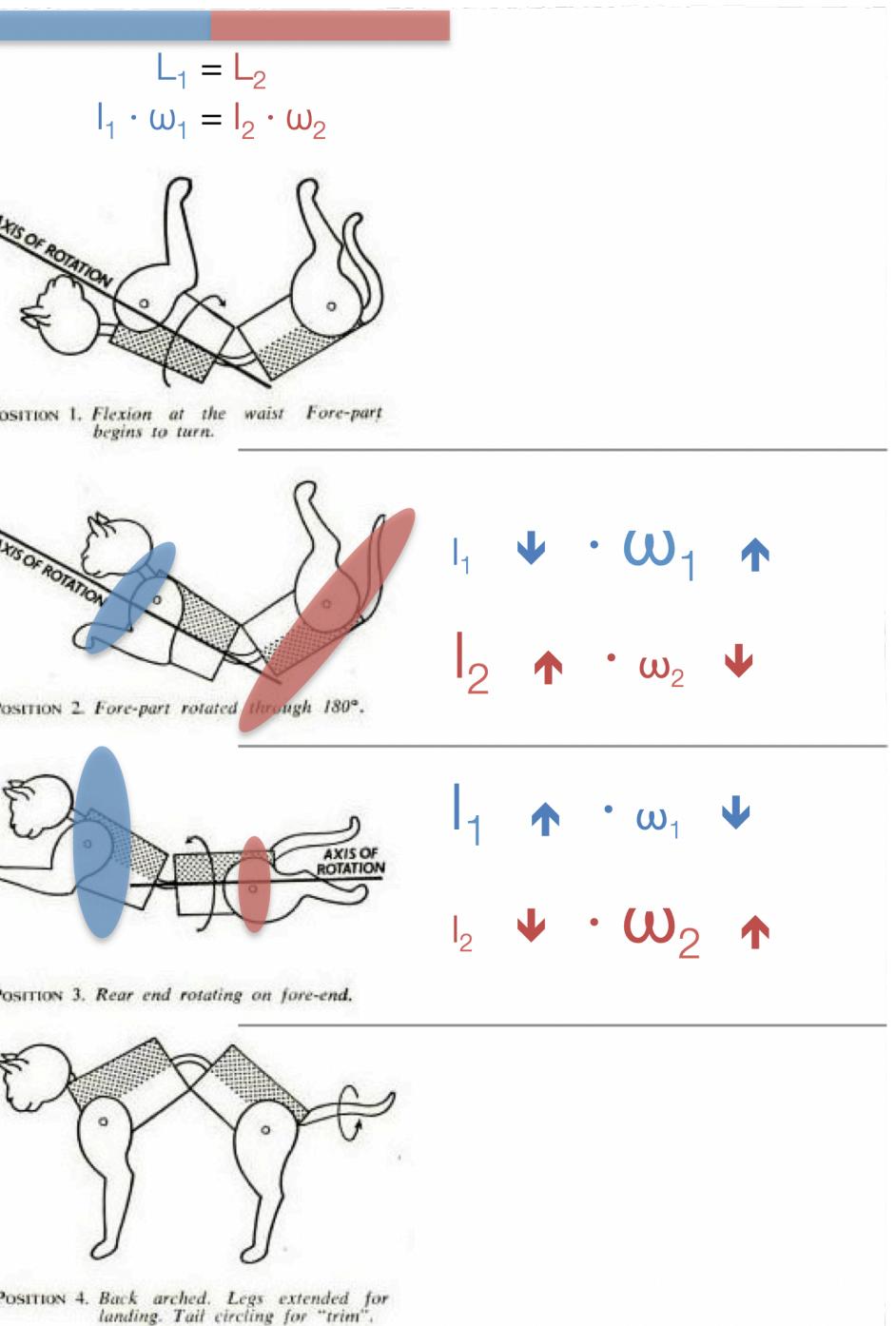
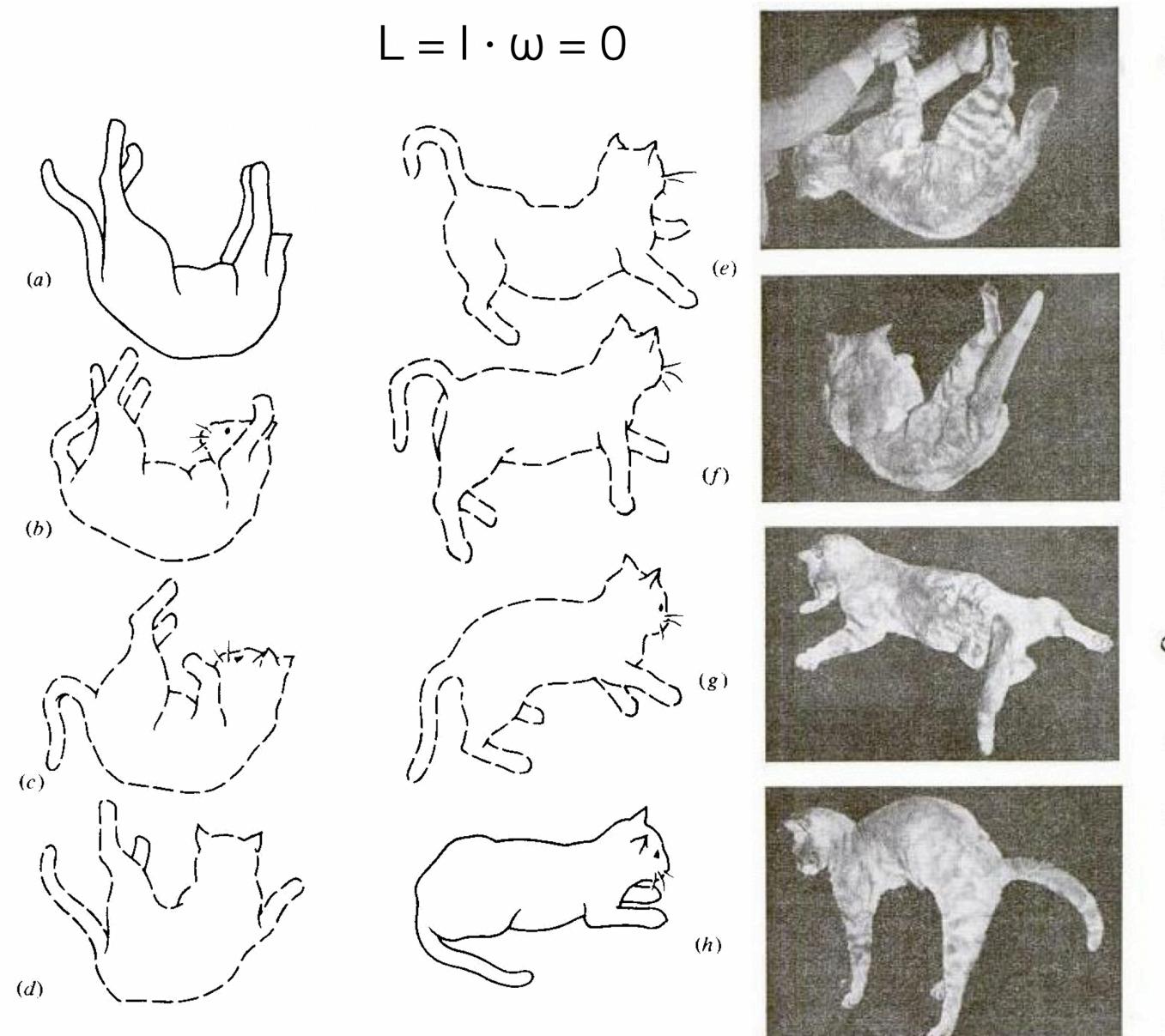
Moviendo los brazos hacia adelante se genera un  
mayor momento angular, que como tiene que  
conservarse, el cuerpo empieza a girar en sentido  
inverso (anti-horario)

