



doctor
KNOWMAD
rōnin del conocimiento

by Robert Usach, PhD.

4 DINÁMICA DE ROTACIÓN Y TORQUES

#DINÁMICA ANGULAR

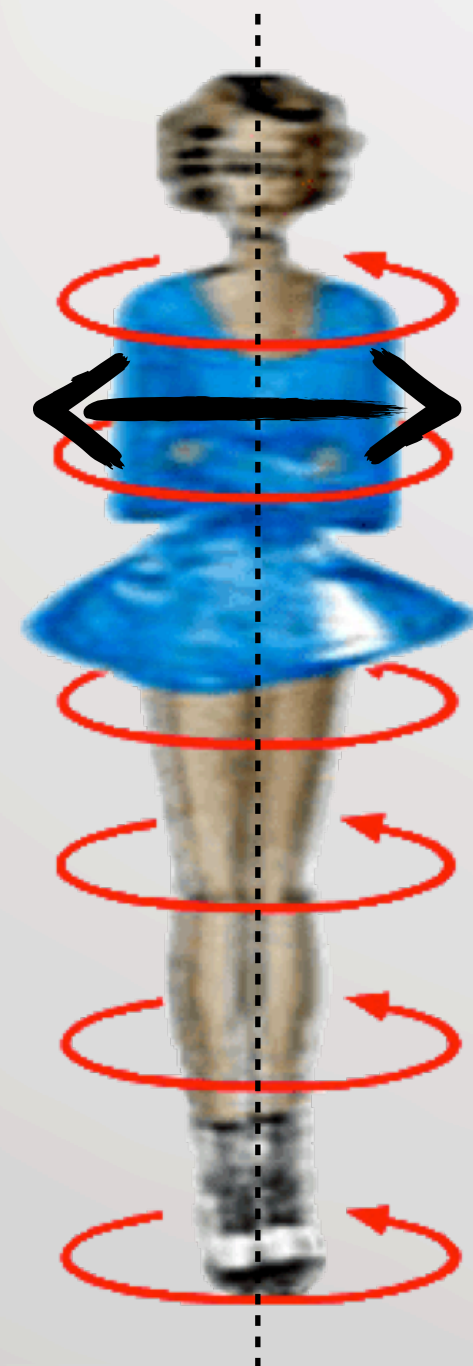
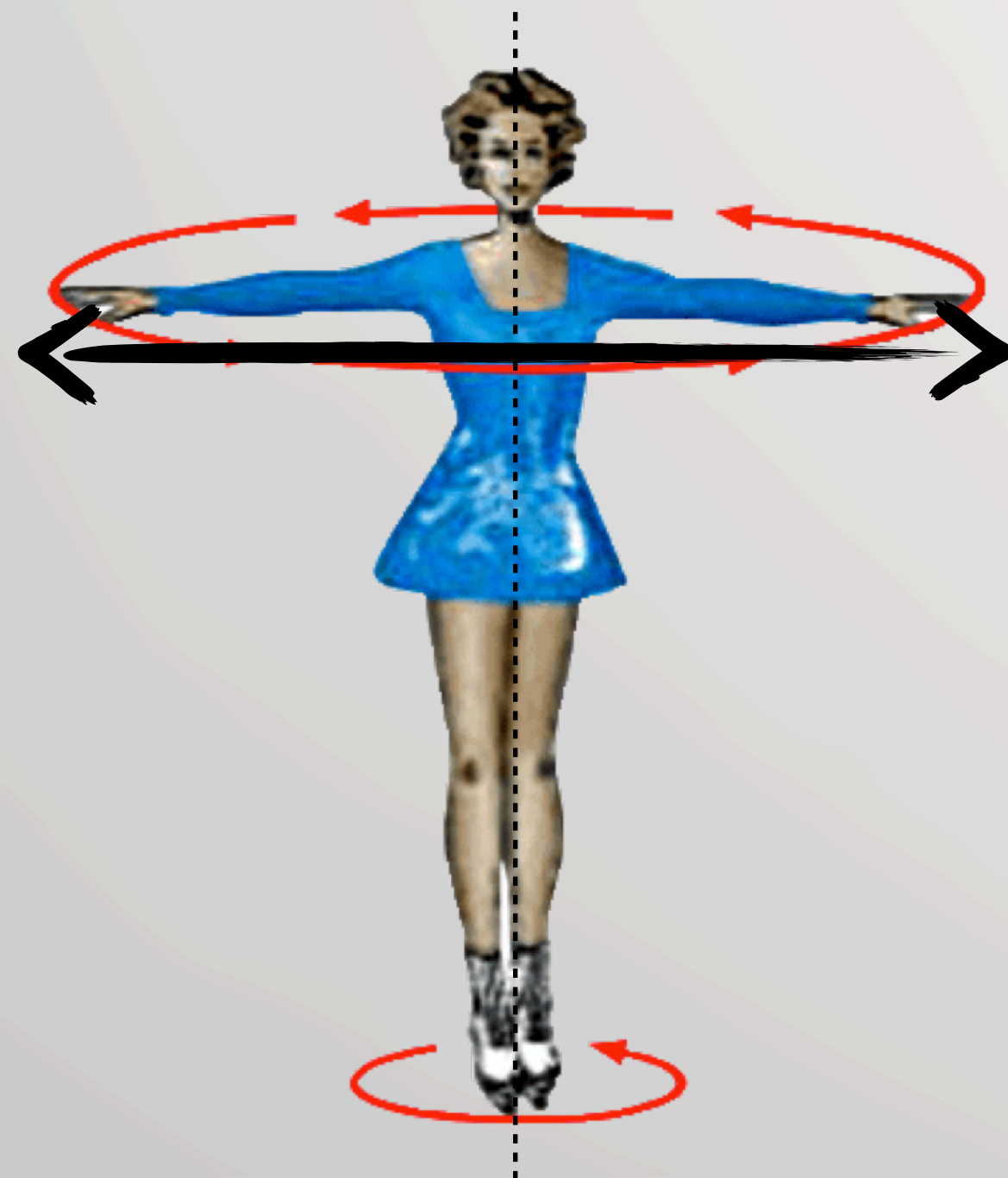
“EQUIVALENCIAS” LINEAL vs ANGULAR

INERCIA o MASA (kg)

INERCIA DE ROTACIÓN
o MOMENTO DE INERCIA (kg·m²)

$$I = m \cdot r^2 = \sum m_i \cdot r_i^2$$

IMPLICA UN I_B (BARICÉNTRICO)



MISMA MASA (m),
MENOR
ALEJAMIENTO AL
EJE DE GIRO (r),
MENOR RESISTENCIA
AL GIRO

#DINÁMICA ANGULAR

“EQUIVALENCIAS” LINEAL vs ANGULAR

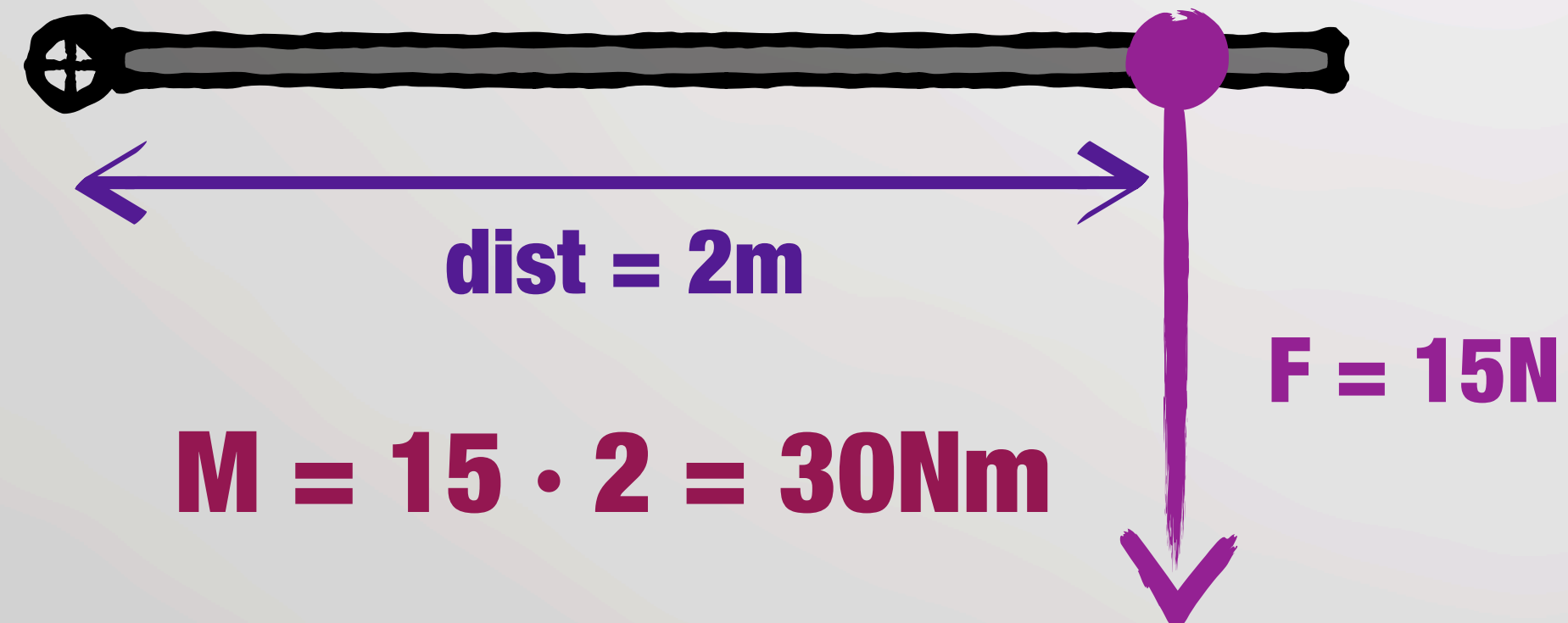
INERCIA o MASA (kg)

INERCIA DE ROTACIÓN
o MOMENTO DE INERCIA (kg·m²)

FUERZA; m·a (N)

MOMENTO DE FUERZAS
o TORQUE (Nm)

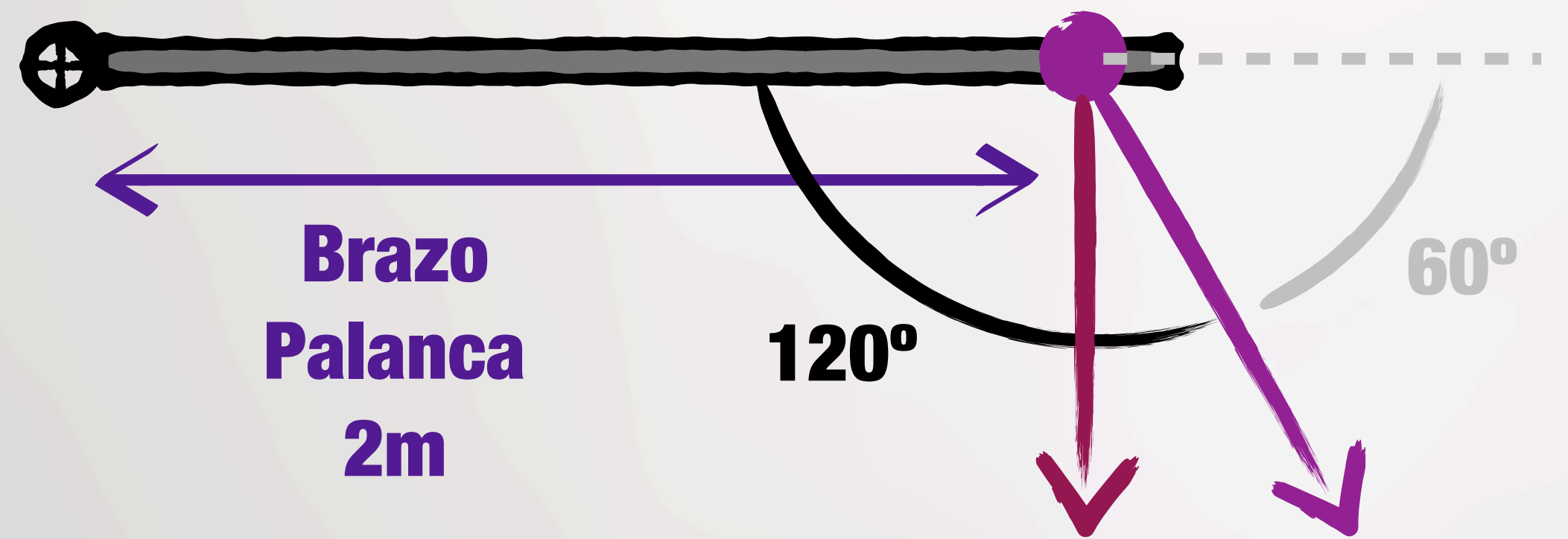
$$\tau \text{ o } M = F \cdot \text{dist}$$



#CÁLCULO DE MOMENTOS

2 MÉTODOS: MÉTODO 1

$$\tau \text{ o } M = F_{\text{ÚTIL}} \cdot \text{Brazo Palanca}$$



$$F_{\text{ÚTIL}} = F \cdot \sin 120^\circ \quad F = 15\text{N}$$
$$F_{\text{ÚTIL}} = 13\text{N}$$

$$M = 13 \cdot 2 = 26\text{Nm}$$

#CÁLCULO DE MOMENTOS

2 MÉTODOS: MÉTODO 2

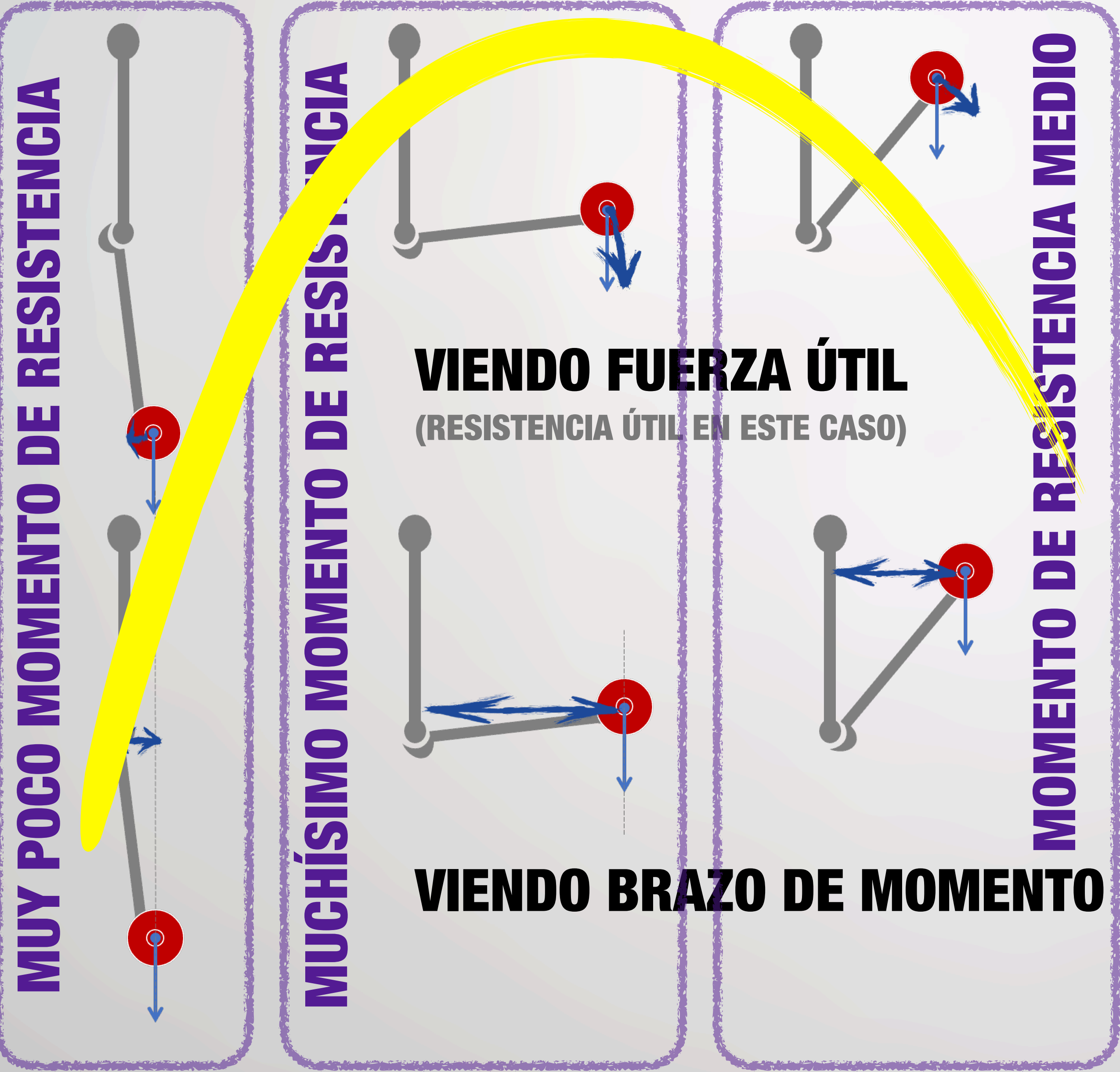
$$\tau \text{ o } M = F \cdot \text{Brazo Momento}$$



$$\begin{aligned}\text{Brazo Momento} &= \text{Brazo de Palanca} \cdot \sin 60^\circ \\ \text{Brazo Momento} &= 1,73\text{m}\end{aligned}$$

$$M = 15 \cdot 1,73 = 26\text{Nm}$$

#VISUALIZAR MOMENTOS



#DINÁMICA ANGULAR

“EQUIVALENCIAS” LINEAL vs ANGULAR

INERCIA o MASA (kg)

**INERCIA DE ROTACIÓN
o MOMENTO DE INERCIA** (kg·m²)

FUERZA; m·a (N)

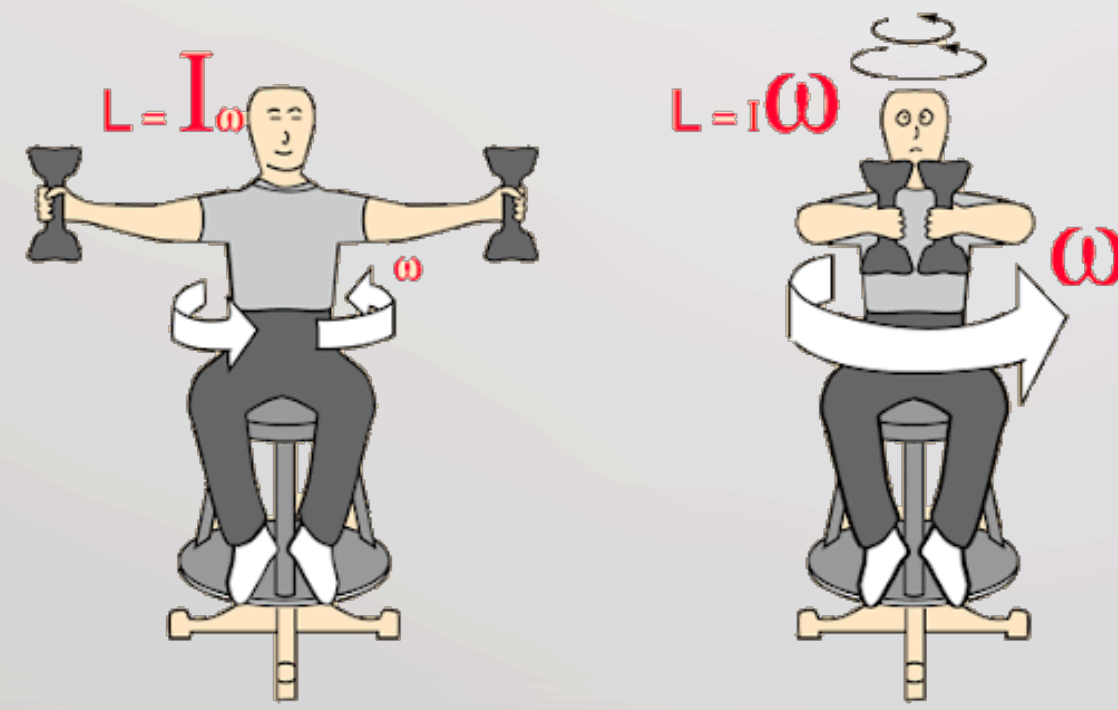
**MOMENTO DE FUERZAS
o TORQUE** (Nm)

**IMPULSO MECÁNICO
o LINEAL;** F·t (N·s)

IMPULSO ANGULAR (kg·m²/s)
 $L = M \cdot t$

**MOMENTO LINEAL
o CANTIDAD DE
MOVIMIENTO;** m·v (kg·m/s)

MOMENTO ANGULAR (kg·m²/s)
 $L = I \cdot \omega$



#GENERAR GIROS

EL GIRO SE GENERA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN MOMENTO DE FUERZAS (TORQUE) DURANTE UN TIEMPO.