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

# GIRO APARENTE

Moment Angular inicial = 0

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

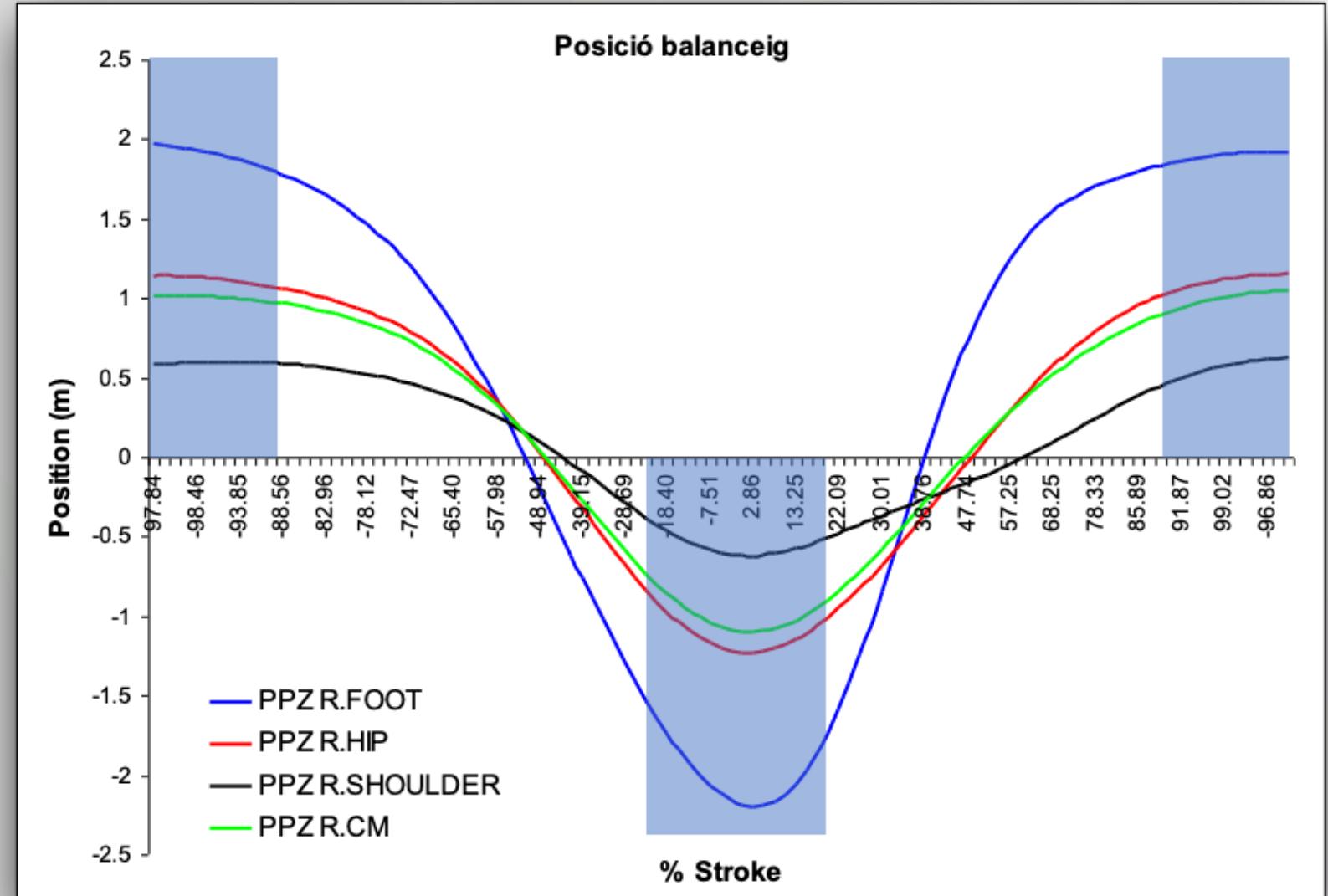


imatge de Donald McDonald (1960)

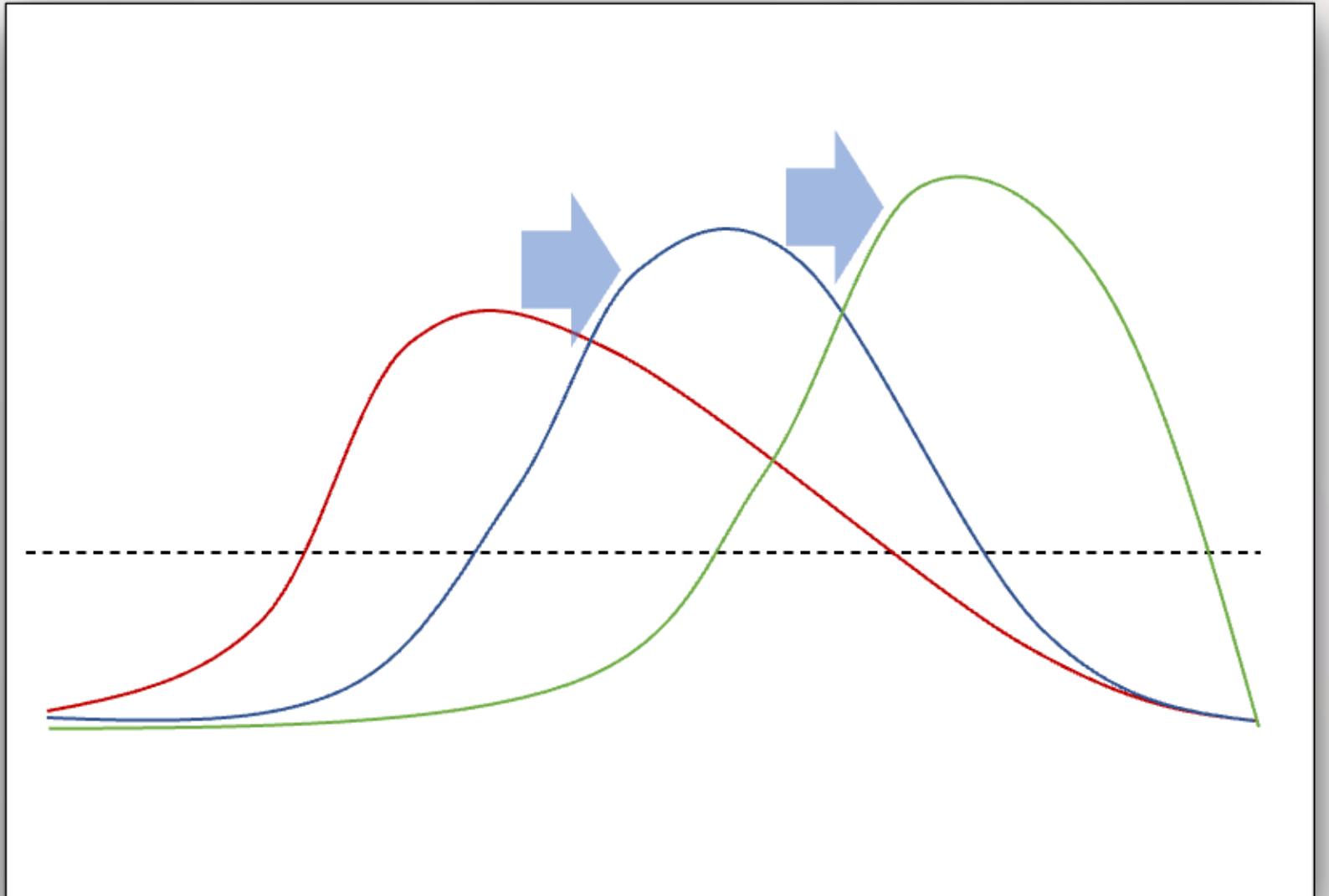
# **#5 COORDINACIÓN DE LOS IMPULSOS PARCIALES**

---

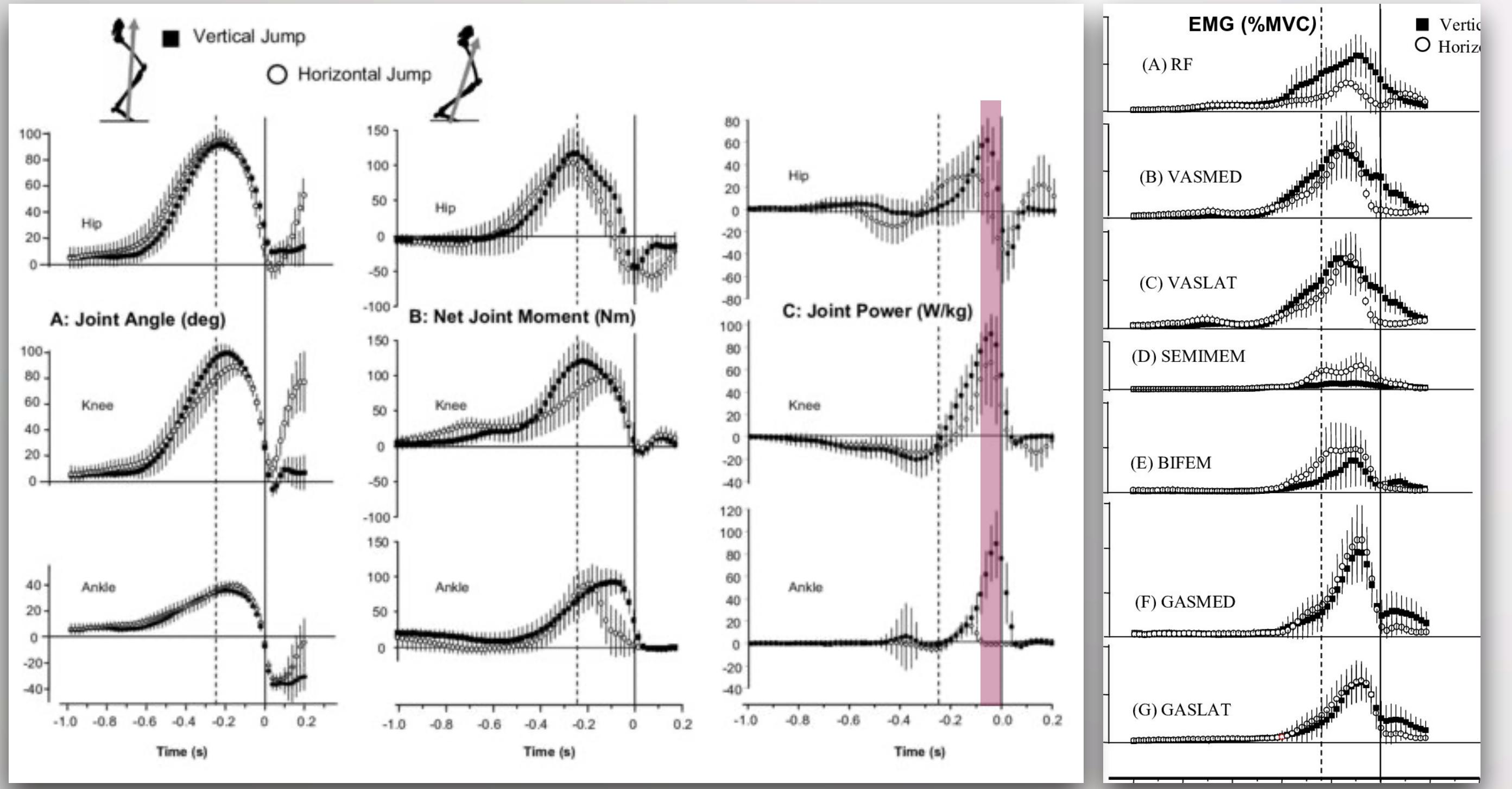
## COORDINACIÓN SIMULTÁNEA DE LOS IMPULSOS