$$\text{IMPULSO ANGULAR} = M \cdot t$$



$$\text{MOMENTO ANGULAR} = I \cdot \omega$$

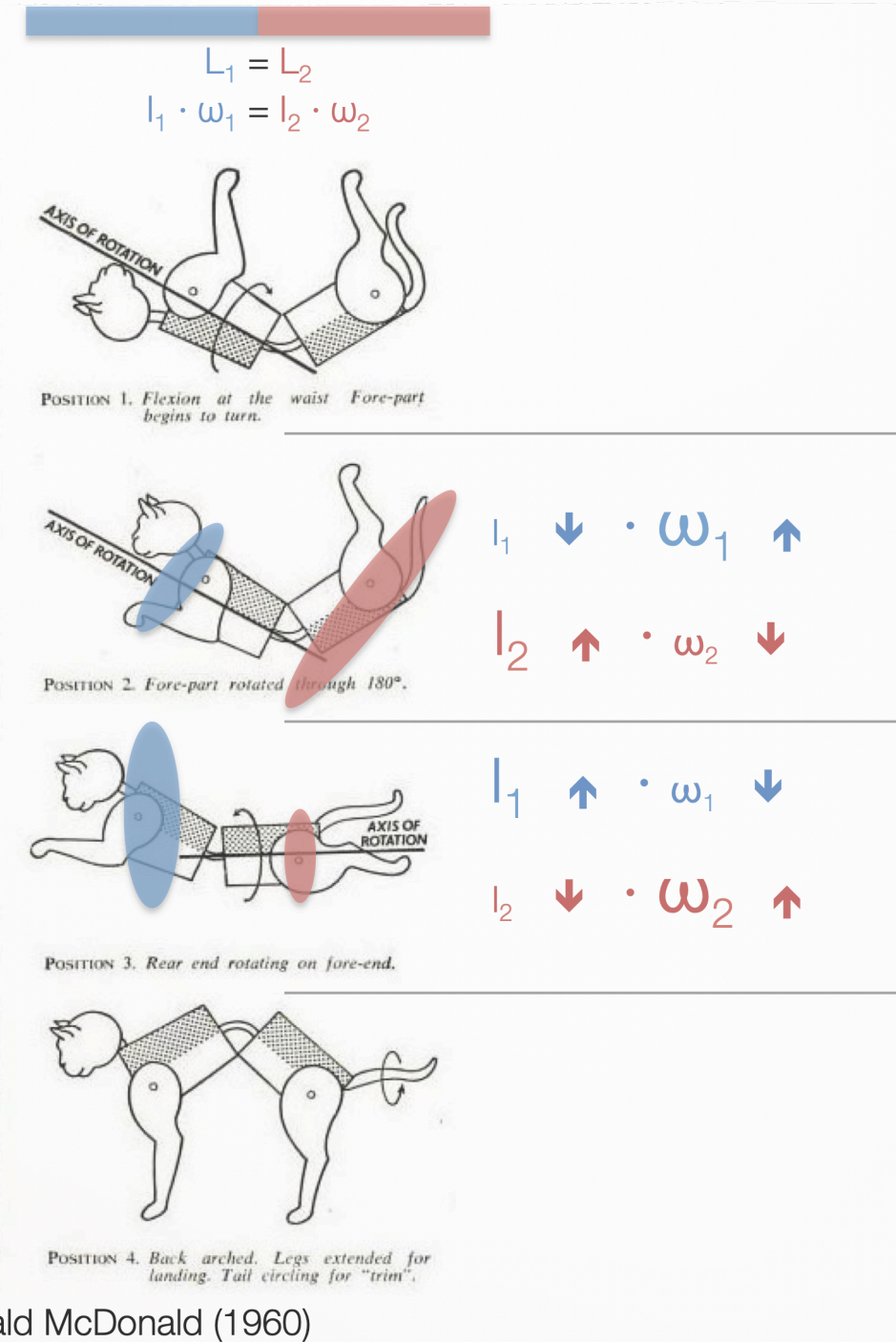
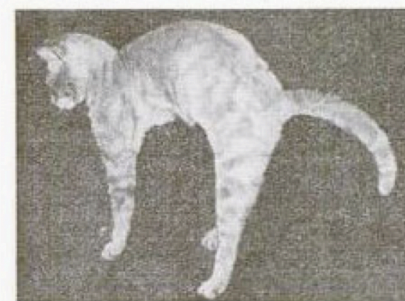
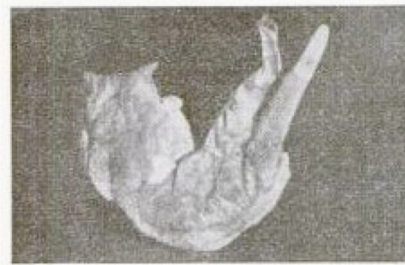
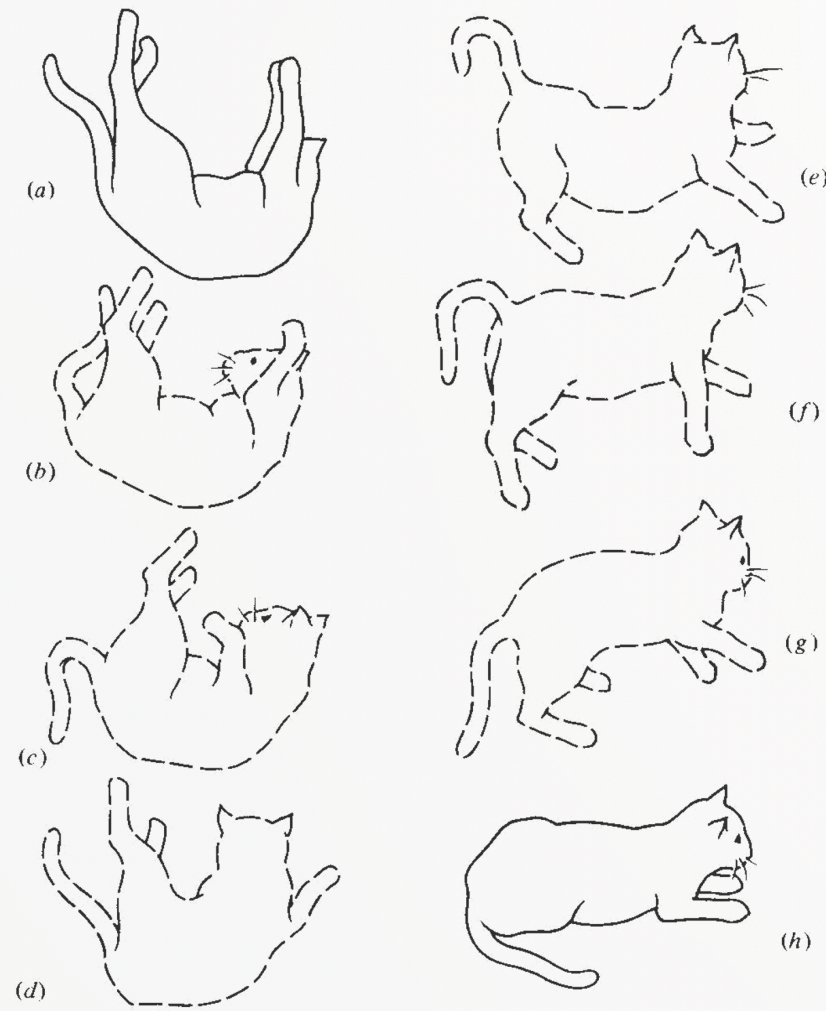
- **GIROS 1 EJE, PROVOCADOS POR 1 IMPULSO ANGULAR EN LA BATIDA (MORTAL DE GIMNASIA)**
- **GIROS EN 2-3 EJES, PROVOCADOS POR 2-3 IMPULSOS ANGULARES EN LA BATIDA (MORTAL CON PIRUETA EN GIMNASIA)**
- **¿GIROS EN 2-3 EJES, PROVOCADOS POR 1-2 MOMENTOS ANGULARES EN LA BATIDA (MORTAL CON PIRUETA EN TRAMPOLÍN)?**
- **¿¿¿GIROS SIN MOMENTO ANGULAR EN LA BATIDA??? WTF!!!!**

#GENERAR GIROS

GIRO APARENTE

Moment Angular inicial = 0

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



Imatge de Donald McDonald (1960)

EL CUERPO ARTICULADO PERMITE:

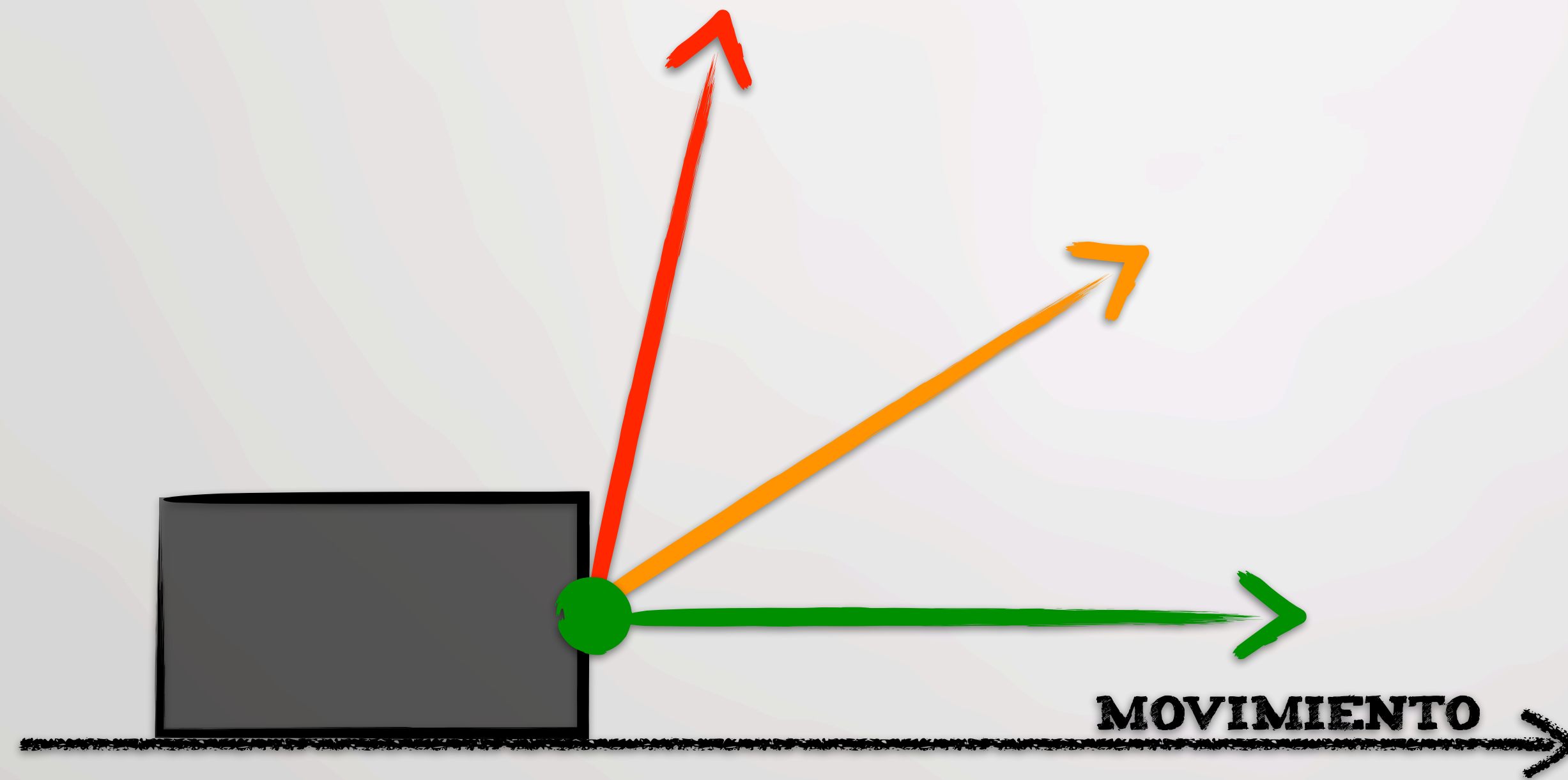
- AGRUPARSE / ALEJARSE DE UN EJE DE GIRO CAMBIANDO LA INERCIA DE ROTACIÓN ($I = m \cdot r^2$).
- GENERAR NUEVOS EJES CAMBIANDO LA DISPOSICIÓN DE SEGMENTOS.
- GENERAR MOMENTOS ANGULARES CON INTERACCIÓN CON OTRO OBJETO (ACCIÓN-REACCIÓN).

TODO SOBRE EL ANÁLISIS DE EJERCICIOS SIN APLICAR UNA SOLA FÓRMULA

VECTORES Y TORQUES

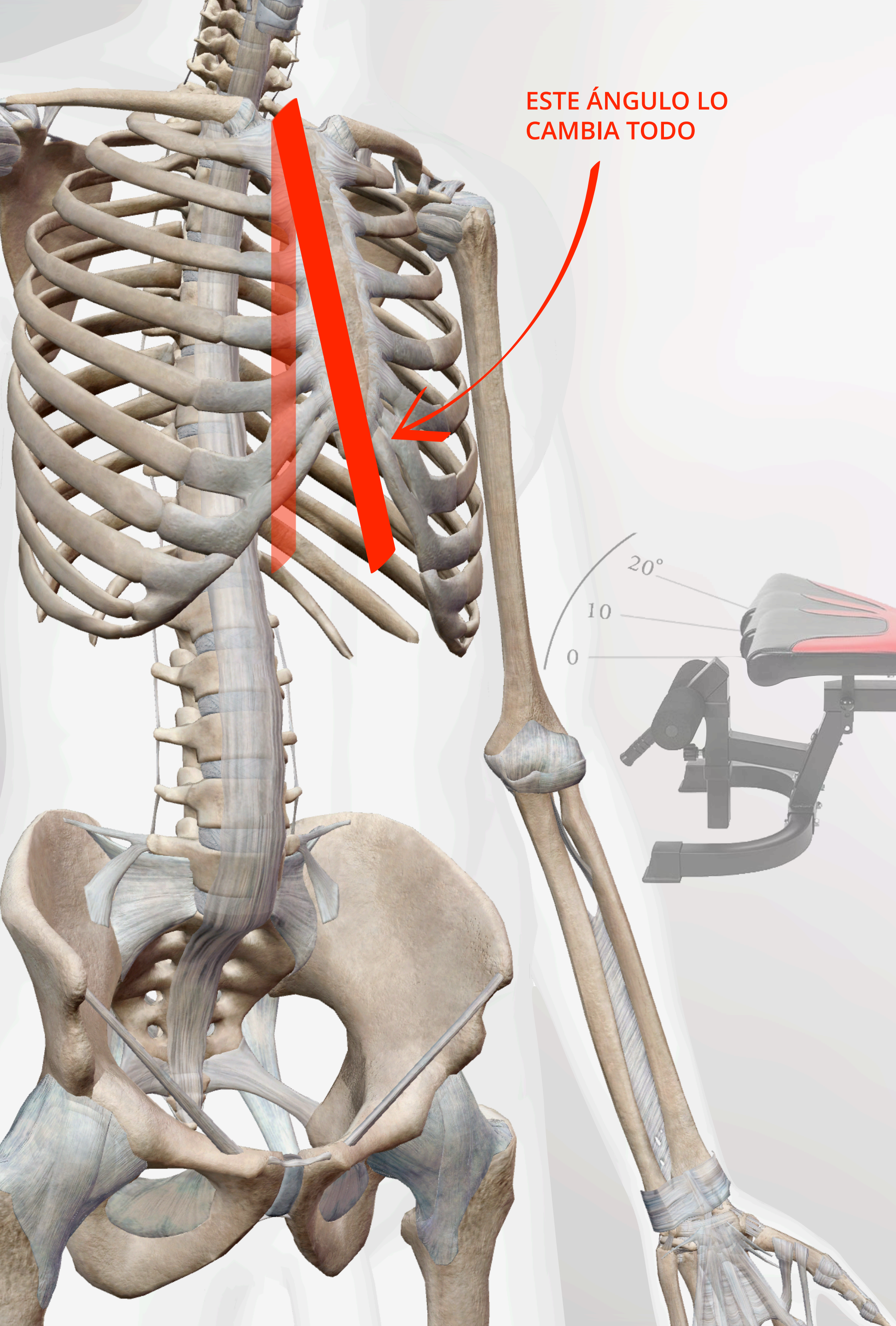
ALINEACIÓN

CUANTO MÁS ALINEADA ESTÁ UNA FUERZA CON EL PLANO DE MOVIMIENTO, MÁS SE APROVECHA



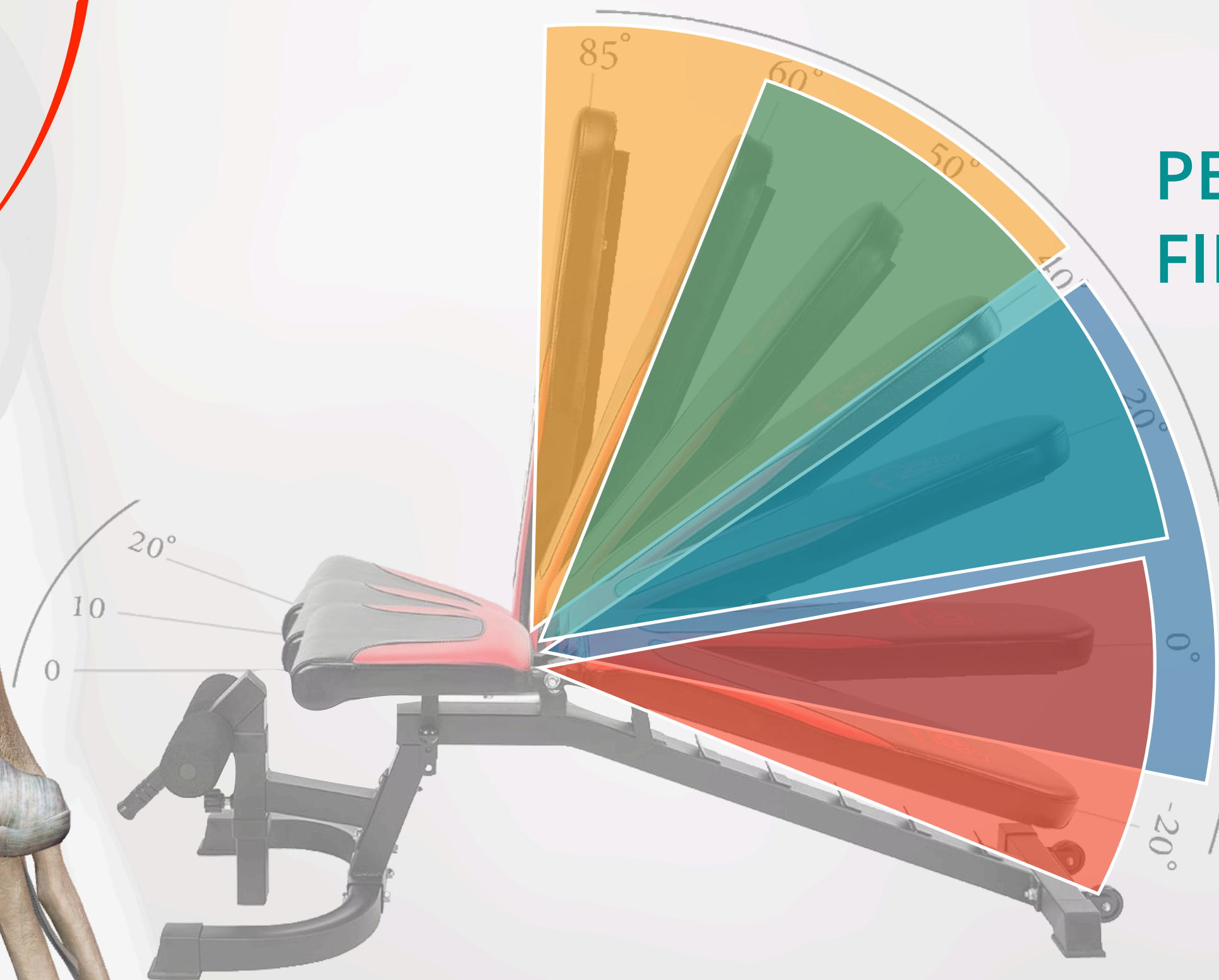
**LOS MÚSCULOS (O PORCIONES) QUE ESTÁN
MÁS ALINEADAS, PARTEN CON VENTAJA**





ESTE ÁNGULO LO
CAMBIA TODO

DELTOIDES ANTERIOR



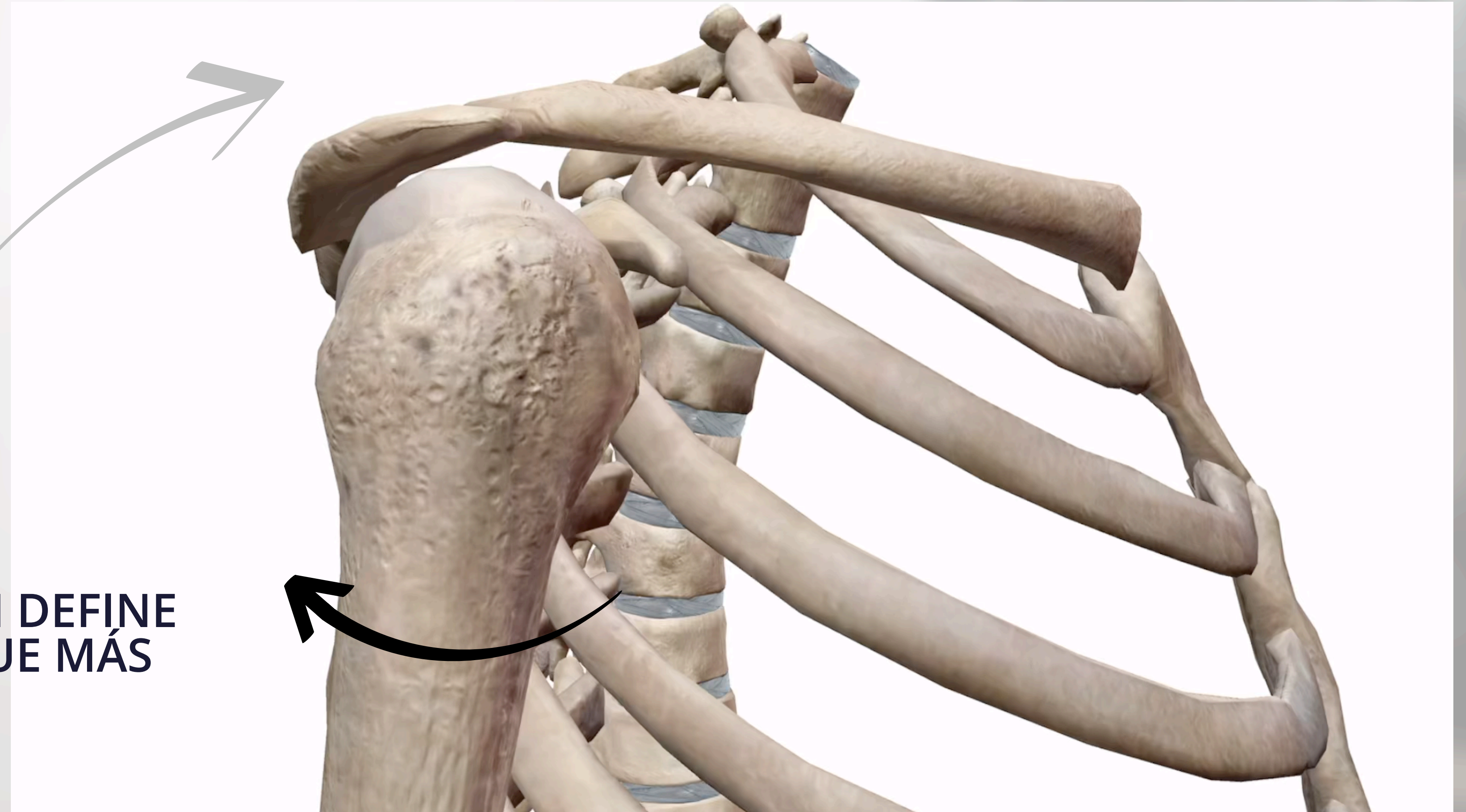
PECT. MAYOR
FIBRAS **SUPERIORES** (CLAVICULARES)

PECT. MAYOR
FIBRAS **MEDIAS** (ESTERNALES)

PECT. MAYOR
FIBRAS **INFERIORES** (ABDOMINALES)

**LA ALINEACIÓN PUEDE CAMBIAR
(POR EJEMPLO, ROTANDO)**

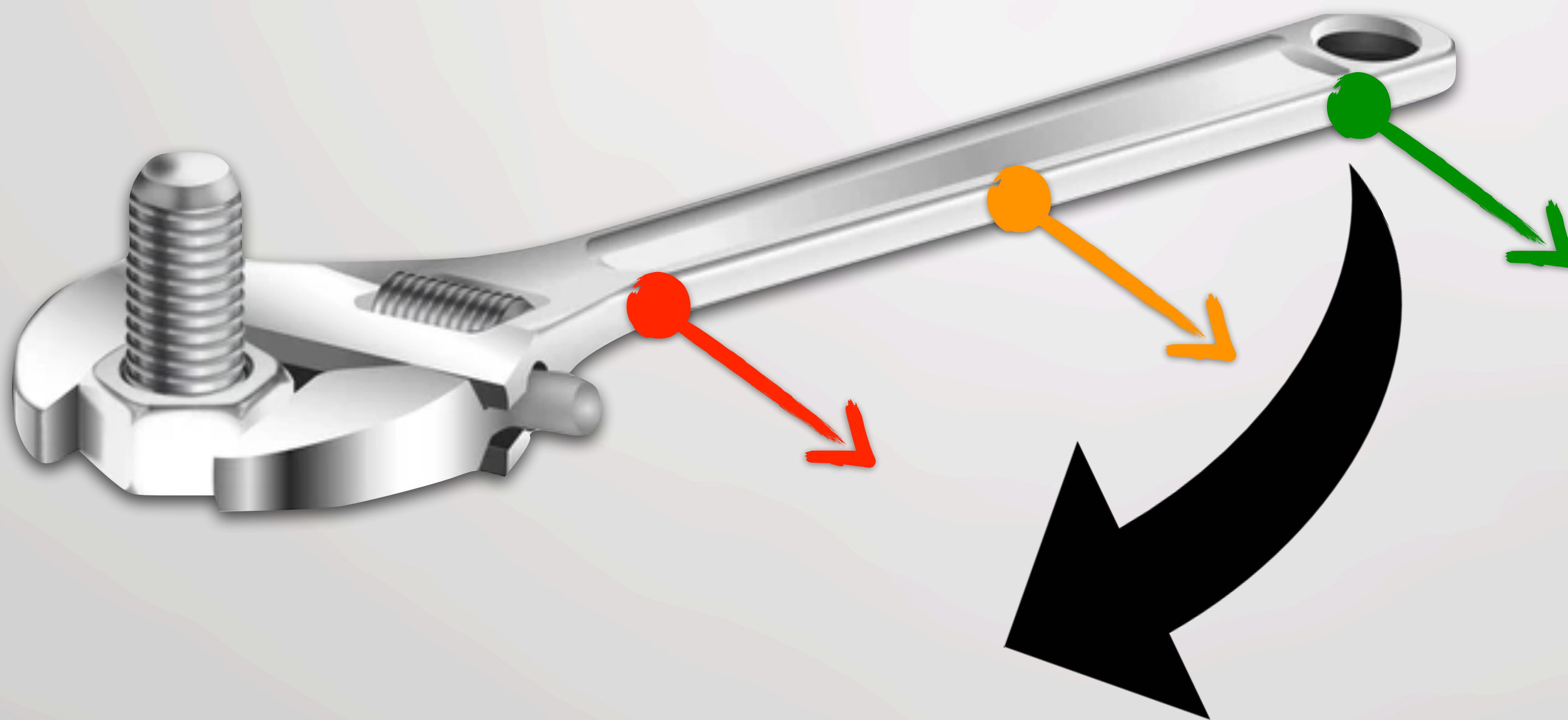
**LA ALINEACIÓN DEFINE
LA PORCIÓN QUE MÁS
TRABAJA,
PERO...**



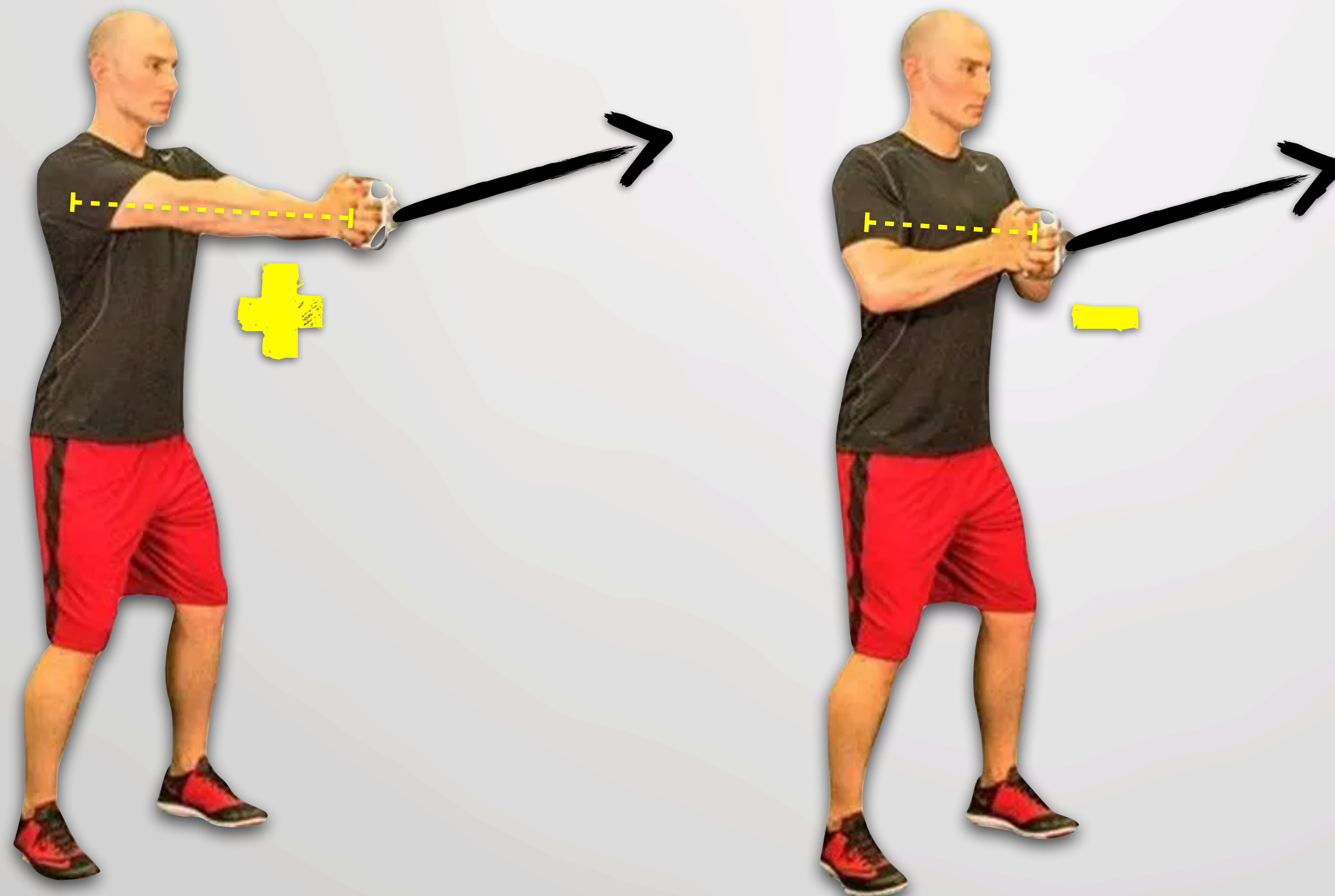
VECTORES Y TORQUES

DISTANCIA

**CUANTO MÁS LEJOS SE APLICA UNA FUERZA
(O RESISTENCIA) DEL EJE DE GIRO,
MÁS EFECTO (MOMENTO O TORQUE) GENERA**

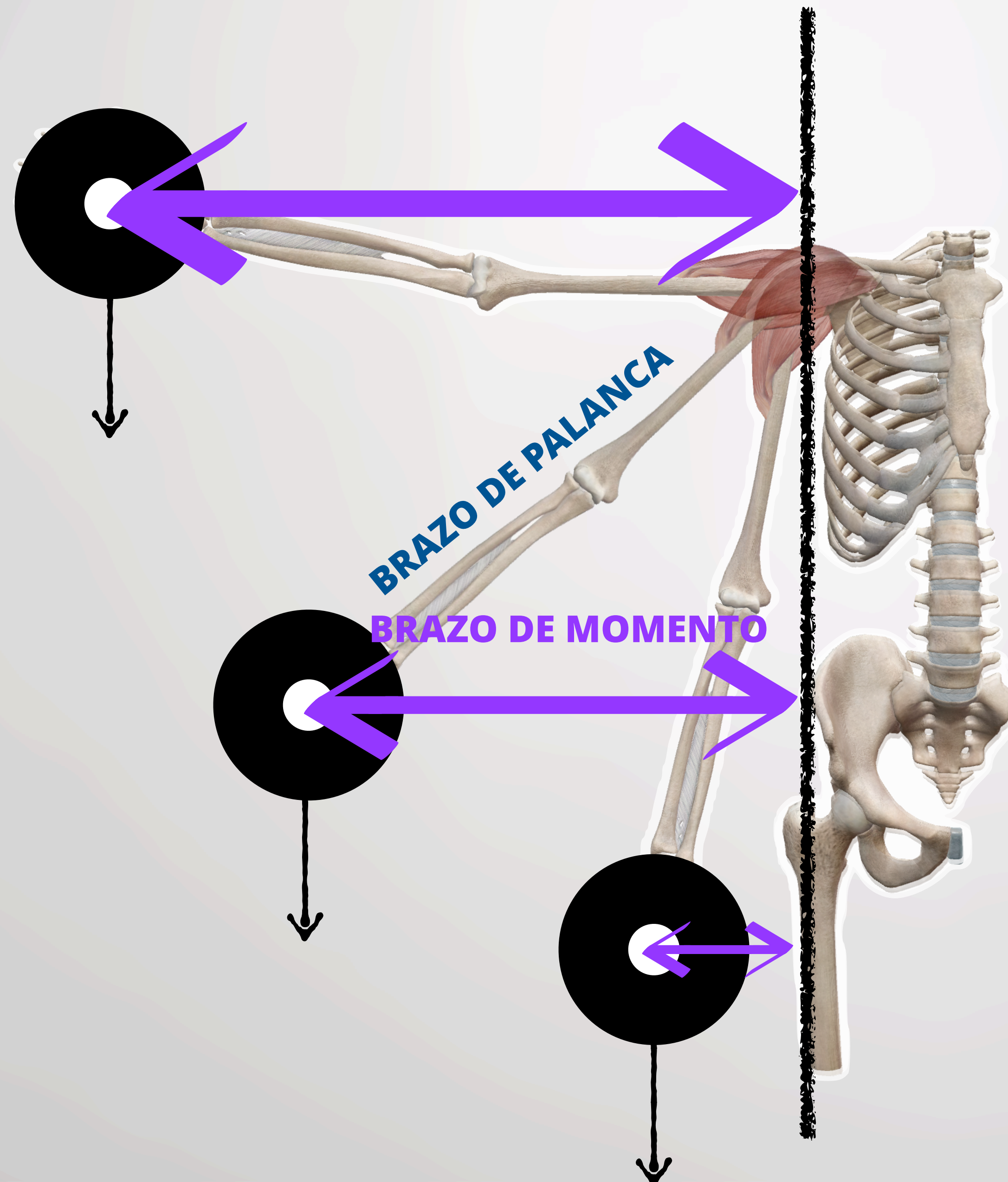


SI LA RESISTENCIA SE APLICA MÁS LEJOS DEL CUERPO, MÁS ROTACIÓN GENERA, Y MÁS "ANTI-ROTACIÓN" DEBEMOS APLICAR

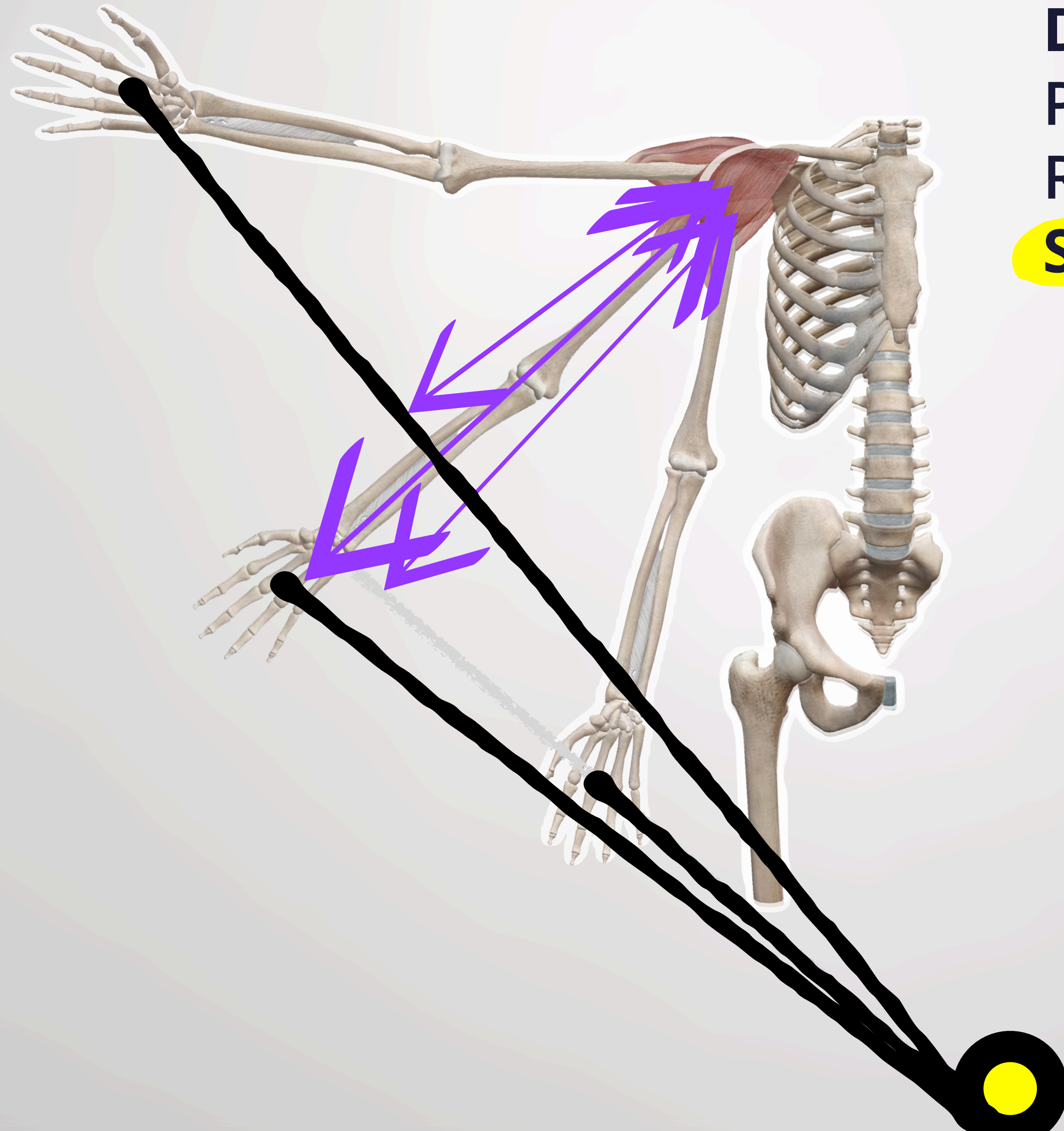


Torque = Fuerza x Distancia

BRAZO DE MOMENTO



EN ESTE CASO, LAS
DISTANCIAS AL EJE DE GIRO
PERPENDICULARES A LA
RESISTENCIA,
SON DIFÍCILES DE VER

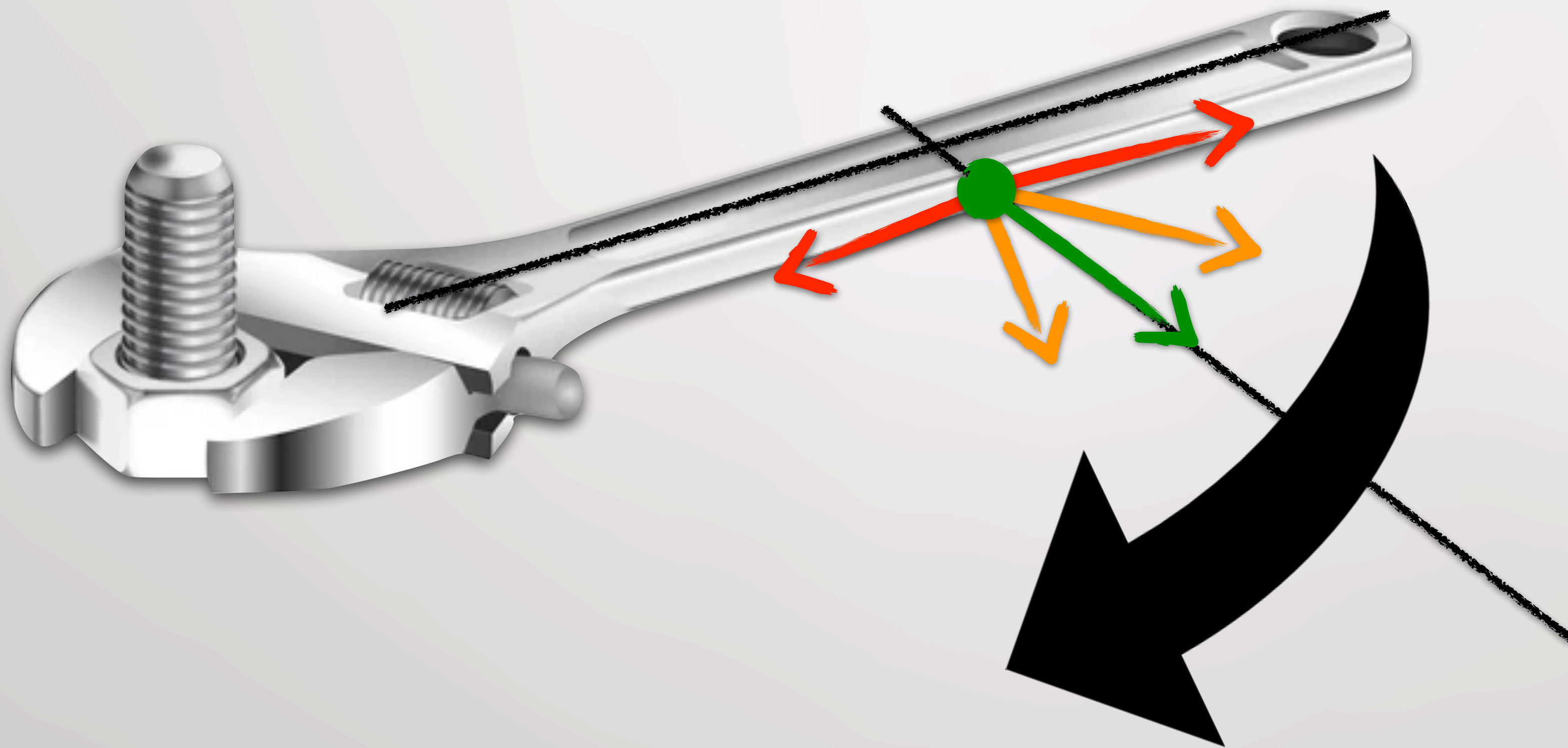


**PERFIL CAMPANA
(LIGERAMENTE
DESCENDENTE)**

VECTORES Y TORQUES

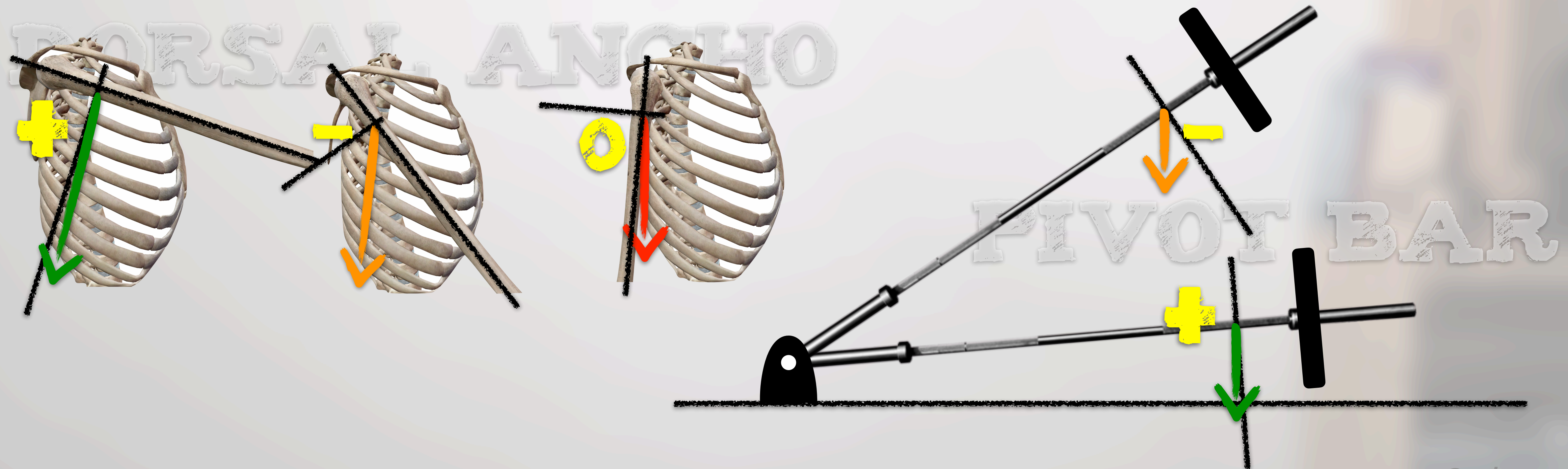
PERPENDICULARIDAD

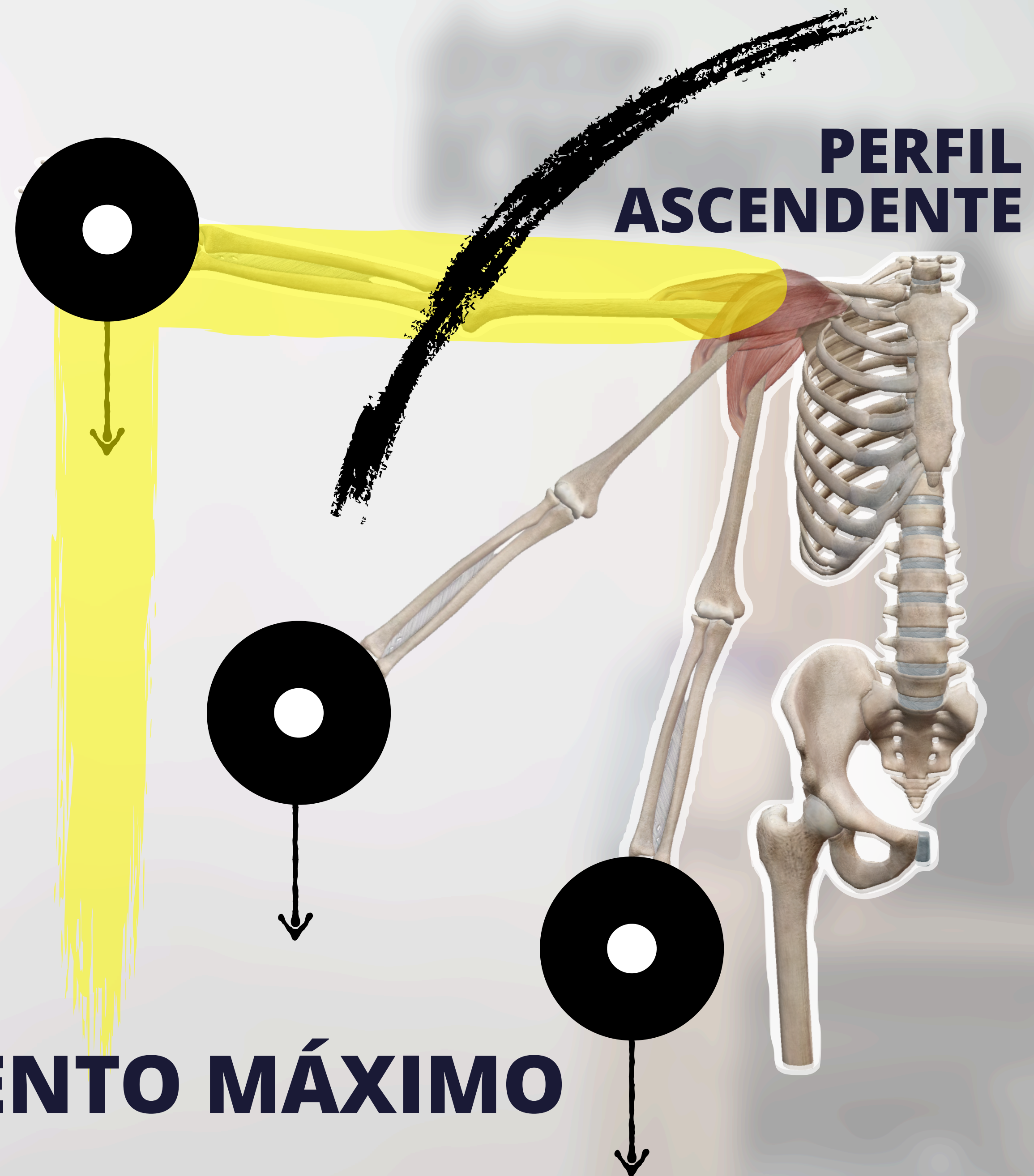
**CUANTO MÁS PERPENDICULAR SE APLICA UNA FUERZA
(O RESISTENCIA) AL SEGMENTO QUE GIRA,
MÁS EFECTO (MOMENTO O TORQUE) GENERA**