## 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



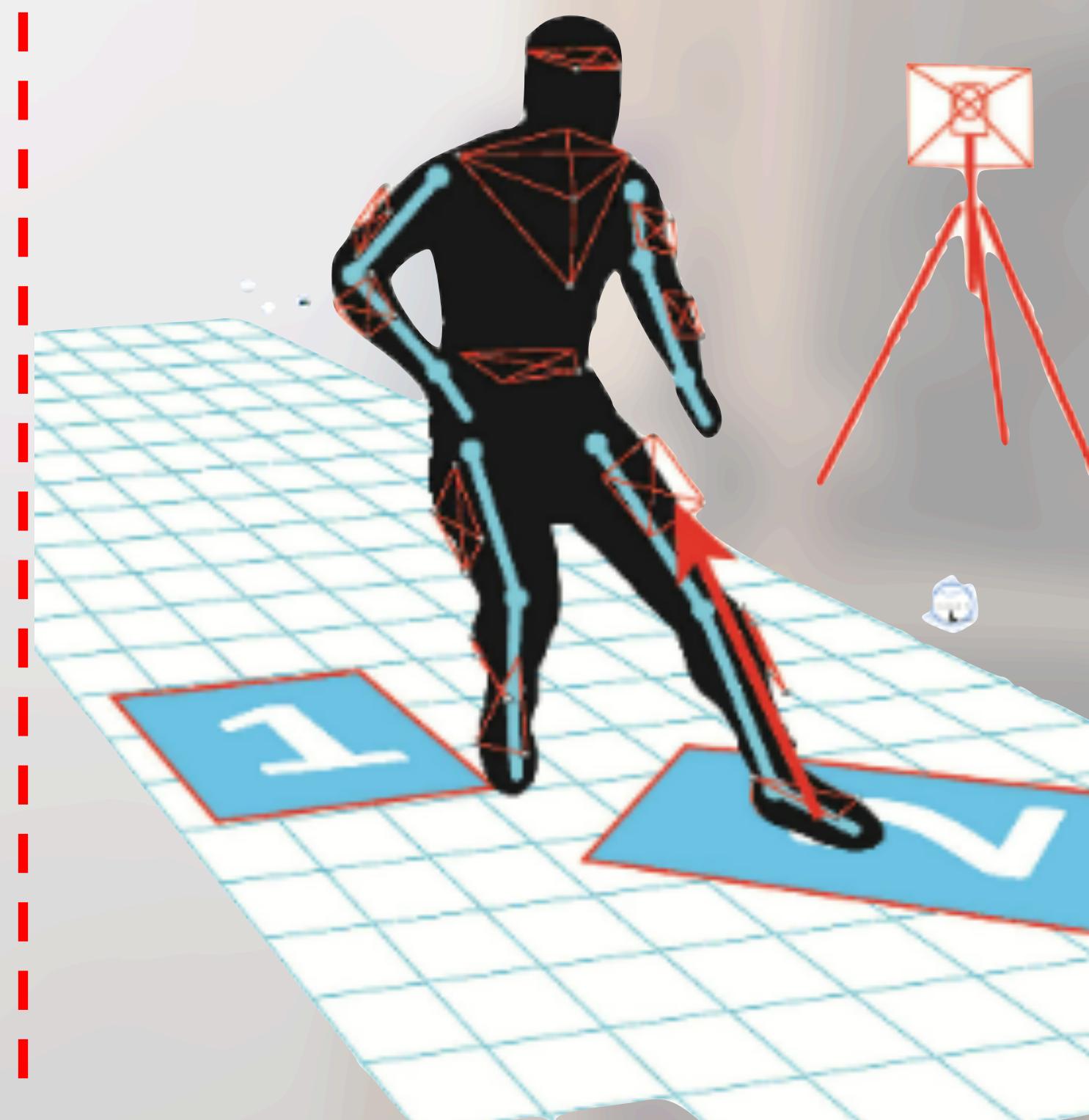
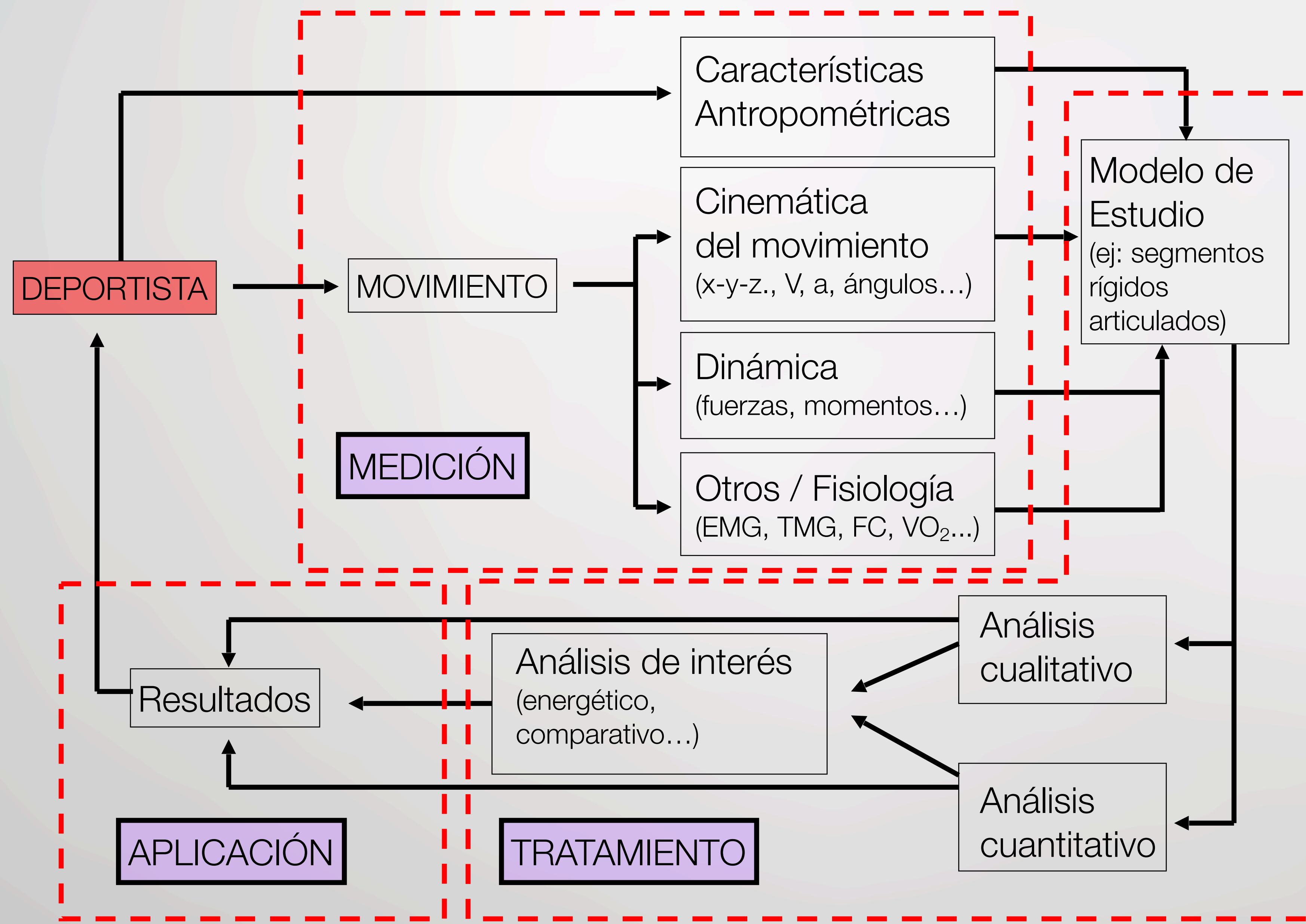
**PIERNA – CADERA – TRONCO – HOMBRO – CODO - MUÑECA**