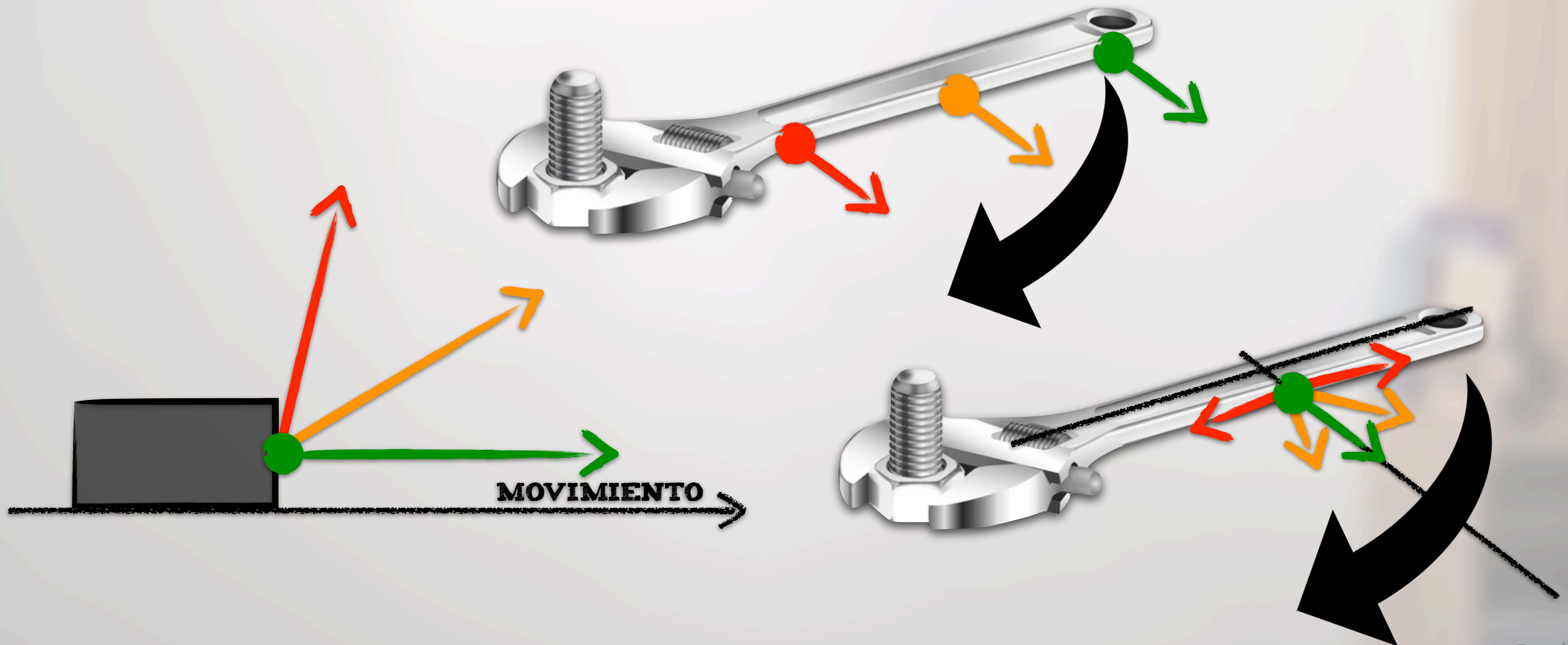
90° = BRAZO DE MOMENTO MÁXIMO

CUANTO MÁS LEJOS DE 90° ESTÁ EL ÁNGULO DE ATAQUE, PEOR TORQUE HAY



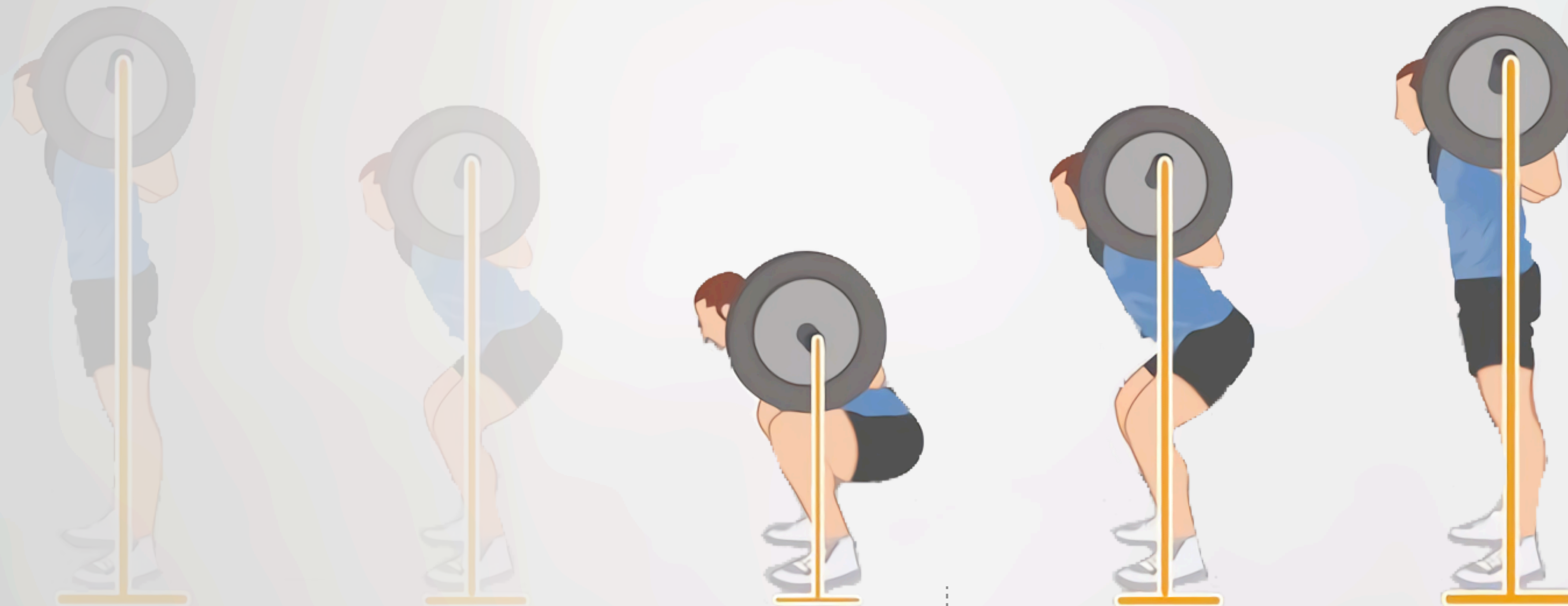


RESUMEN: ALINEACIÓN, DISTANCIA Y PERPENDICULARIDAD



ANÁLISIS DE LOS EJERCICIOS

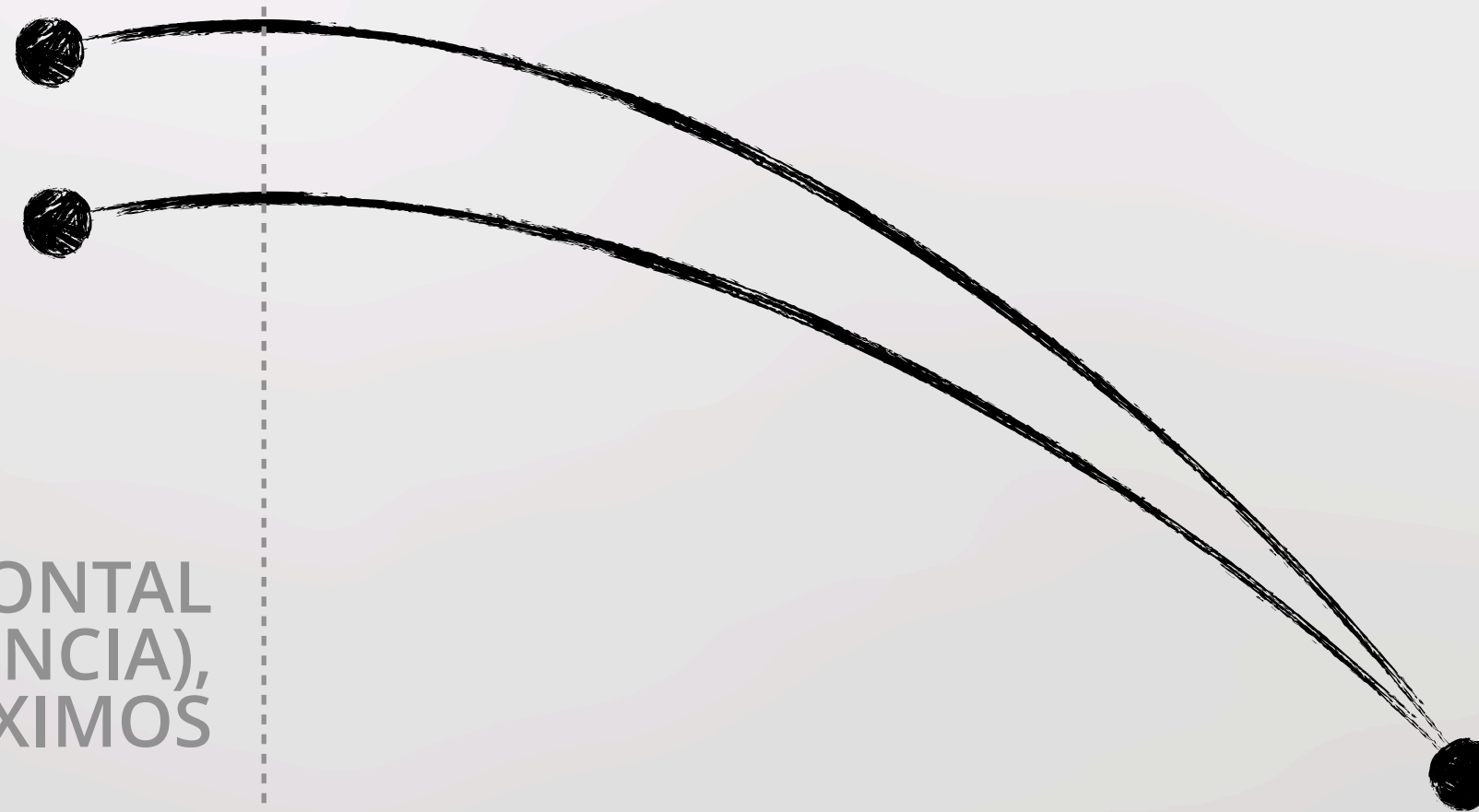
DOMINANCIAS



PERFIL DE RESISTENCIA
A LA **CADERA**

PERFIL DE RESISTENCIA
A LA **RODILLA**

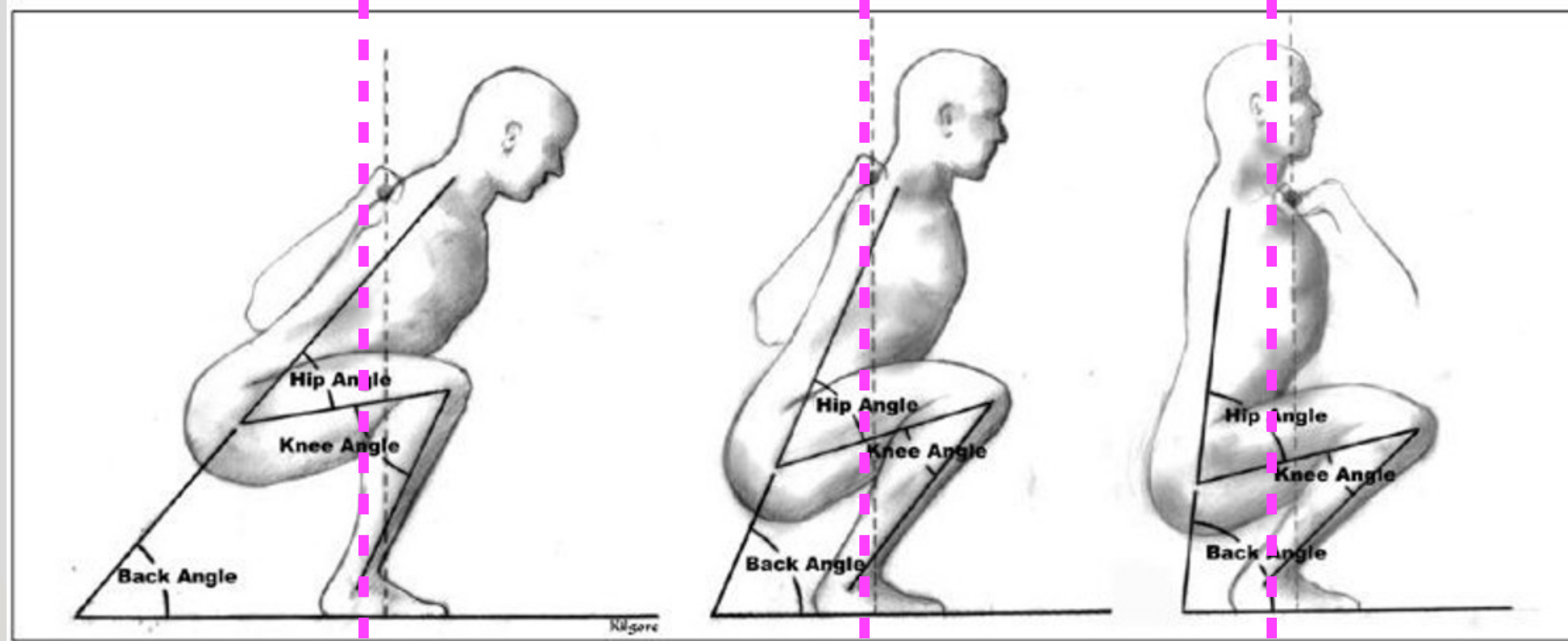
CUANDO EL MUSLO ESTÁ HORIZONTAL
(90° RESPECTO LA RESISTENCIA),
LOS BRAZOS DE MOMENTO SON MÁXIMOS



LOW BAR
BACK SQUAT

HIGH BAR
BACK SQUAT

FRONT SQUAT



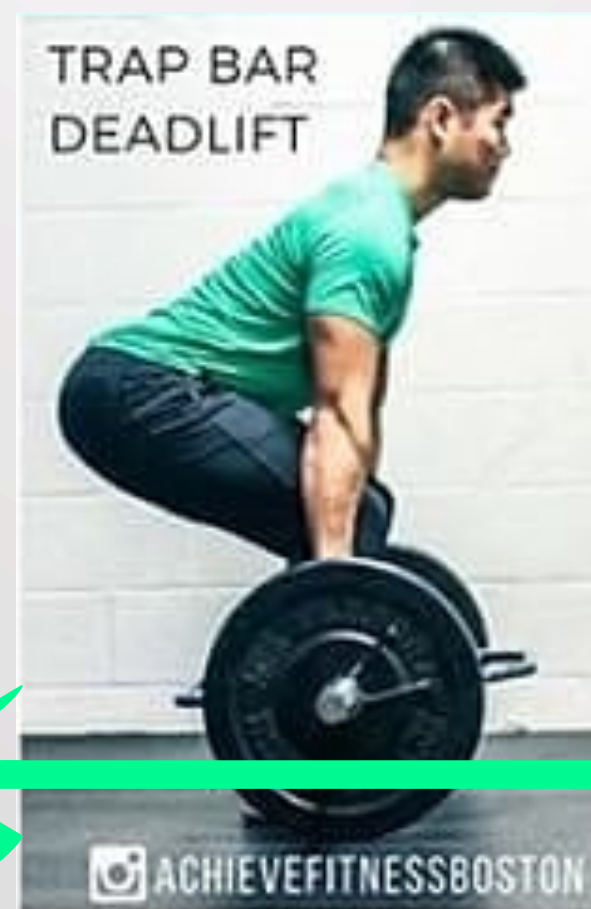
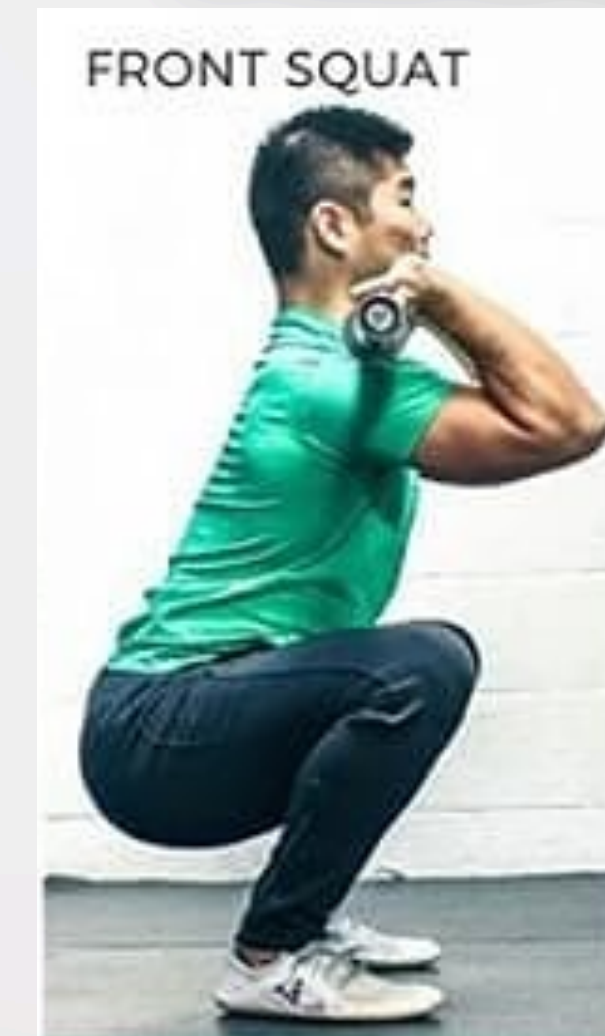
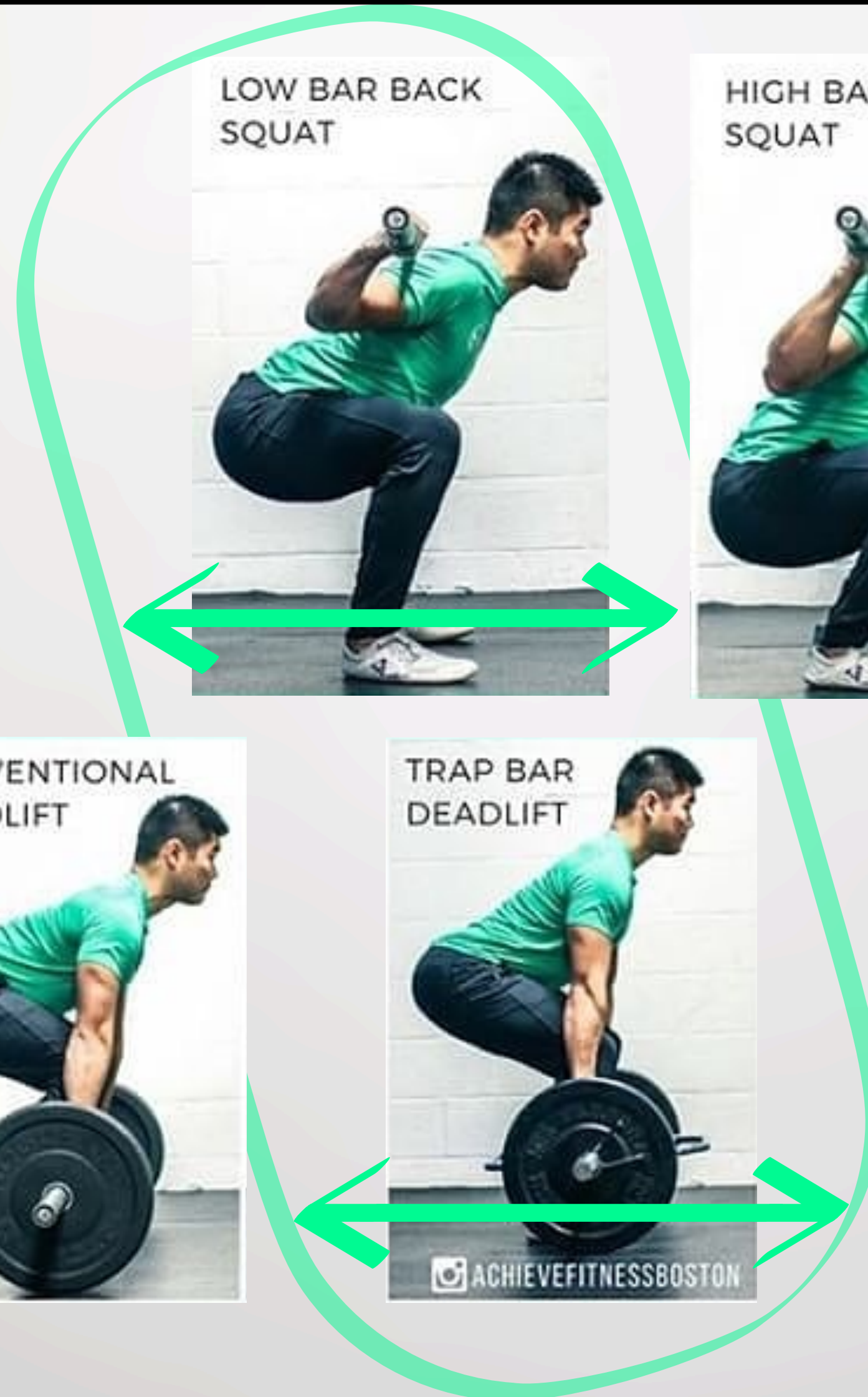
Illustrations by Lon Kilgore.

Figure 2. Note the difference in body angles in low-bar, high-bar and front squats.

HIP DOMINANCE **KNEE DOMINANCE**

HIP DOMINANCE

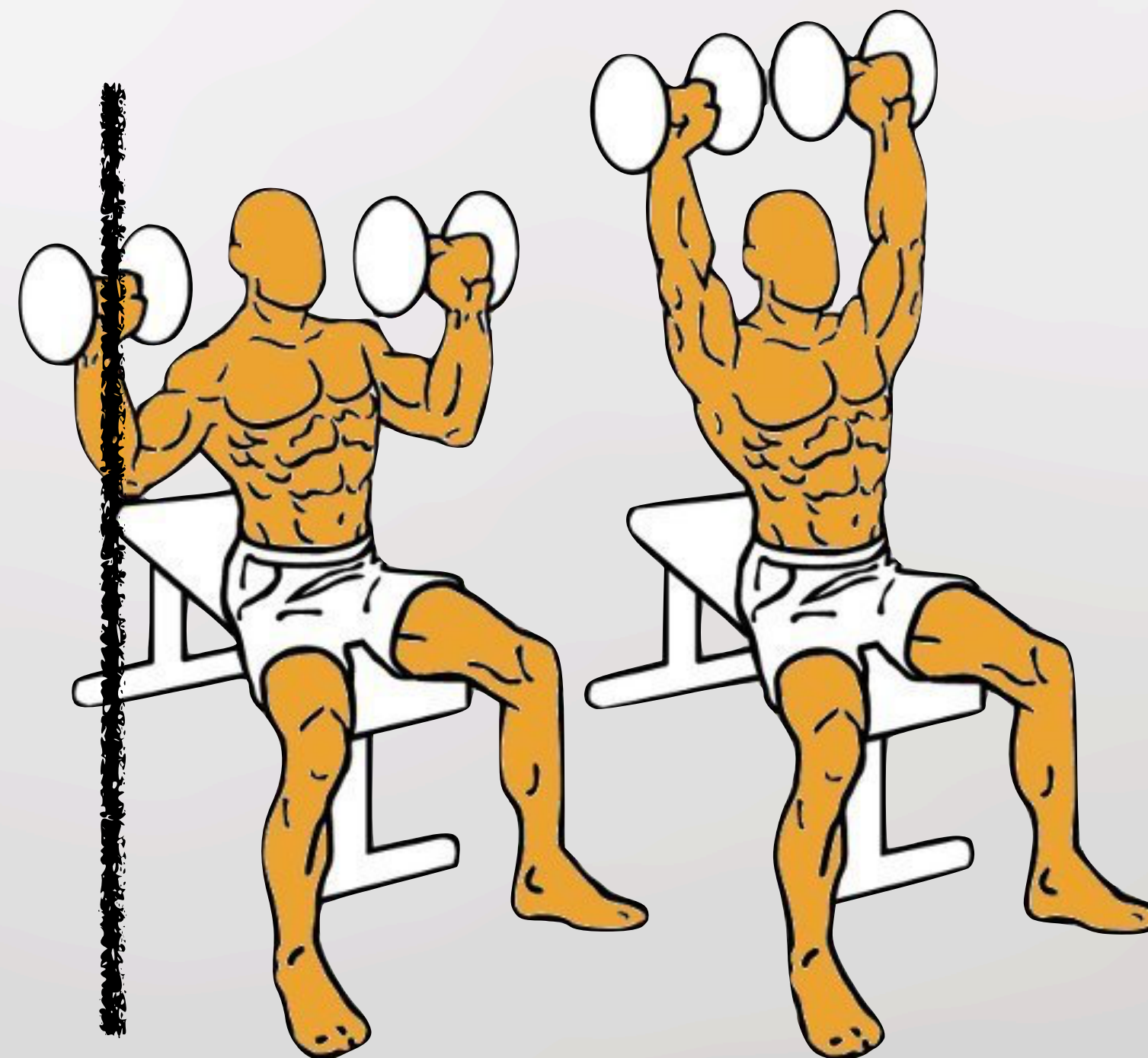
KNEE DOMINANCE



¿SHOULDER PRESS?