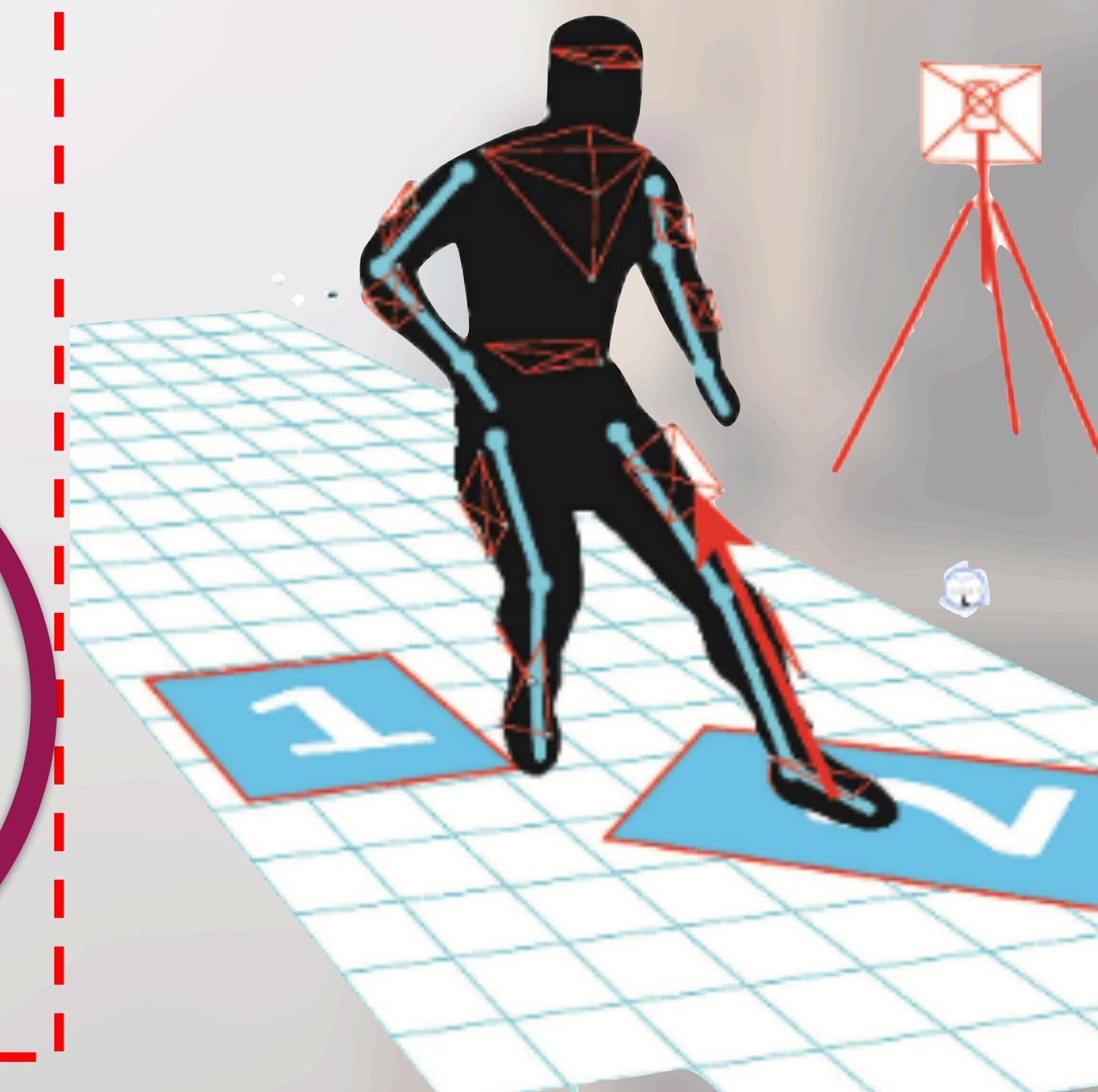
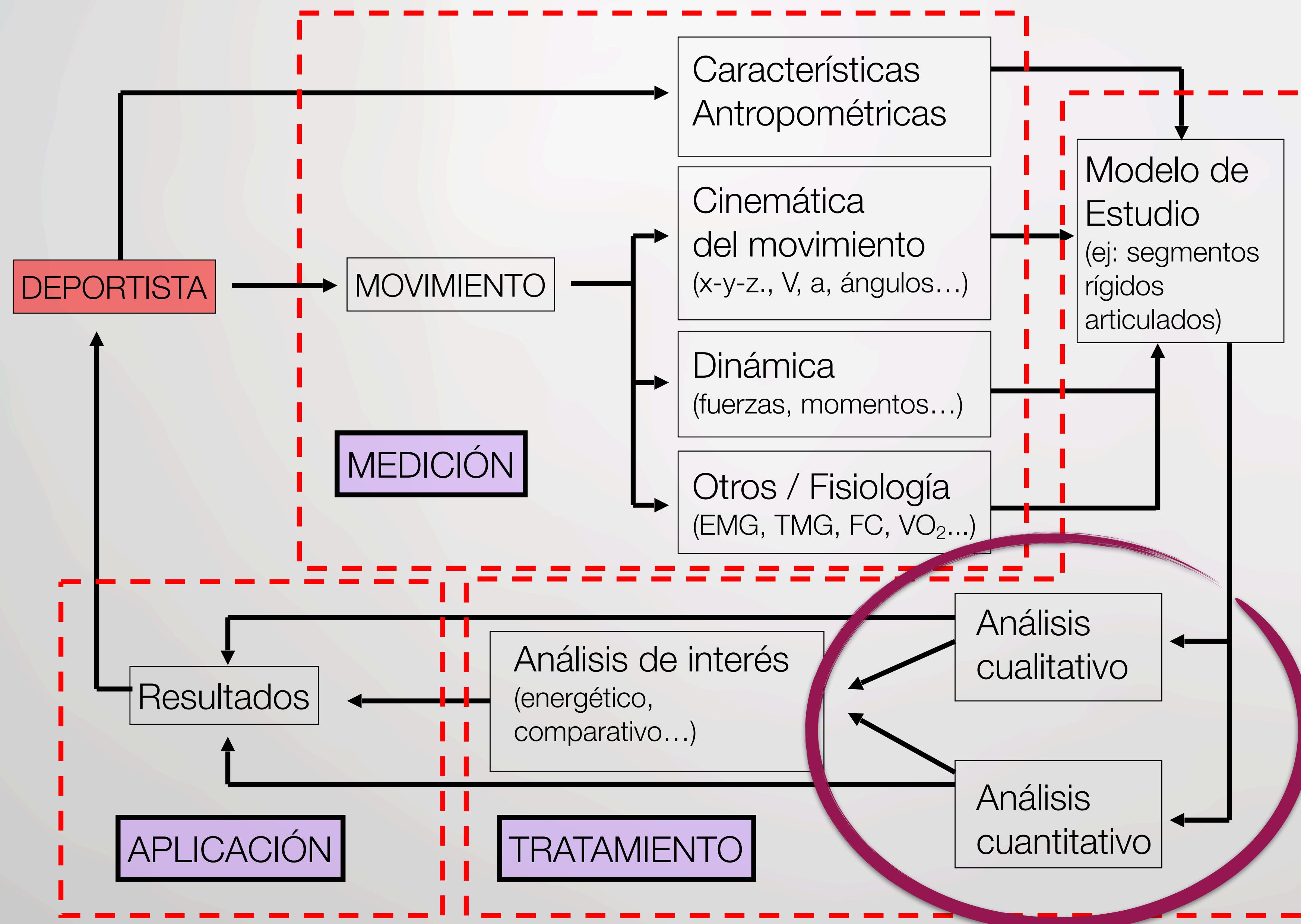
**TRANSFERENCIA SECUENCIAL DE LOS IMPULSOS PARCIALES**