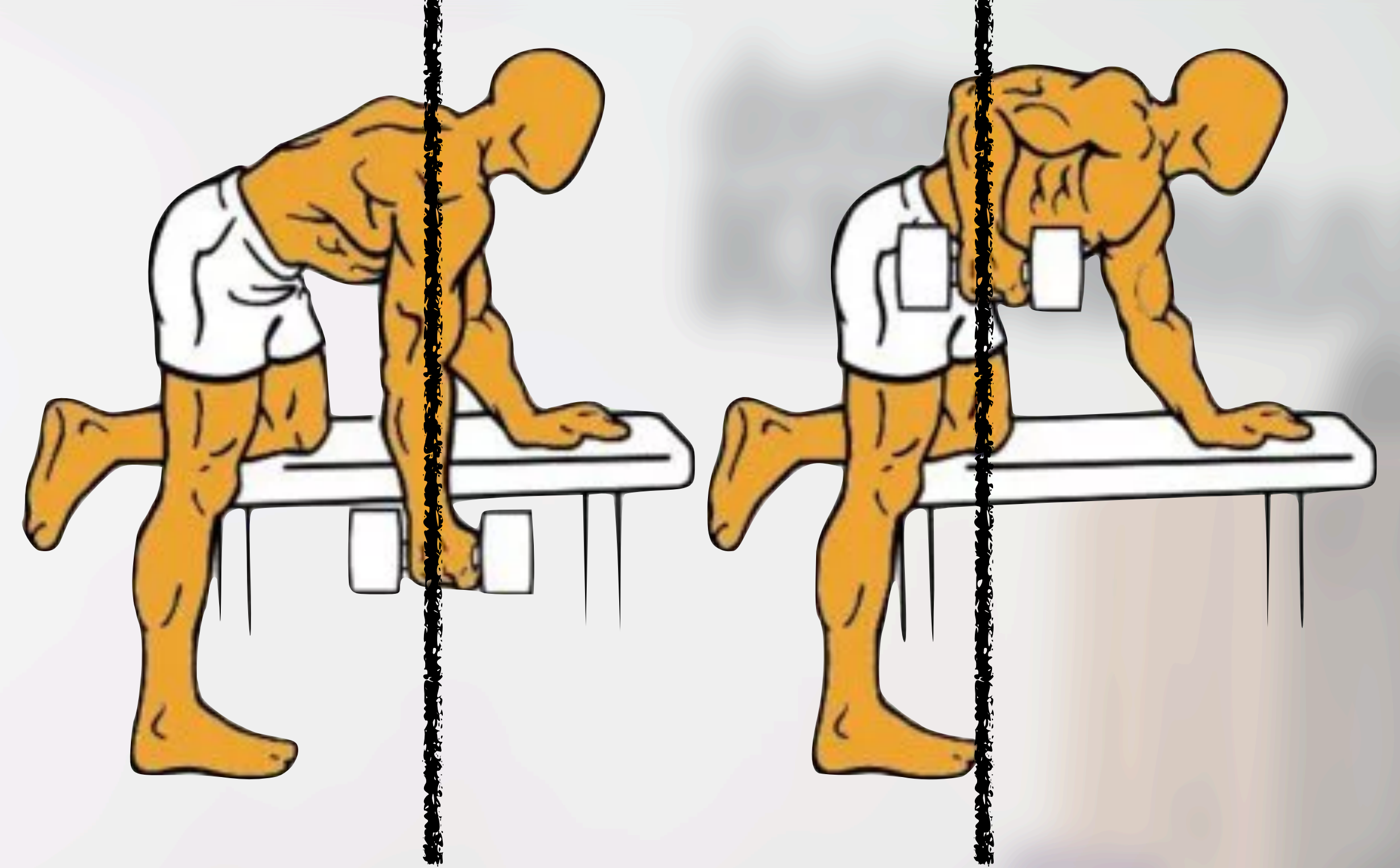
EN ESTE PUNTO DEL ROM,
Y CON ESTA EJECUCIÓN,
ESTO ES **DOMINANTE DE CODO**

VS





VS



PERFIL DE RESISTENCIA
AL **CODO**

PERFIL DE RESISTENCIA
AL **HOMBRO**

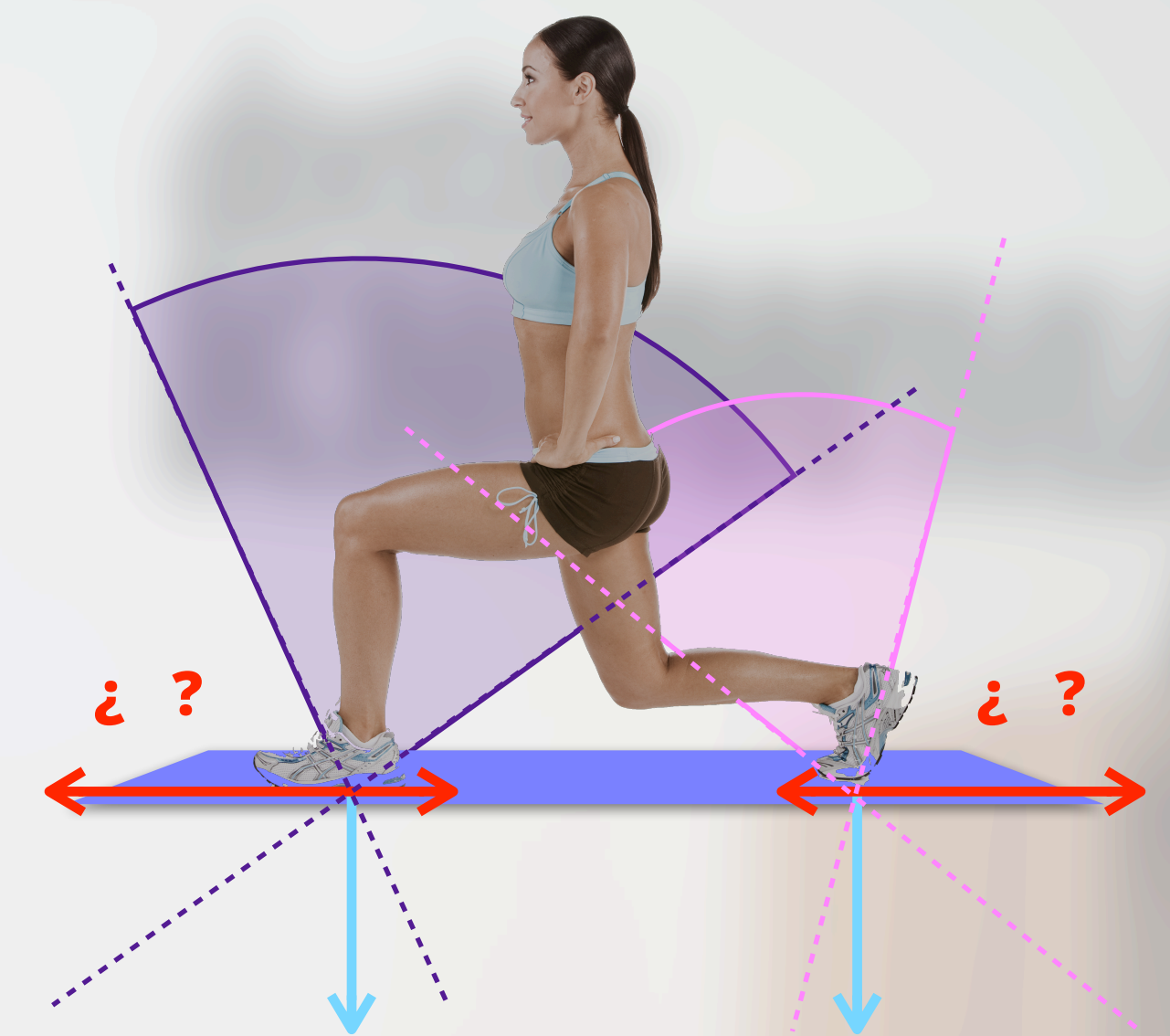
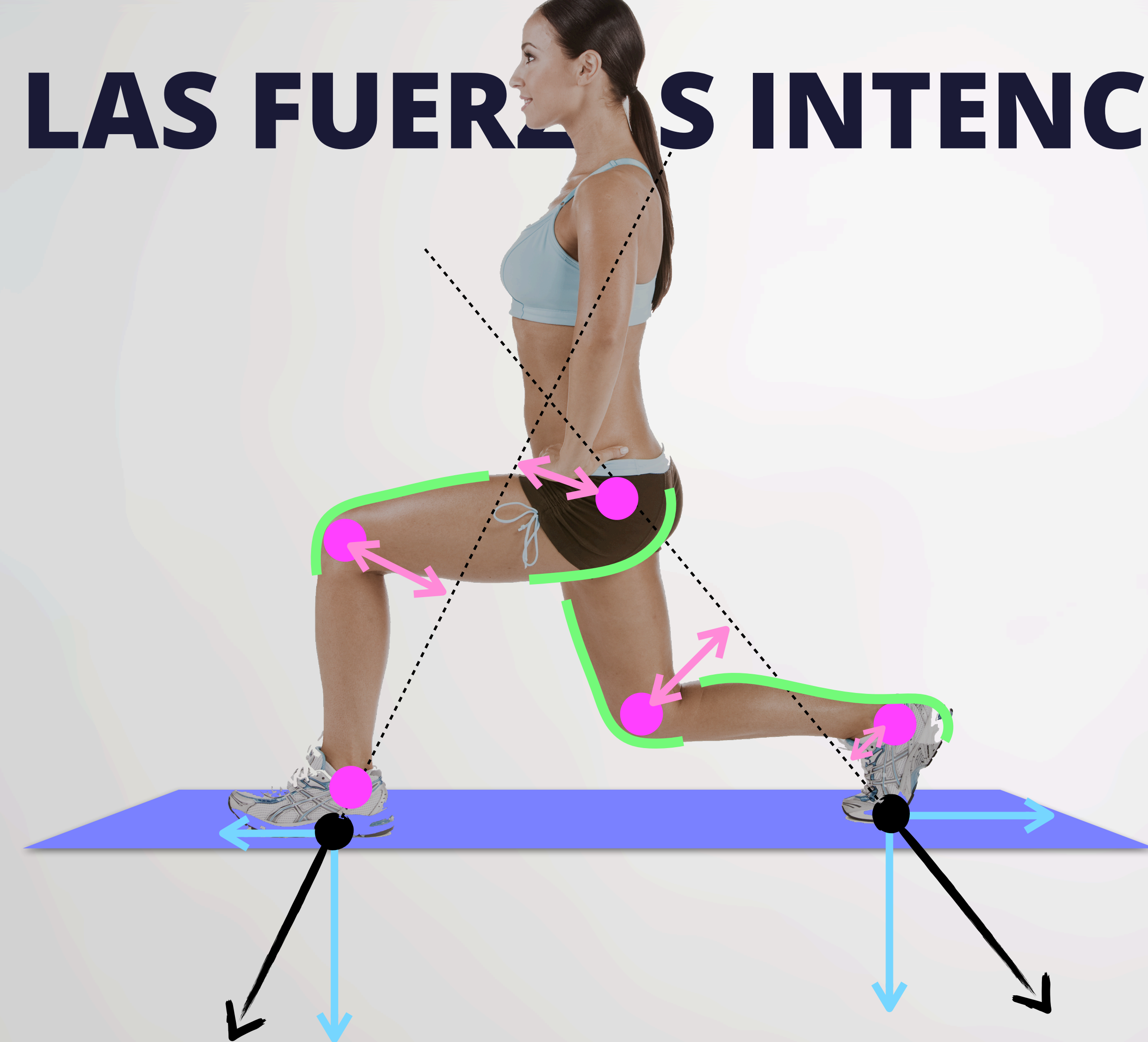
DOMINANTE DE CODO

PERFIL DE RESISTENCIA
AL **HOMBRO**

DOMINANTE DE HOMBRO

PERFIL DE RESISTENCIA
AL **CODO**

LAS FUERZAS INTENCIONALES



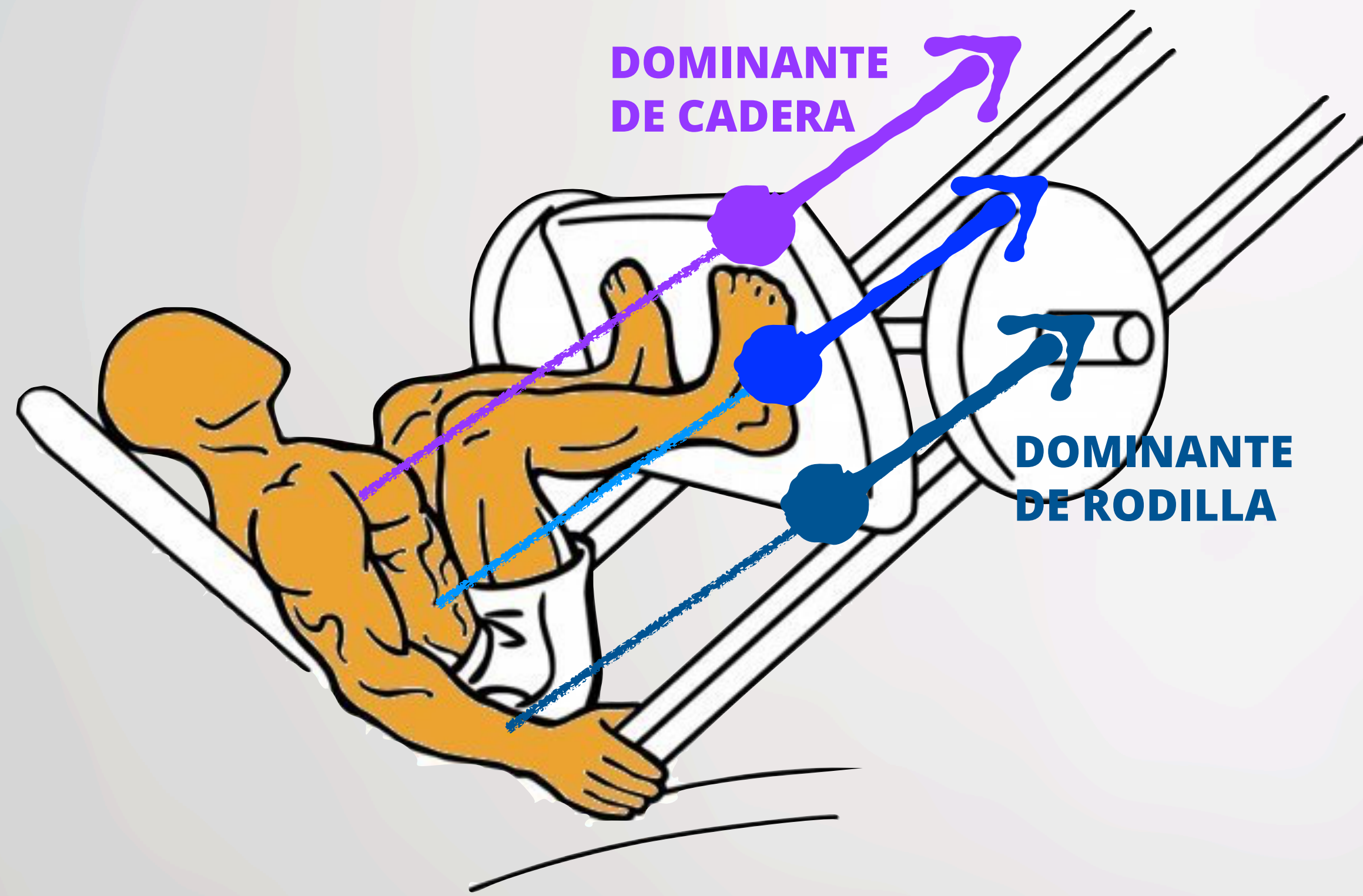
1. MEDIANTE **FUERZAS INTENCIONALES** SE PUEDEN MODIFICAR LOS MOMENTOS A LAS ARTICULACIONES Y POR TANTO LA **IMPLICACIÓN MUSCULAR**
2. **LAS FUERZAS INTENCIONALES SON «INVISIBLES»**
3. SOLO SE PUEDEN **APLICAR FUERZAS INTENCIONALES** SI EL **MOVIMIENTO ESTÁ RESTRINGIDO**

GRADOS
DE **LIBERTAD**

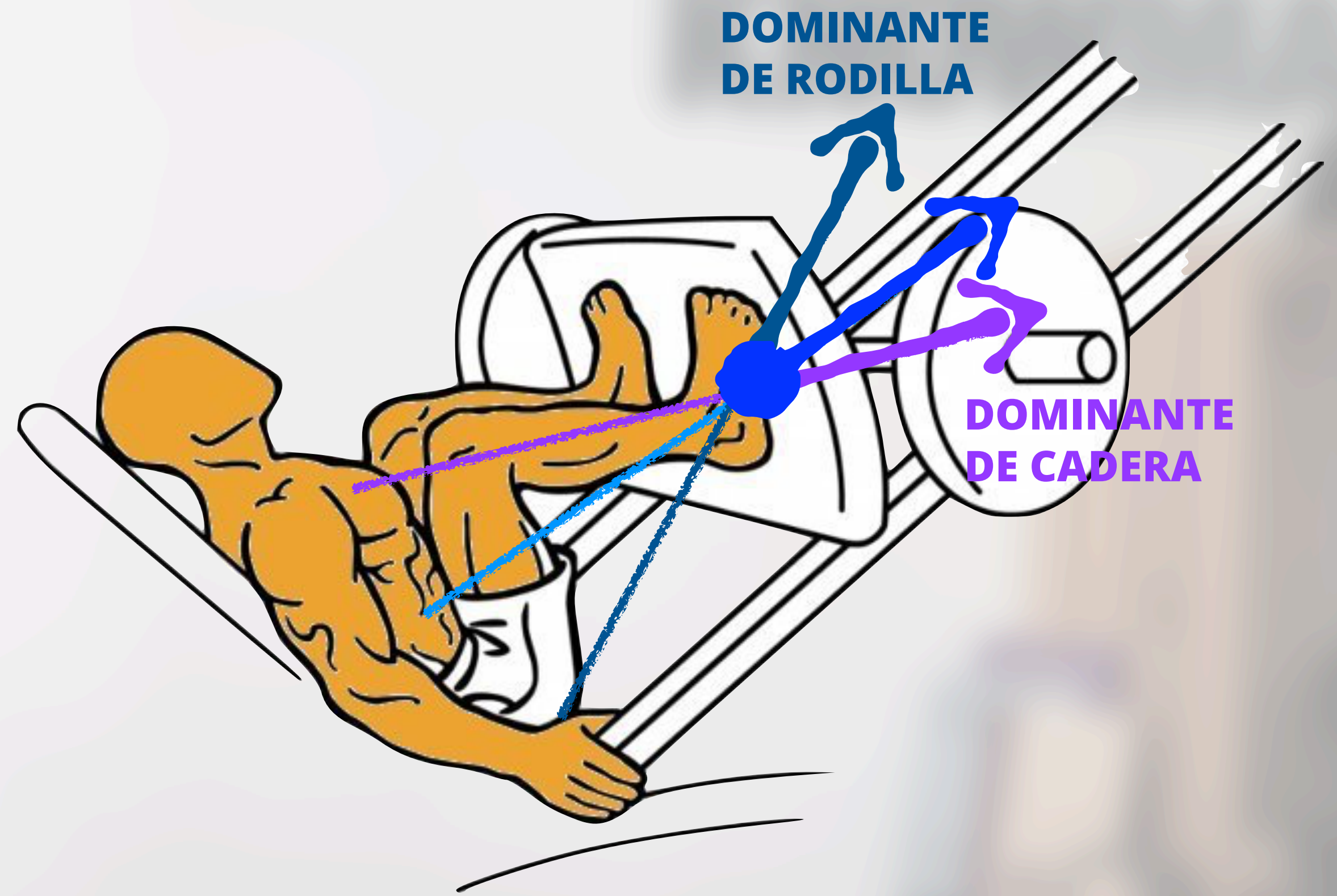
POSIBILIDAD DE **MOVIMIENTO**

POSIBILIDAD DE
FUERZAS INTENCIONALES

VARIANDO EL SET-UP



FUERZAS INTENCIONALES

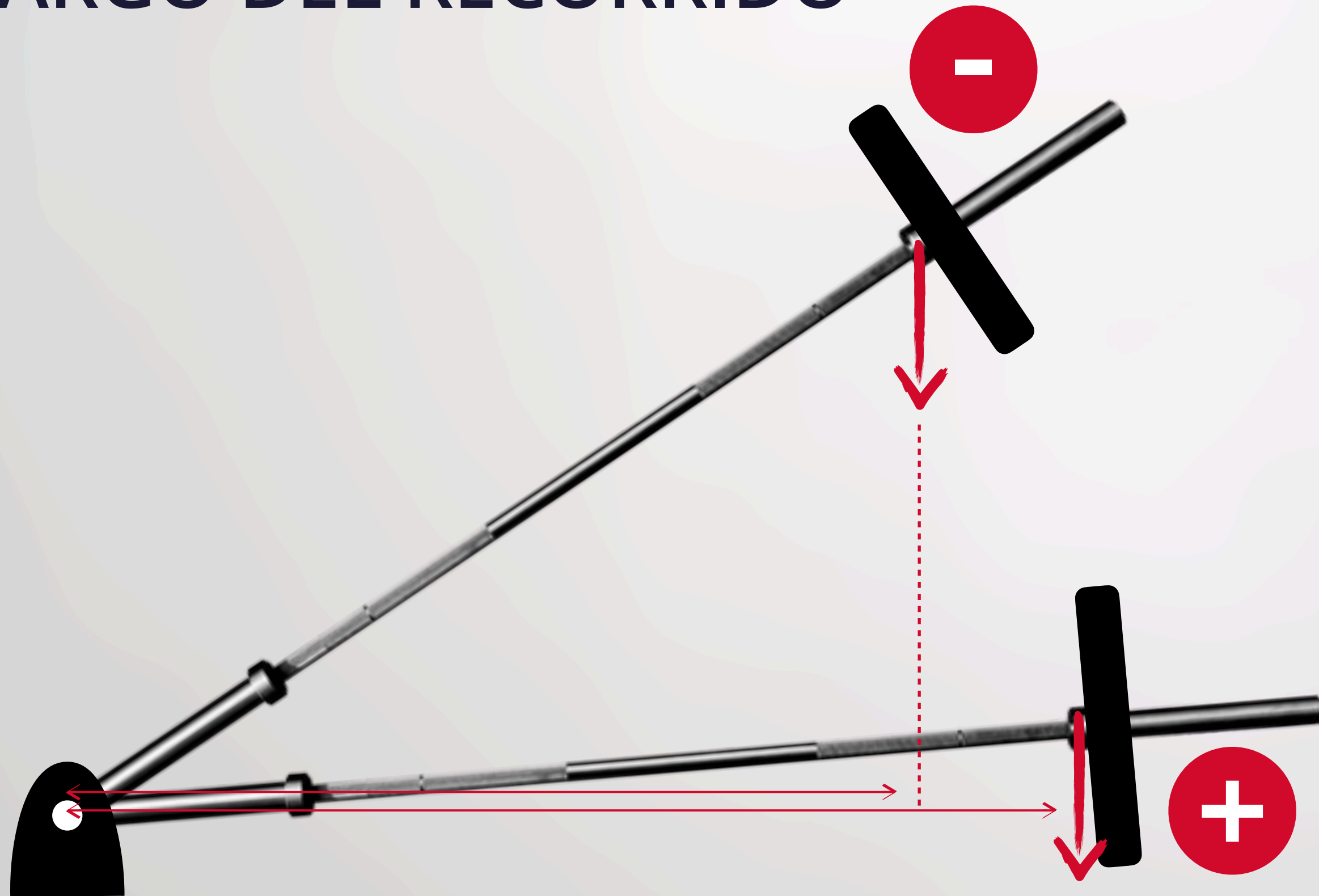


ANÁLISIS DE LOS EJERCICIOS

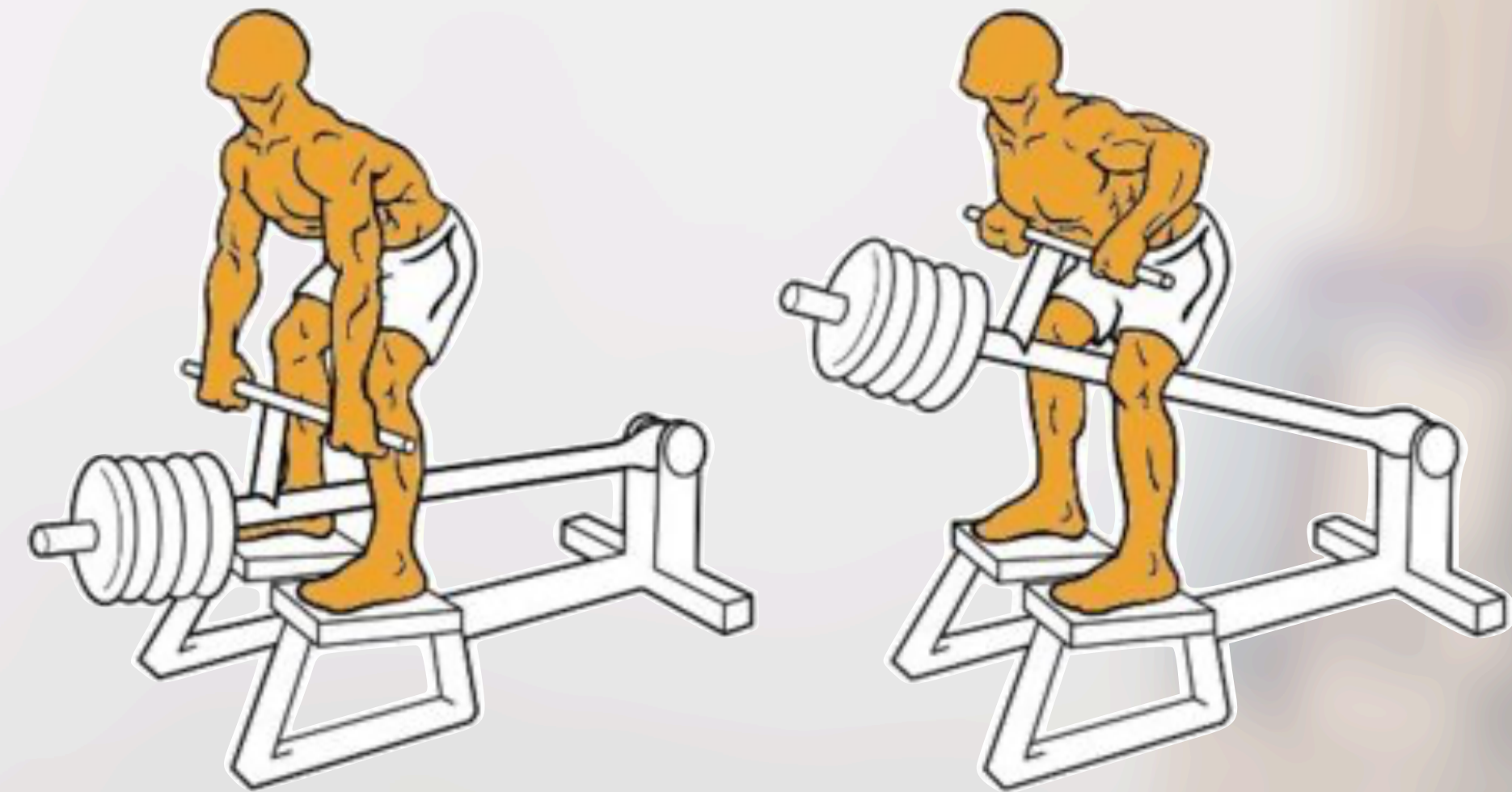
BRAZOS DE MOMENTO VARIABLES

PIVOT BAR - LANDMINE

LA RESISTENCIA DISMINUYE A LO LARGO DEL RECORRIDO



NO SIEMPRE SIGNIFICA QUE SEAN **PERFILES DESCENDENTES**.
EN UN REMO EN PUNTA, EL BRAZO DE MOMENTO AL HOMBRO AUMENTA, Y ESTA DISMINUCIÓN AYUDA A **COMPENSAR** ESE AUMENTO



MÁQUINAS DE PALANCAS PLATE LOADED

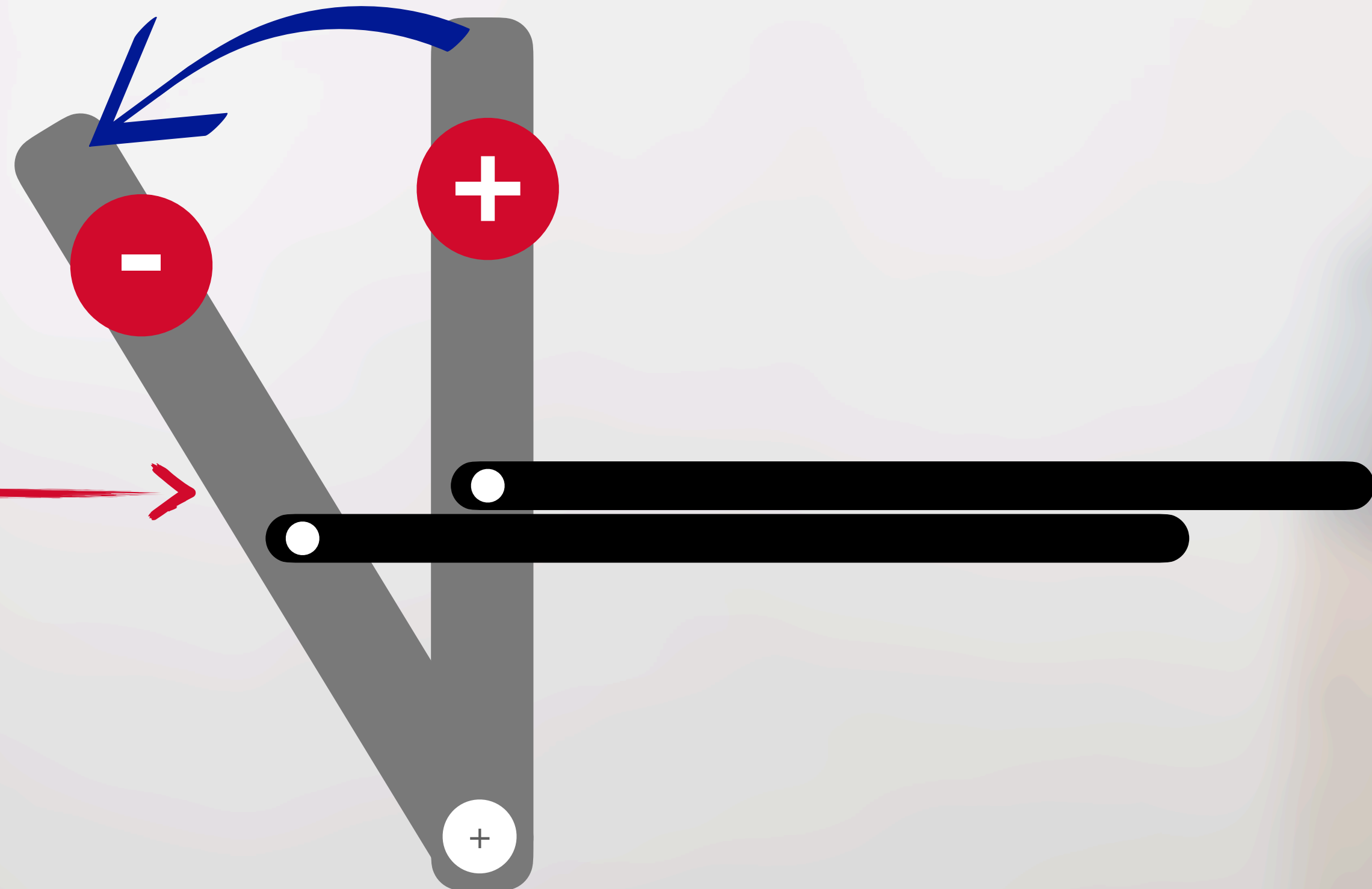
HAY QUE VER EL RECORRIDO DE LA
RESISTENCIA:

- SI AVANZA HACIA LA HORIZONTAL
 - PERFIL **ASCENDENTE**
- SI PASA POR LA HORIZONTAL A MEDIO CAMINO
 - PERFIL **CAMPANA**
- SI AVANZA DESDE LA HORIZONTAL
 - PERFIL **DESCENDETE**



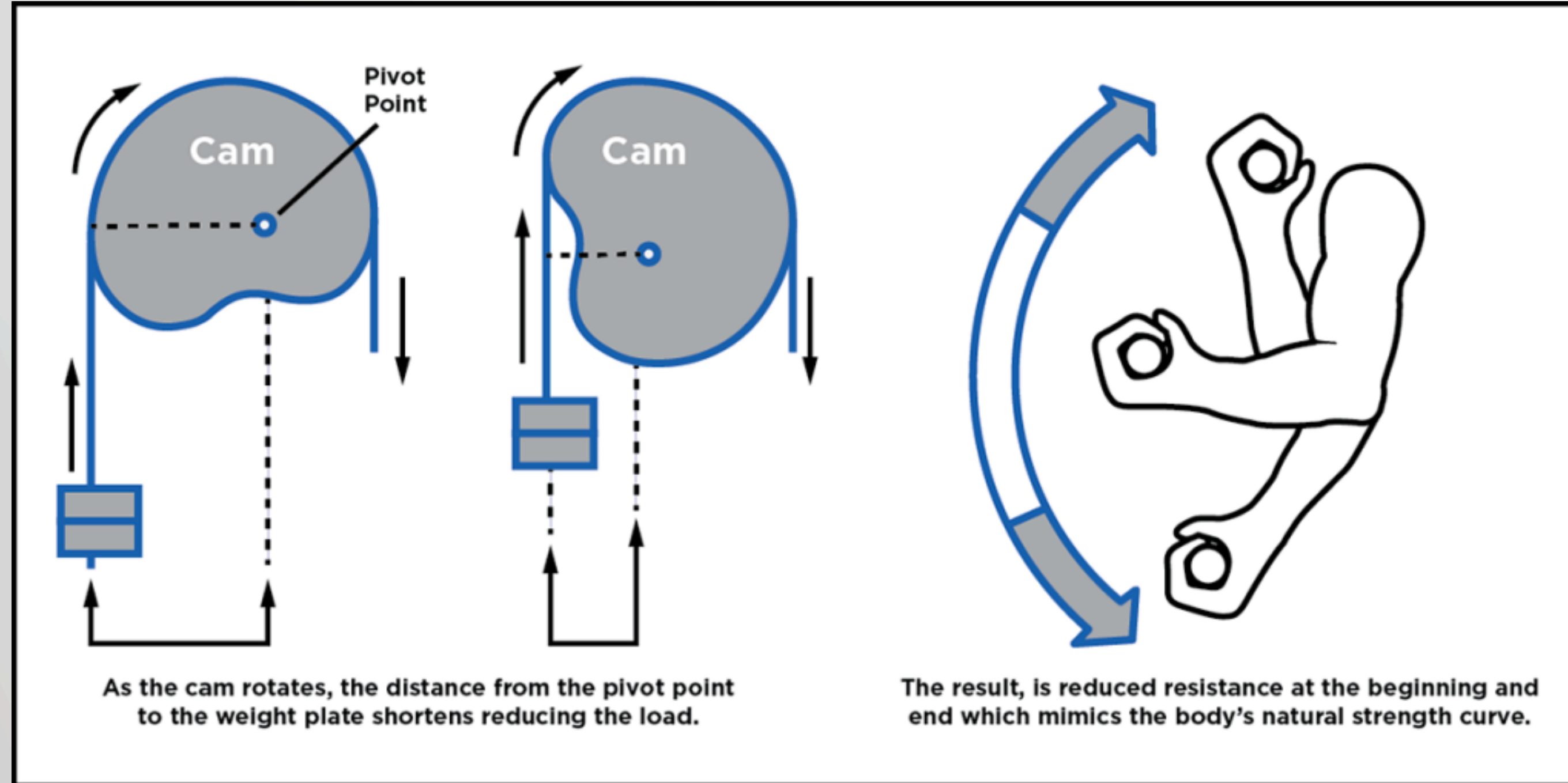


ÁNGULO DE ATAQUE SELECTORIZED

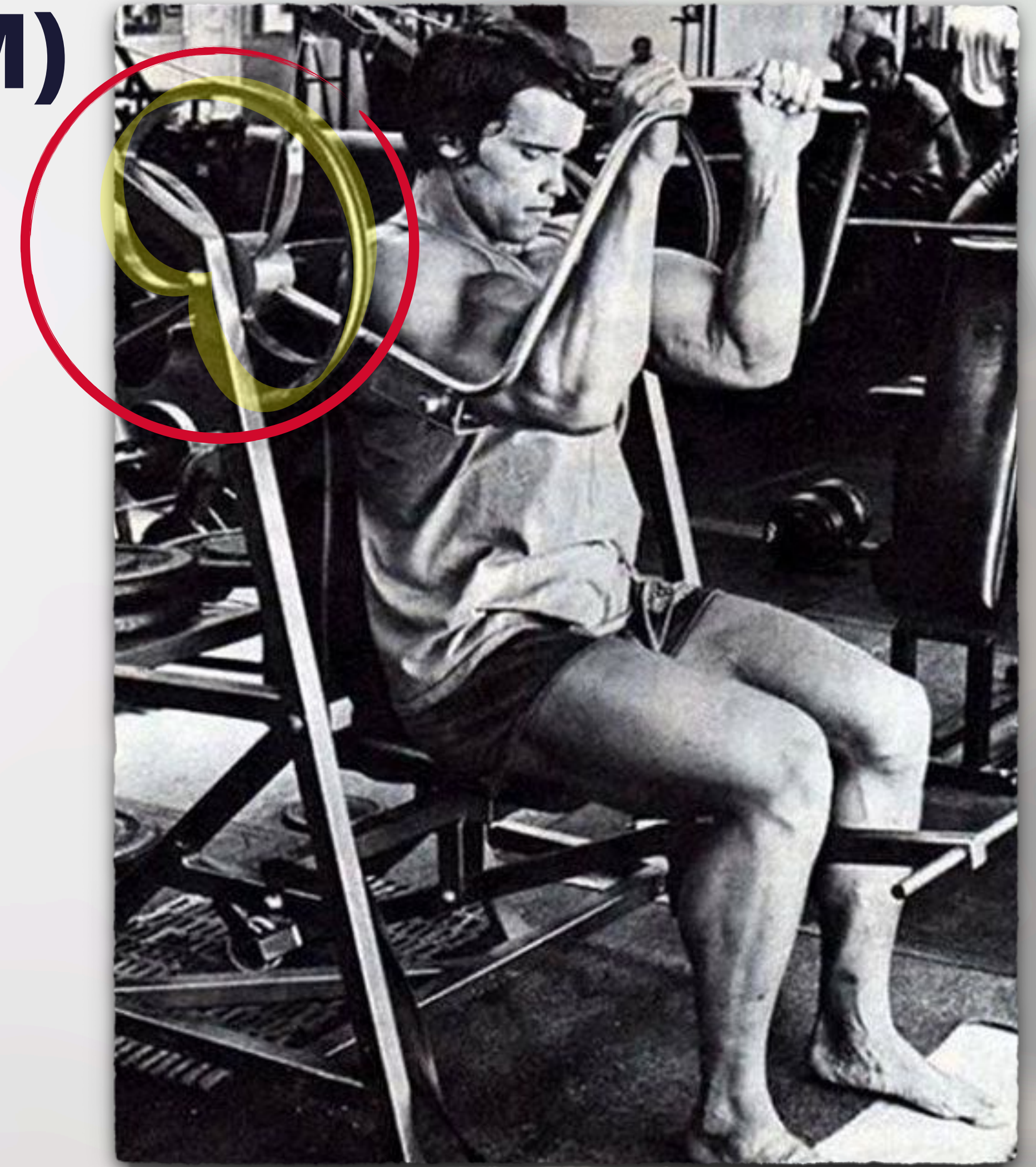


EN ESTE CASO, ESTA VARIACIÓN AFECTA
A **NUESTRO** TORQUE, NO AL DE LA
RESISTENCIA,
POR LO QUE (+) **NOS AYUDA**,
Y (-) **AUMENTA LA DEMANDA**
POR DARNOS UN ÁNGULO INEFICIENTE