# 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

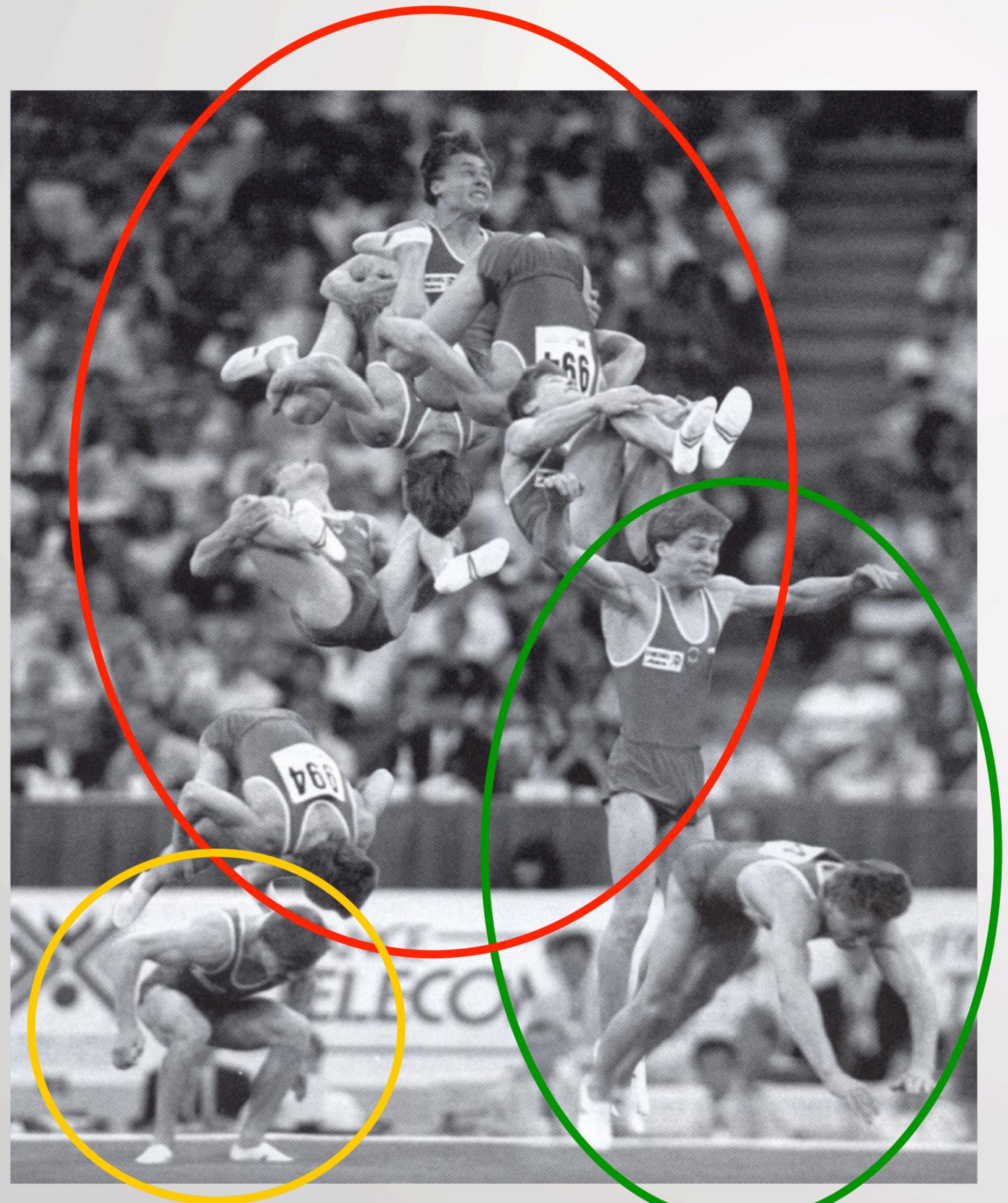
- FLUIDEZ
- CONSTANCIA
- PRECISIÓN
- ACOPLAMIENTO
- RITMO



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



## CRITERIO TEMPORAL

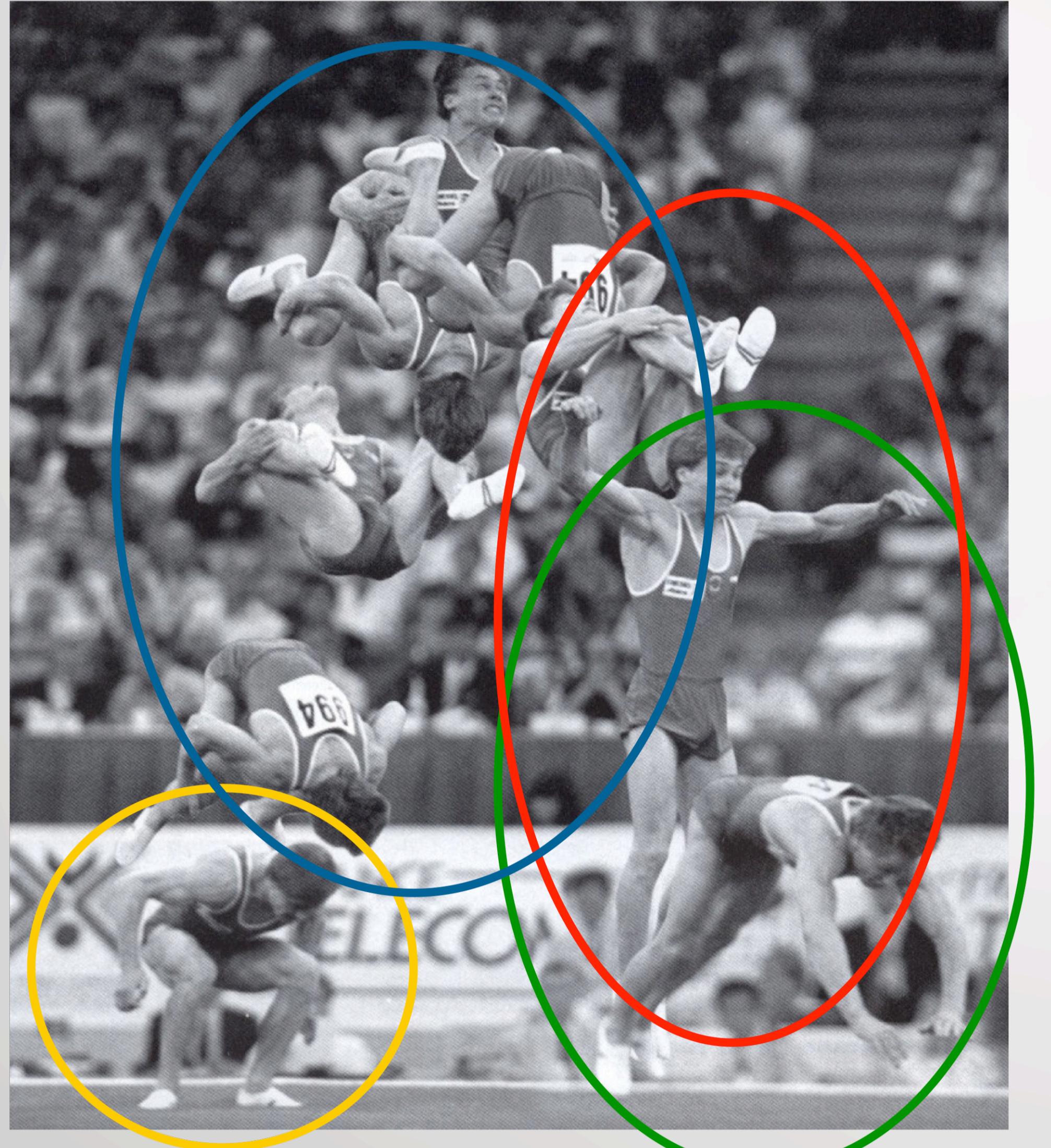


Fase final

Fase principal

Fase de inicio

## CRITERIO FUNCIONAL



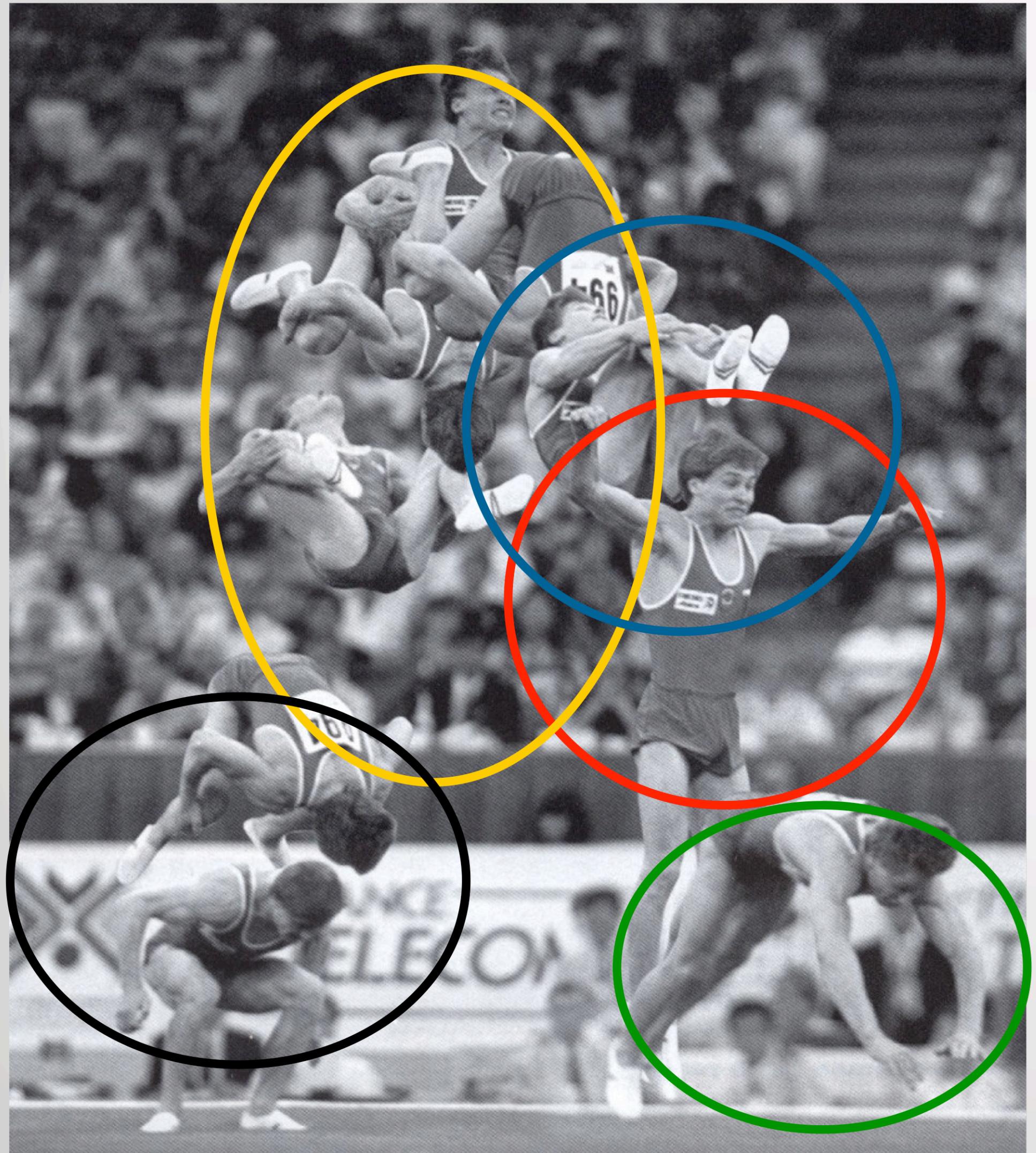
**Fase de rotación**

**Fase recepción**

**Fase de impulso**

**Fase de ascenso**

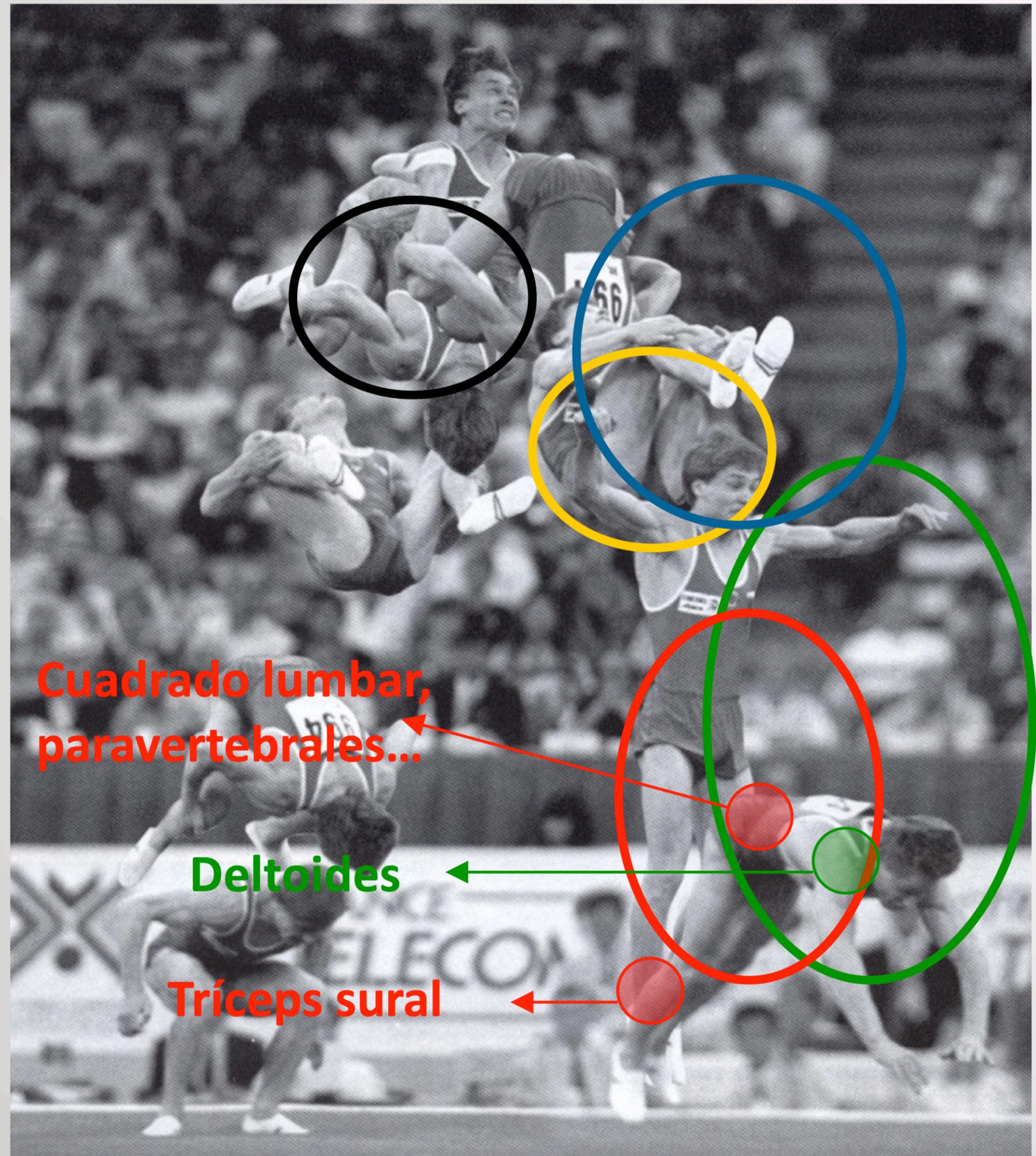