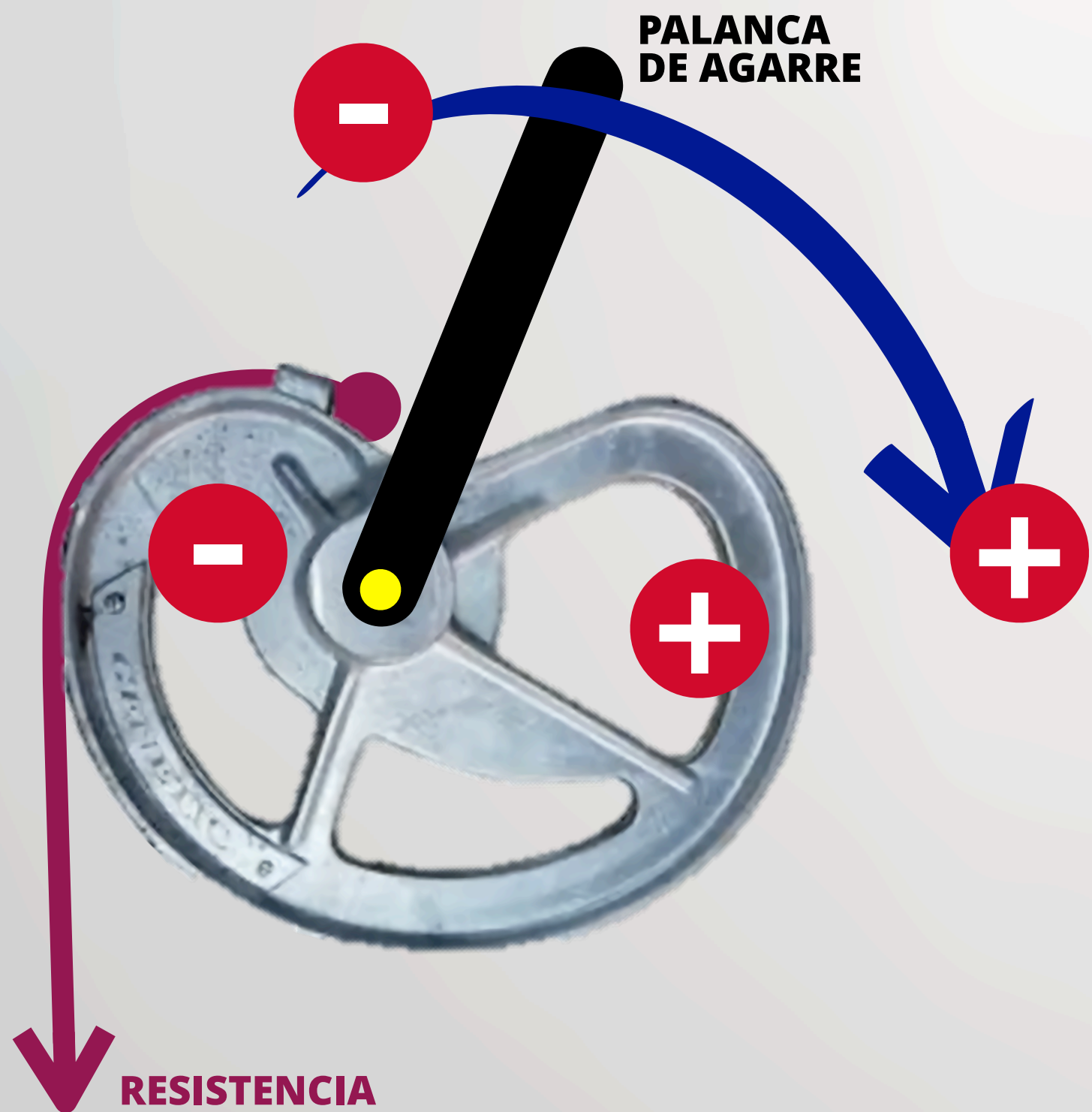
POLEA DE RADIO VARIABLE (CAM) NAUTILUS



NAUTILUS (1970) imagen de <https://corehandf.com/the-first-name-in-strength/>



POLEA DE RADIO VARIABLE (CAM) SELECTORIZED MONOARTICULARES

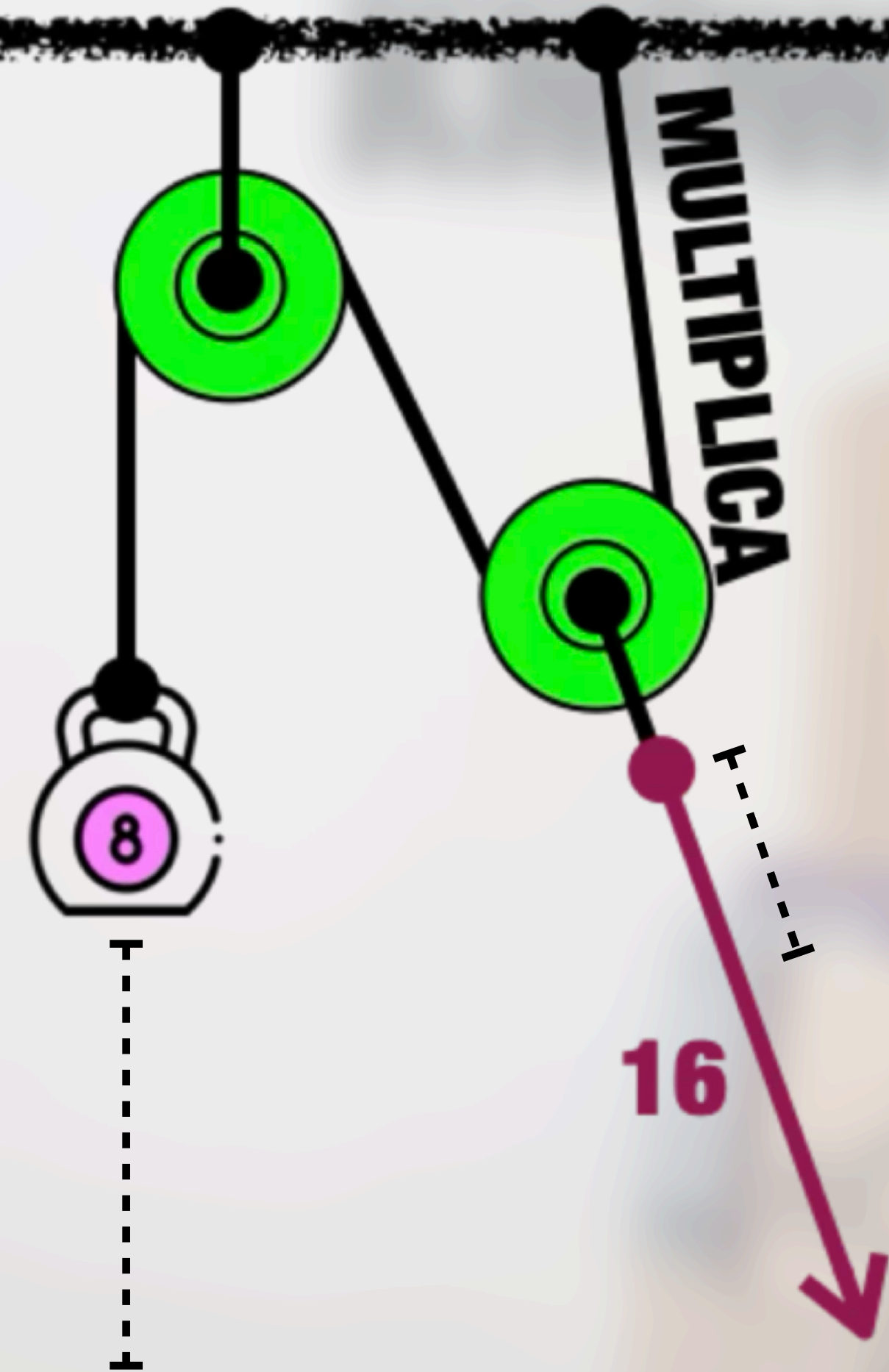
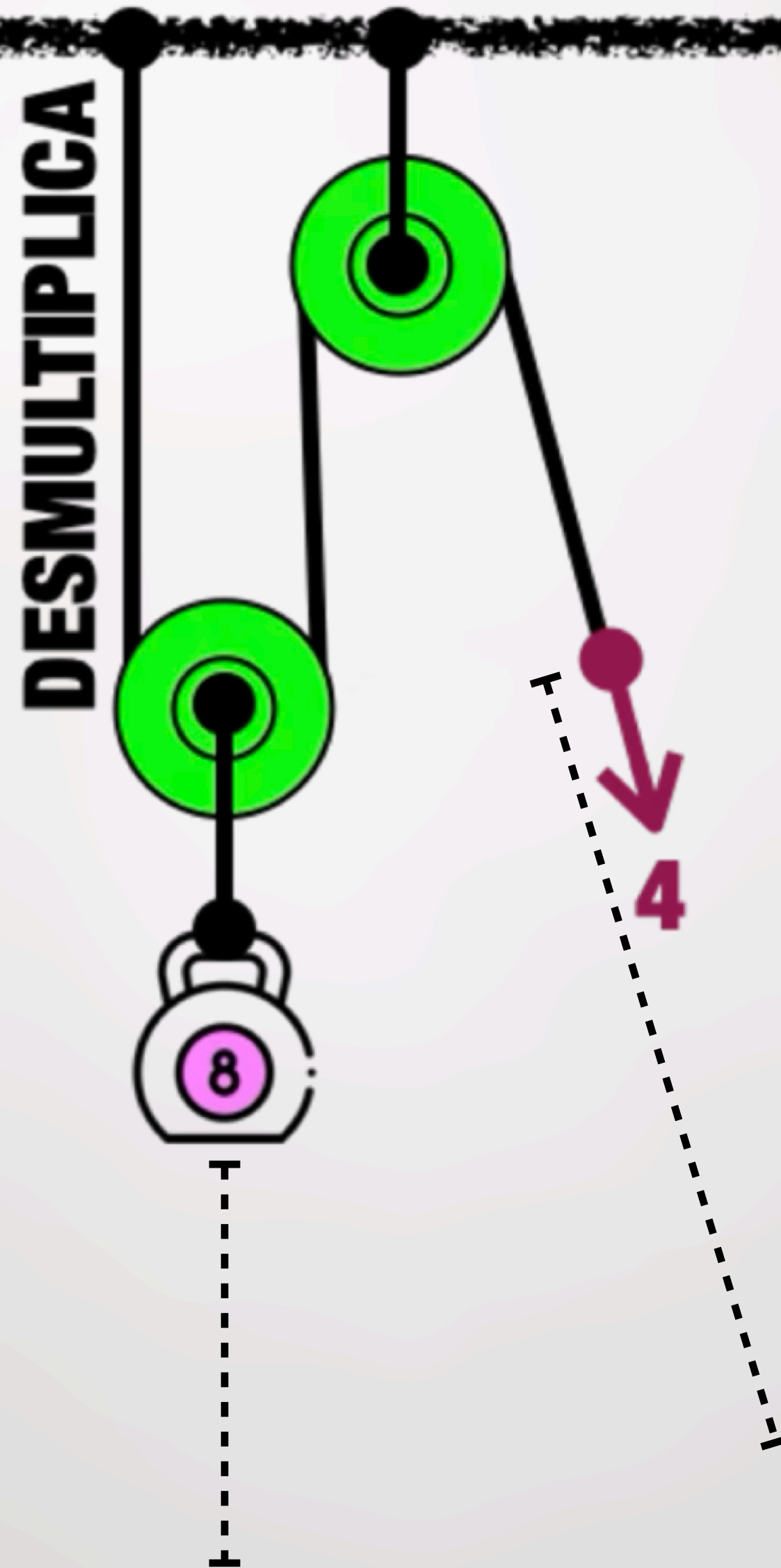
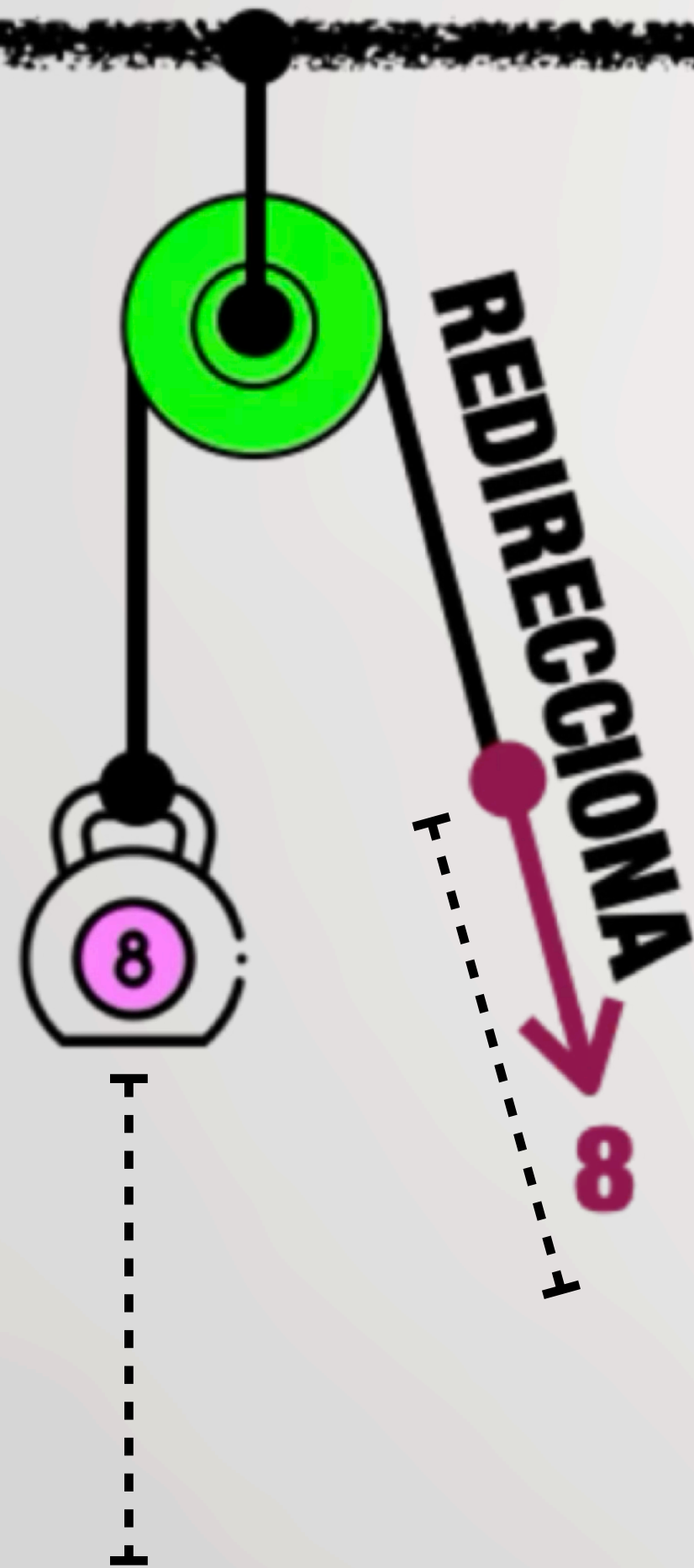


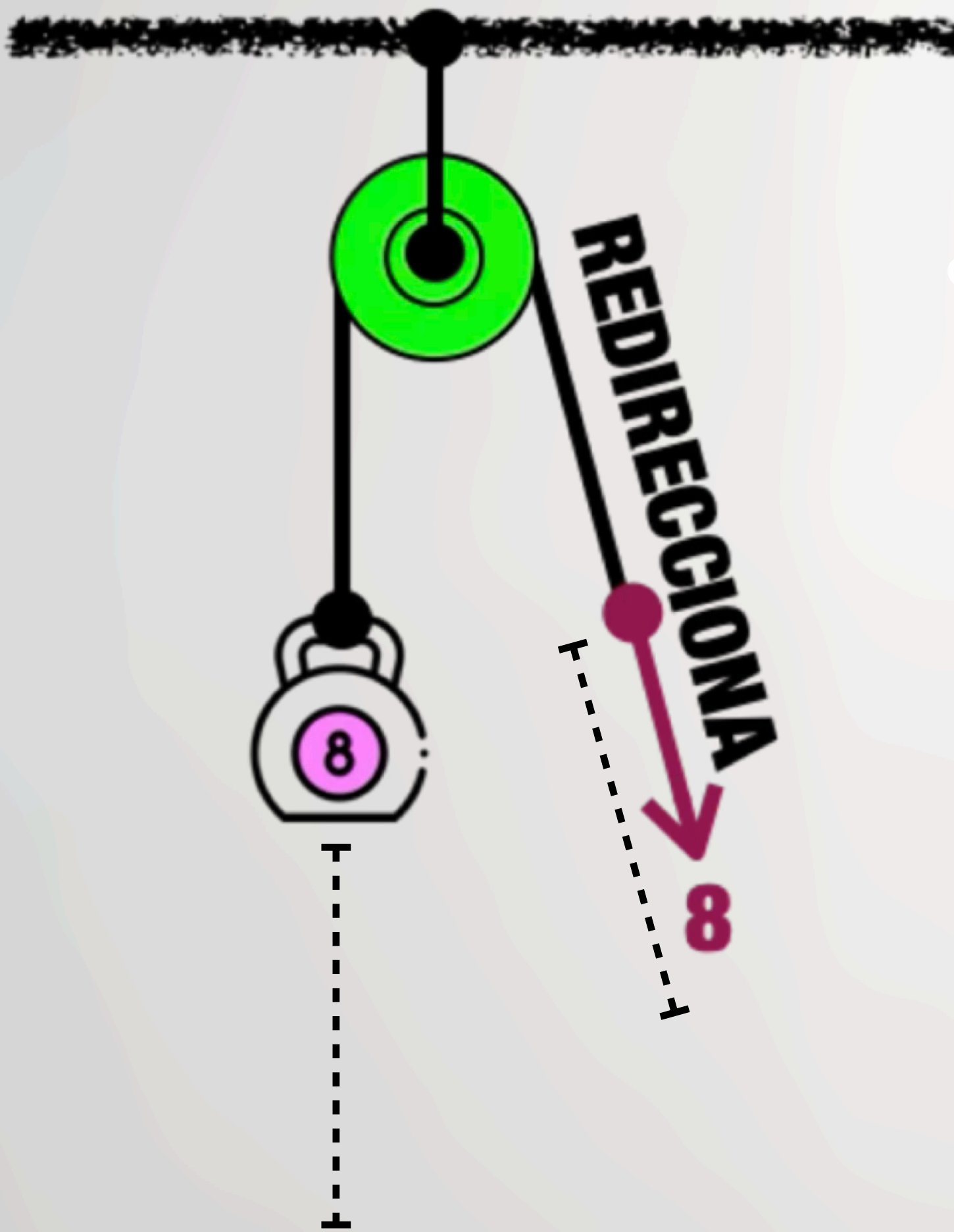
ANÁLISIS DE LOS EJERCICIOS

TIPOS Y USOS DE POLEAS



POLEAS SIMPLES Y MÓVILES





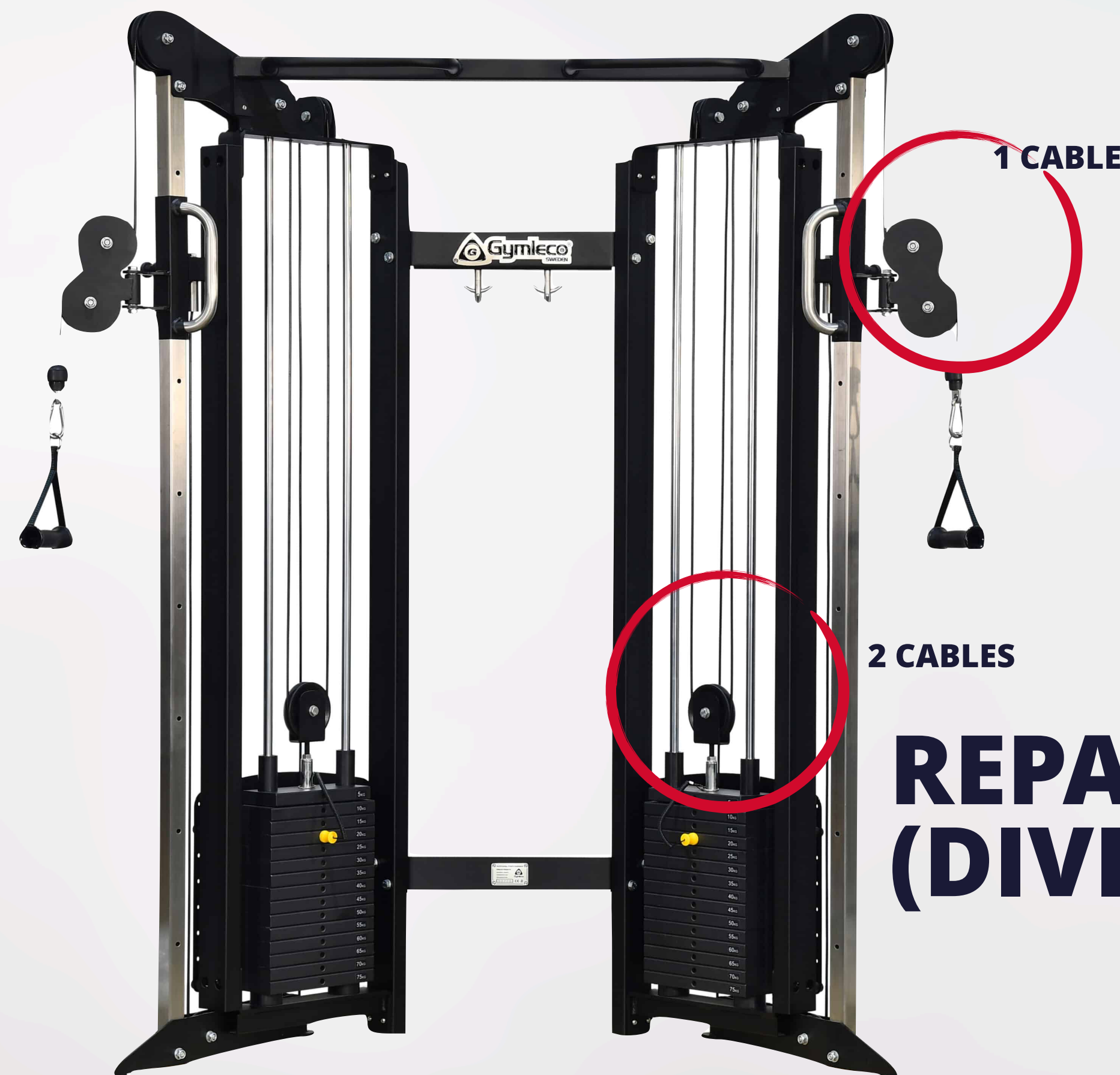
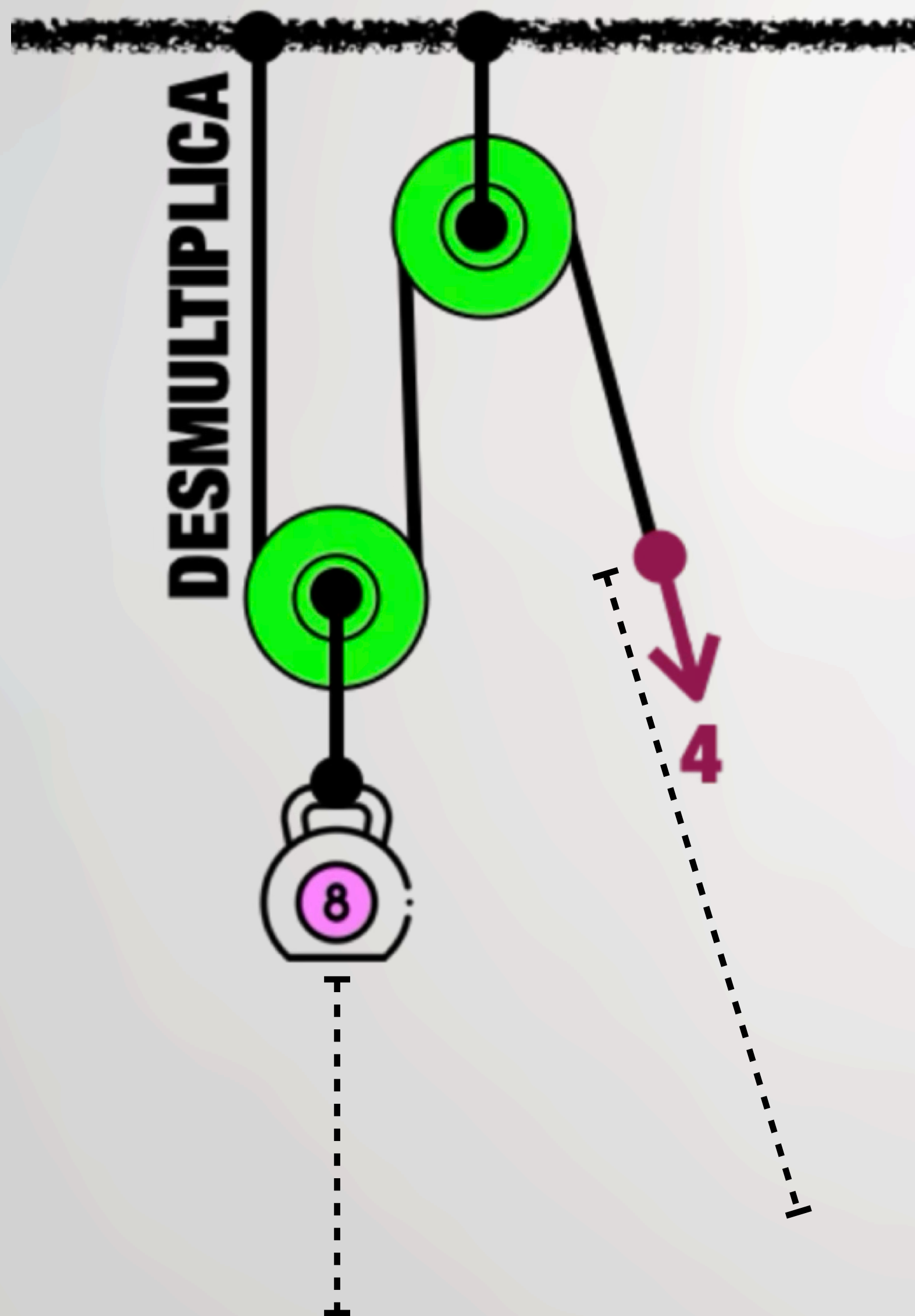
1 CABLE



1 CABLE

1:1
SE NECESITA LA MISMA FUERZA
Y EL MISMO RECORRIDO

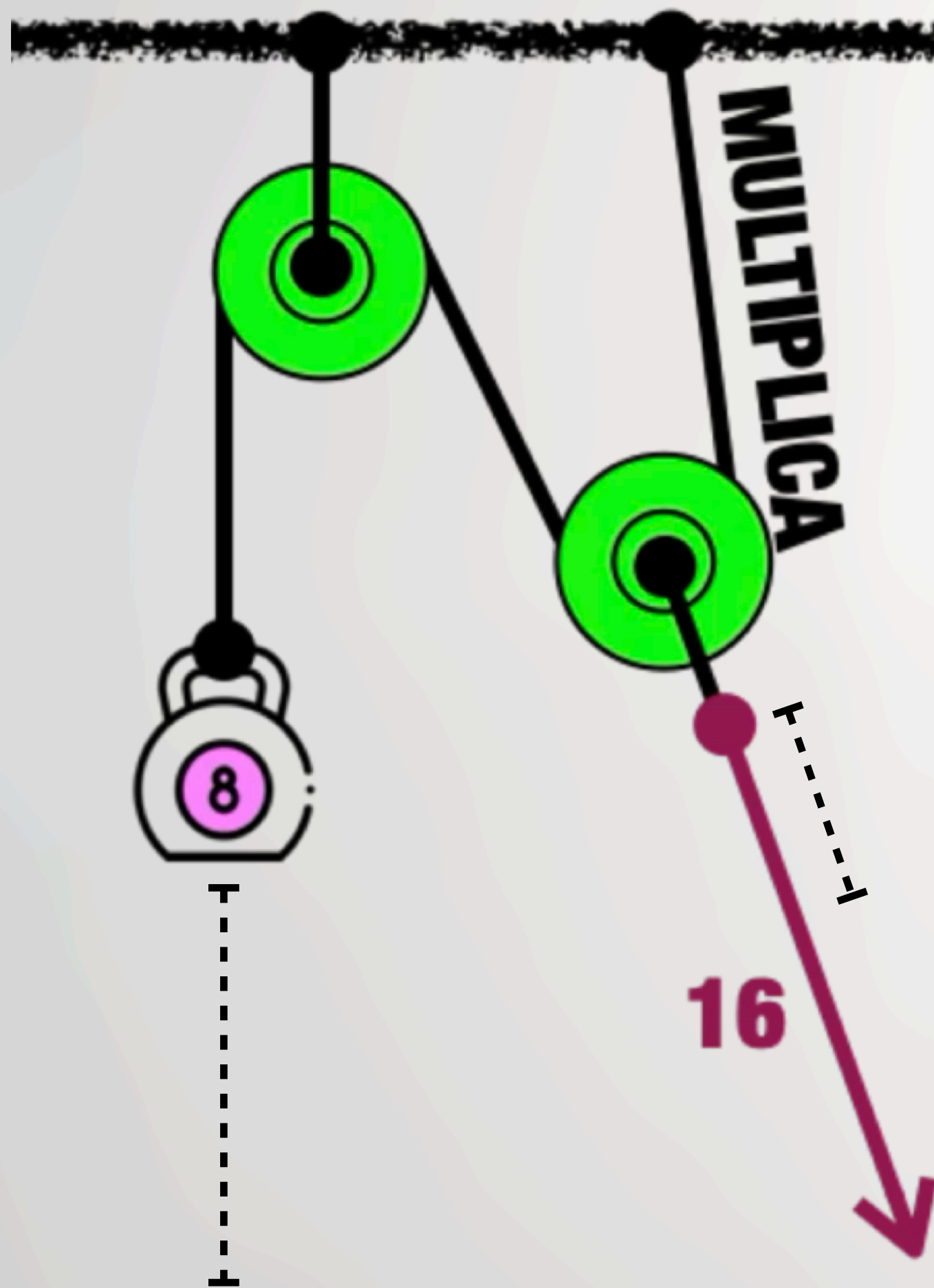
**SOLO
REDIRECCIONA**



2 CABLES

**REPARTE
(DIVIDE)**

**2:1
SE NECESITA LA MITAD DE FUERZA
PERO EL DOBLE DE RECORRIDO**



SE HACE PARA COMPENSAR LA DIFERENCIA DE PALANCAS. POR DISEÑO, LA RESISTENCIA TIENE QUE INSERTARSE MUY CERCA DEL EJE, Y POR TANTO ESTÁ EN MUCHA DESVENTAJA RESPECTO LA DISTANCIA DONDE SE UBICAN LOS PIES. ES MUY COMÚN EN LAS MÁQUINAS SELECTORIZADAS MULTIARTICULARES

MULTIPLICA (EN ESTE CASO x4)



1:4
SE NECESITA x4 DE FUERZA
PERO ÷4 DE RECORRIDO

MULTIPLICA



REPARTE & MULTIPLICA



ANÁLISIS DE LOS EJERCICIOS

DINÁMICA DE LA RESISTENCIAS

MEDIOS DE ENTRENAMIENTO

(TIPOS DE RESISTENCIAS)

INERCIALES
(DEPENDEN DE LA MASA)

PESOS LIBRES, POLEAS,
MÁQUINAS...