## SECUENCIA SENSORIO-MOTRIZ



Amortiguar    Elevación de cadera    Entrar lejos

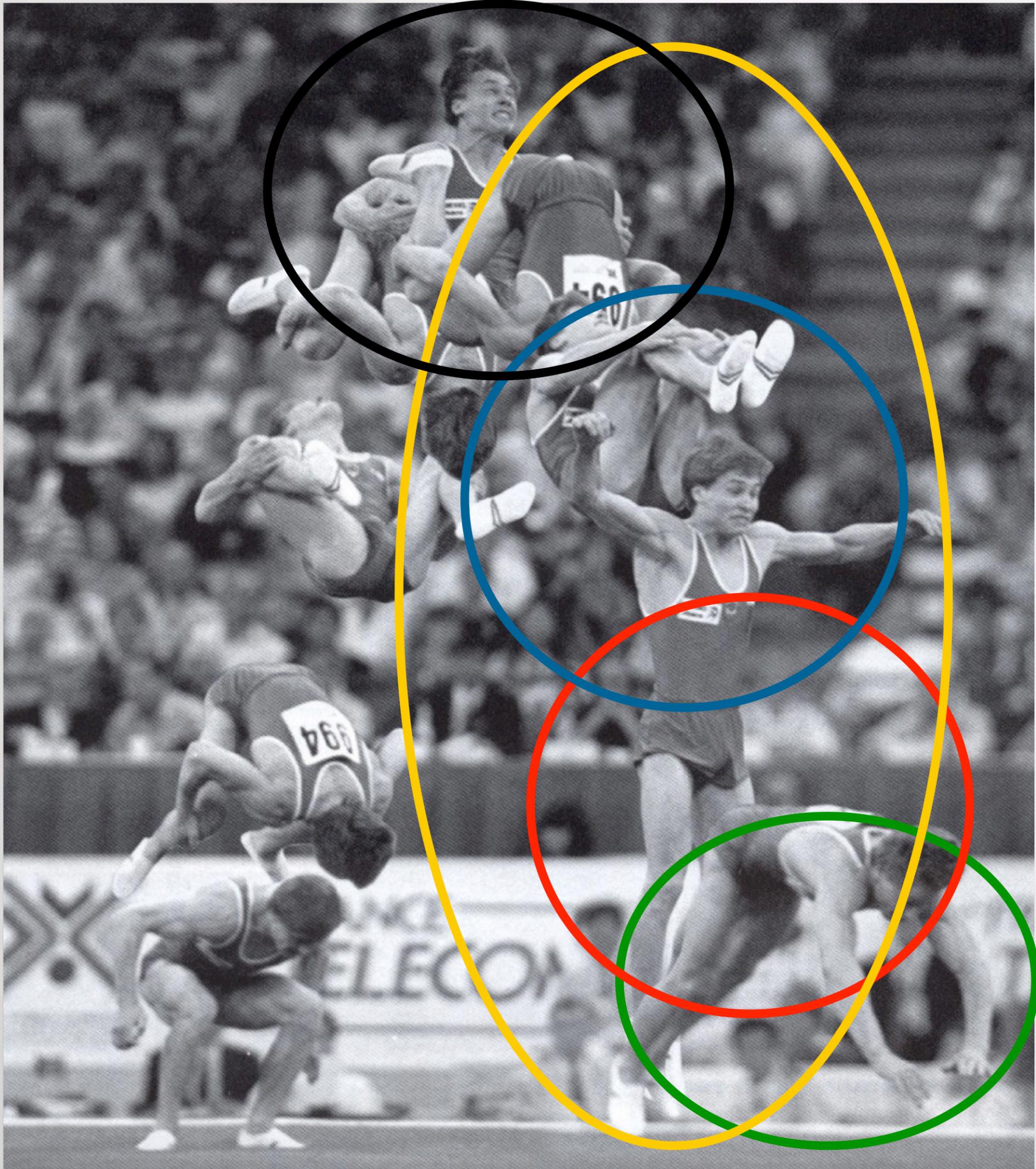
Máximo agrupamiento    “Lanzar” los brazos

# ANÁLISIS ANATÓMICO-FUNCIONAL



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

## ANÁLISIS BIOMECÁNICO



Máxima altura;  $V_y=0$

Disminución del momento de rotación

Ángulo de entrada bajo

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

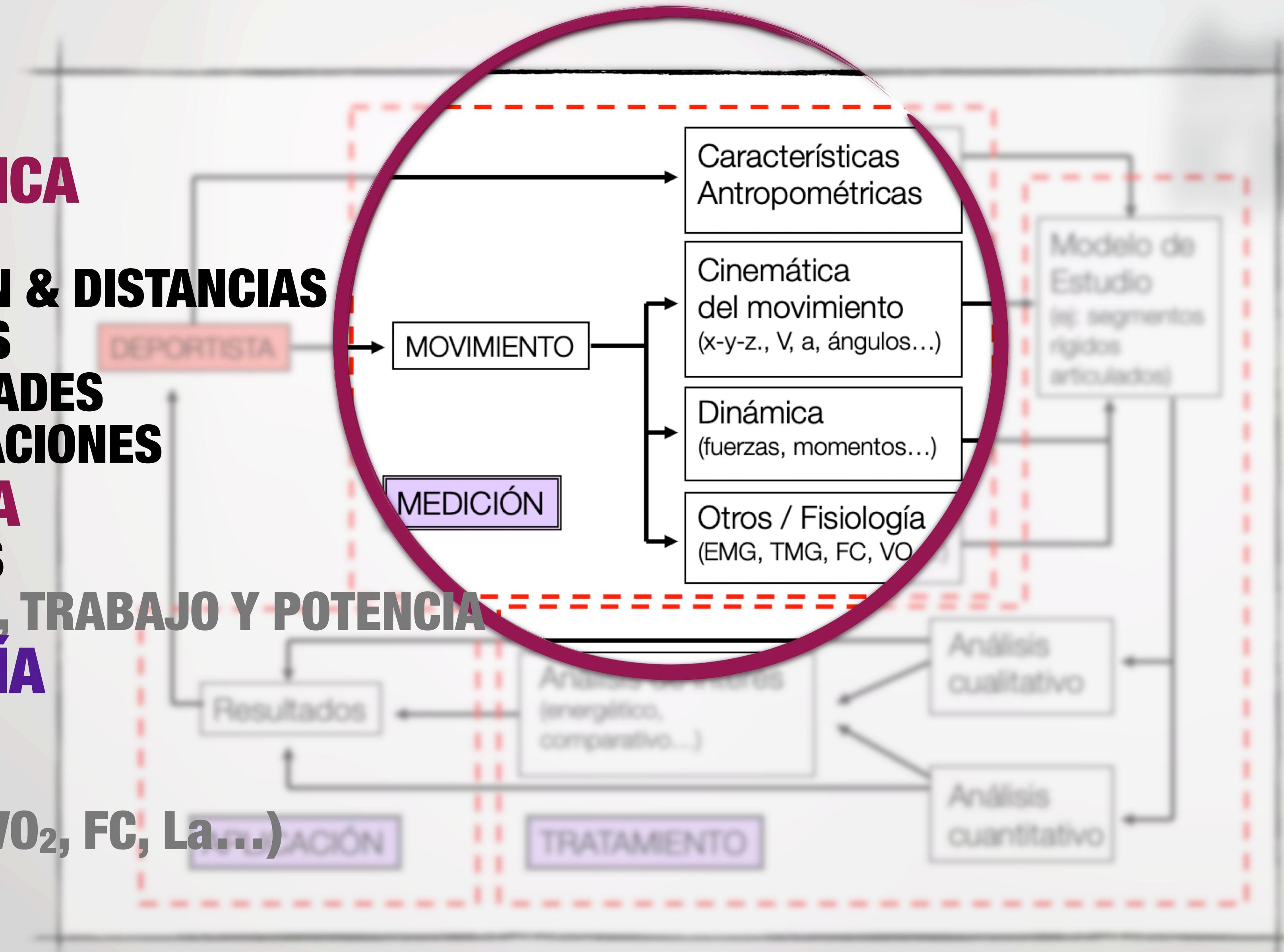
- TIEMPOS
- POSICIÓN & DISTANCIAS
- ÁNGULOS
- VELOCIDADES
- ACELERACIONES

## • 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)**

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

## **ACCELERACIÓN (TIEMPO)**

$$F = m \cdot a$$

## **FUERZA (TIEMPO)**

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

## **POTENCIA (TIEMPO)**

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