NO INERCIALES
(NO DEPENDEN DE LA MASA)

ELÁSTICOS, NEUMÁTICOS,
HIDRÁULICOS, MOTORIZADOS

OTROS MEDIOS

ELECTRONEUROMIOESTIMULACIÓN
SUPERFÍCIES INESTABLES...

INERCIAL \neq GRAVITACIONAL

MASA \neq PESO

INERCIALES

«un kilo no siempre
es un kilo»

PESO
($m \cdot g$)

&

...PERO...

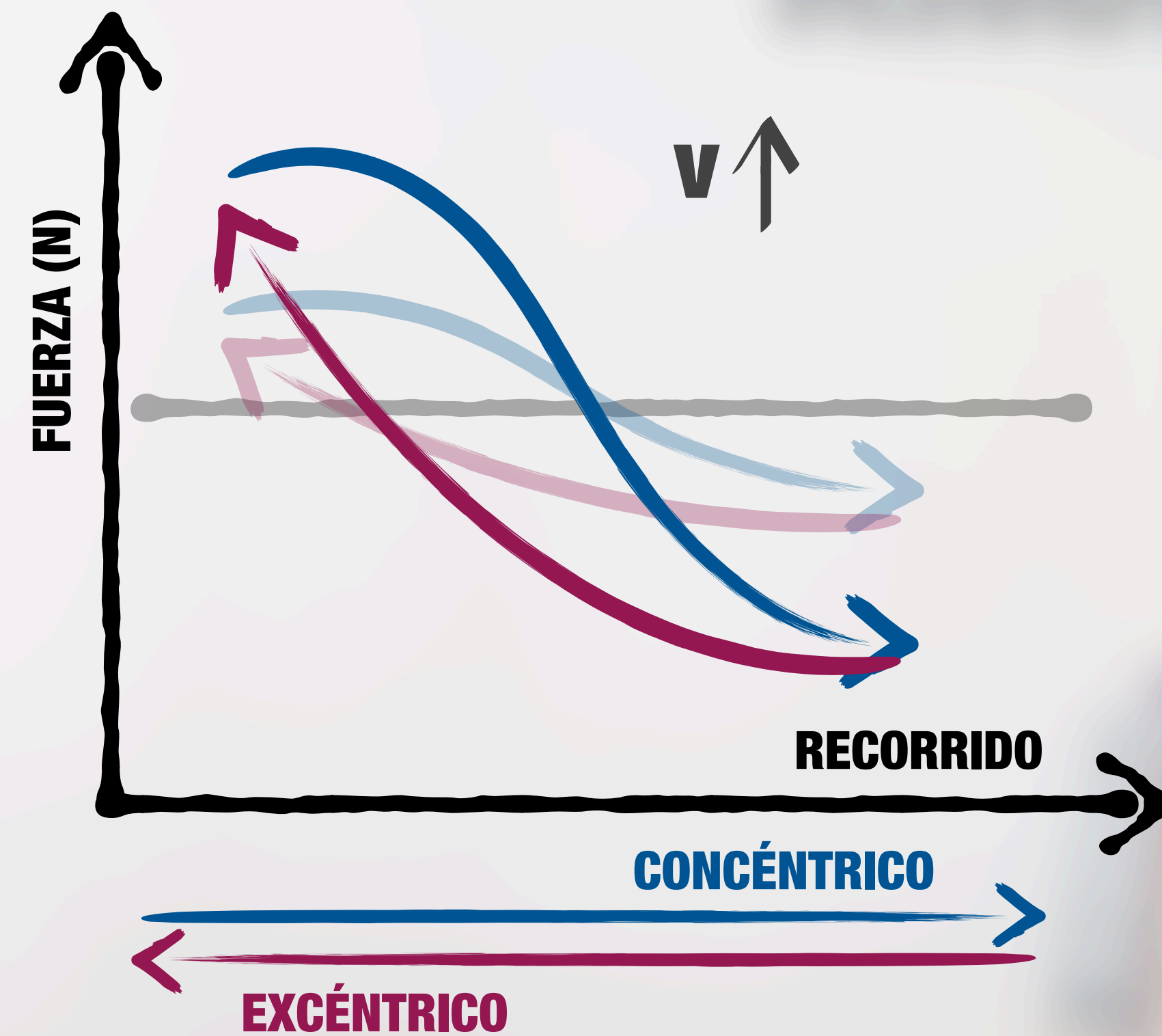
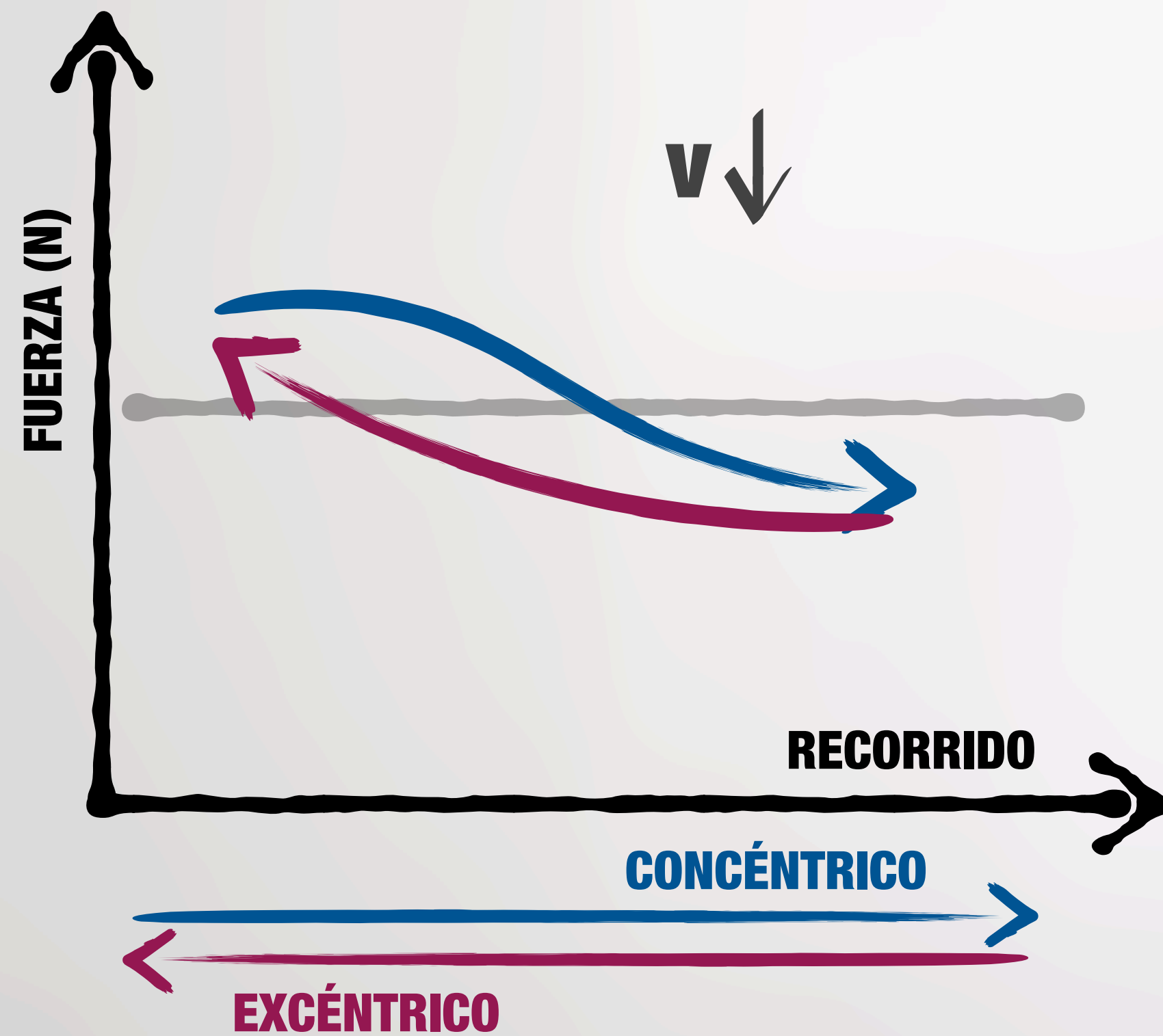
MOMENTUM
($m \cdot v$)

OFRECEN RESISTENCIA
PROPORCIONAL A SU
PESO

LA RESISTENCIA DEPENDE
DE LA VELOCIDAD
(INERCIA)

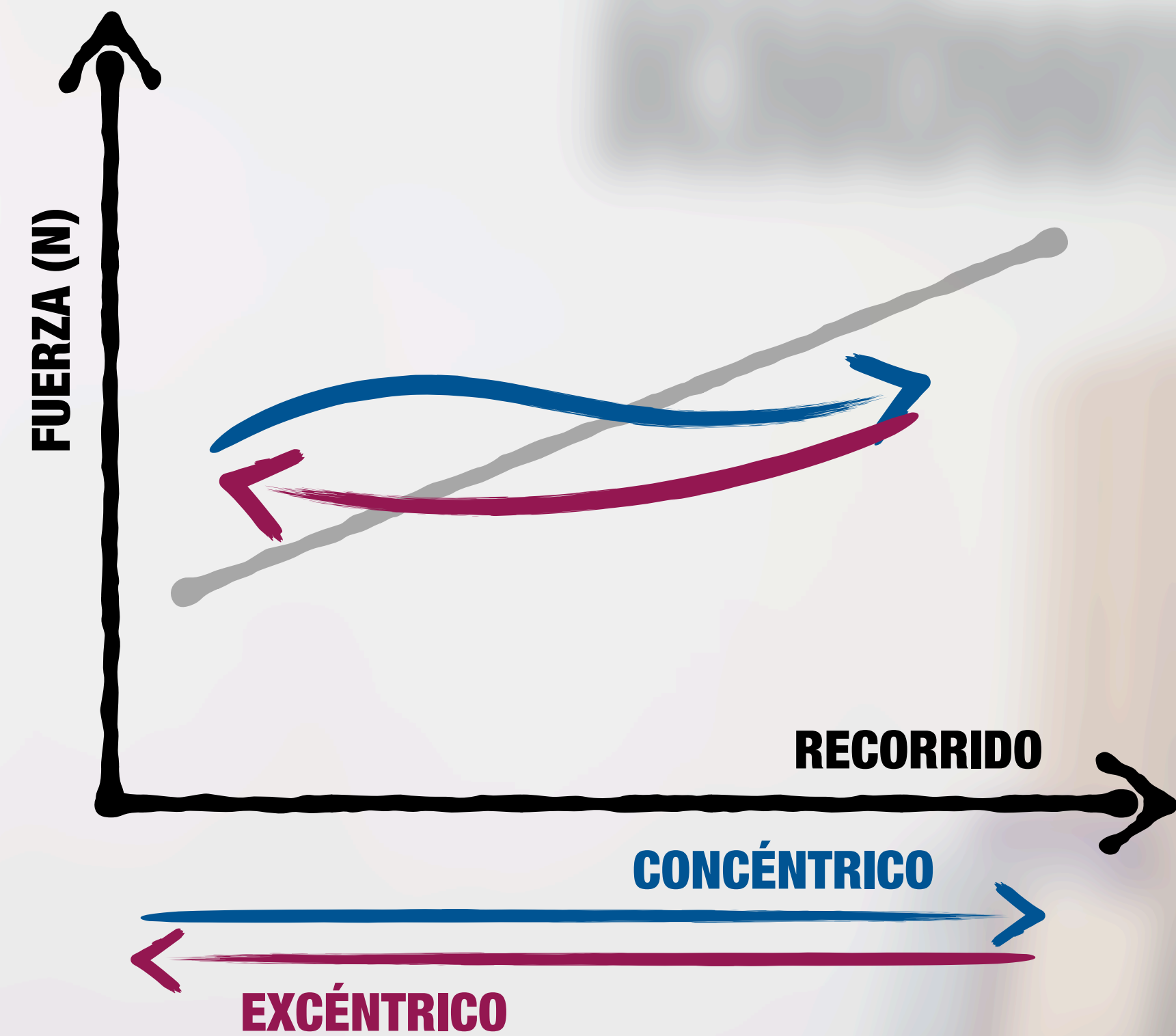


PESOS LIBRES



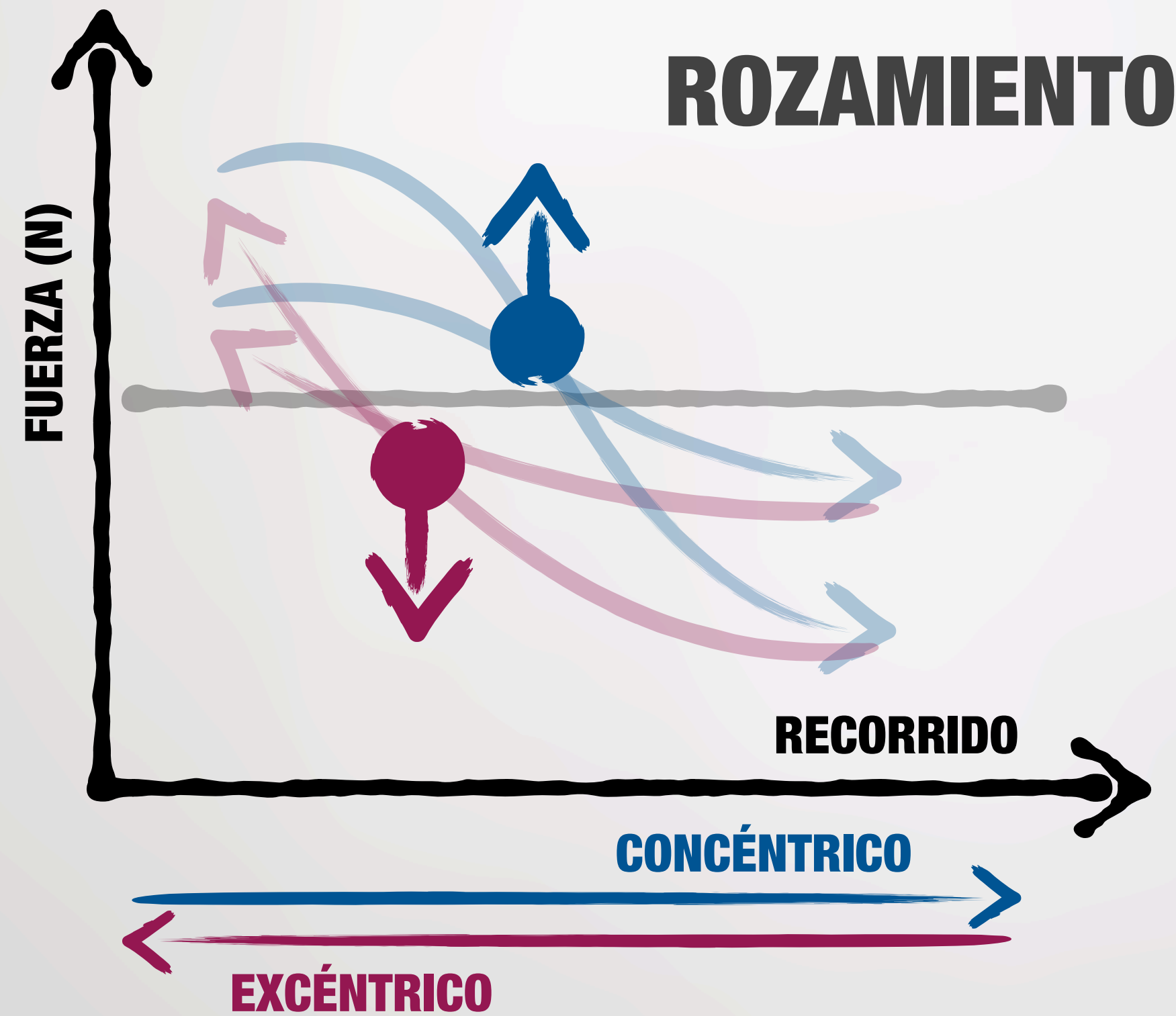
CADENAS

LASTRE vs RESISTENCIA VARIABLE

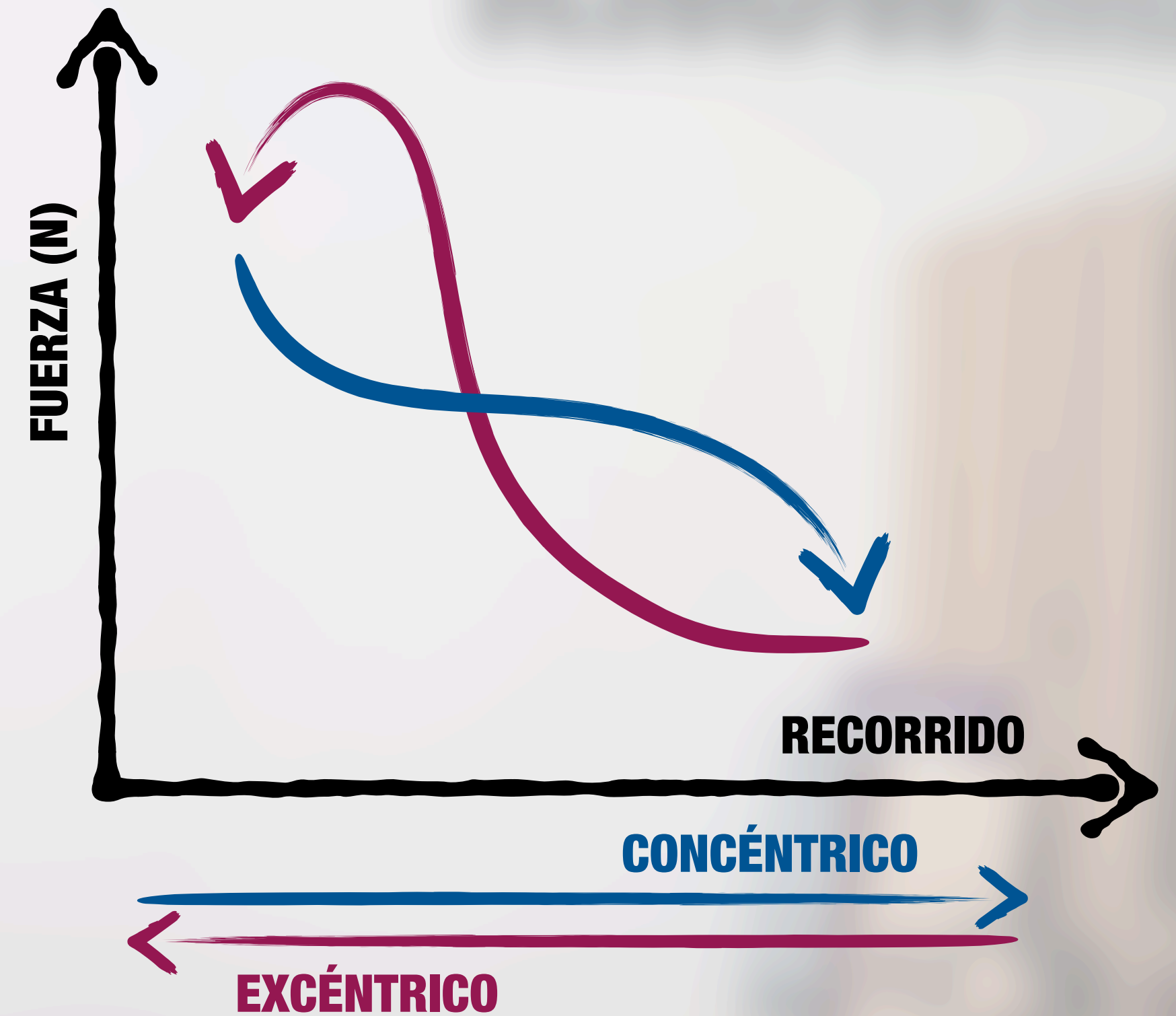
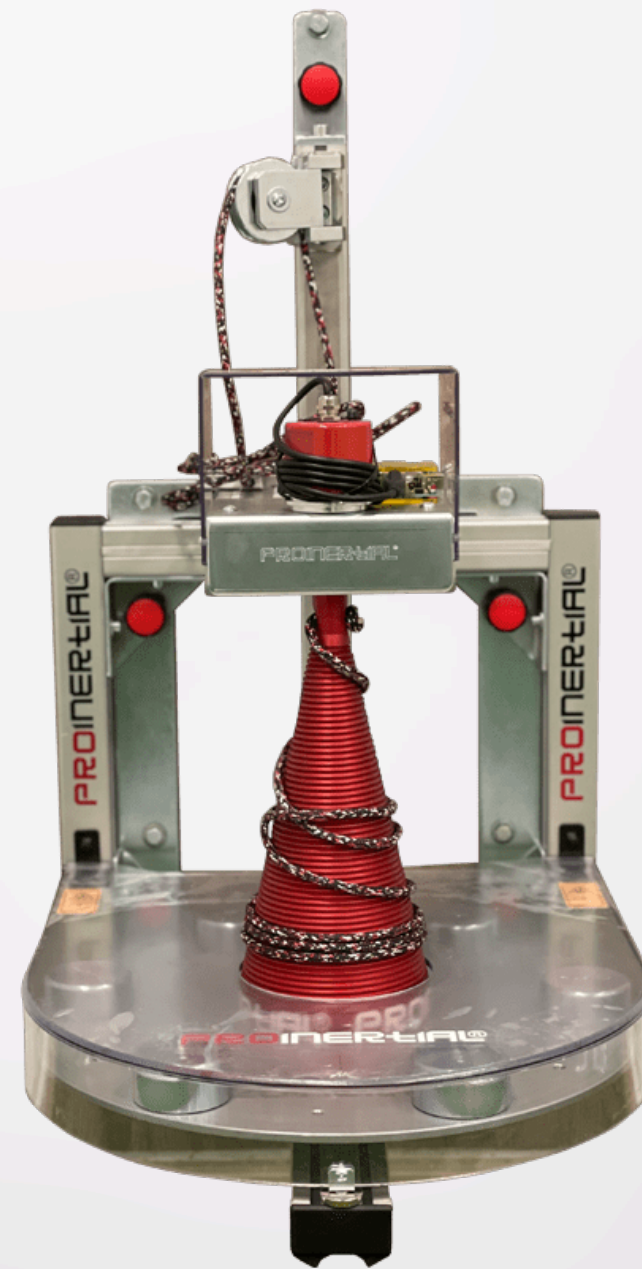


MÁQUINAS Y POLEAS

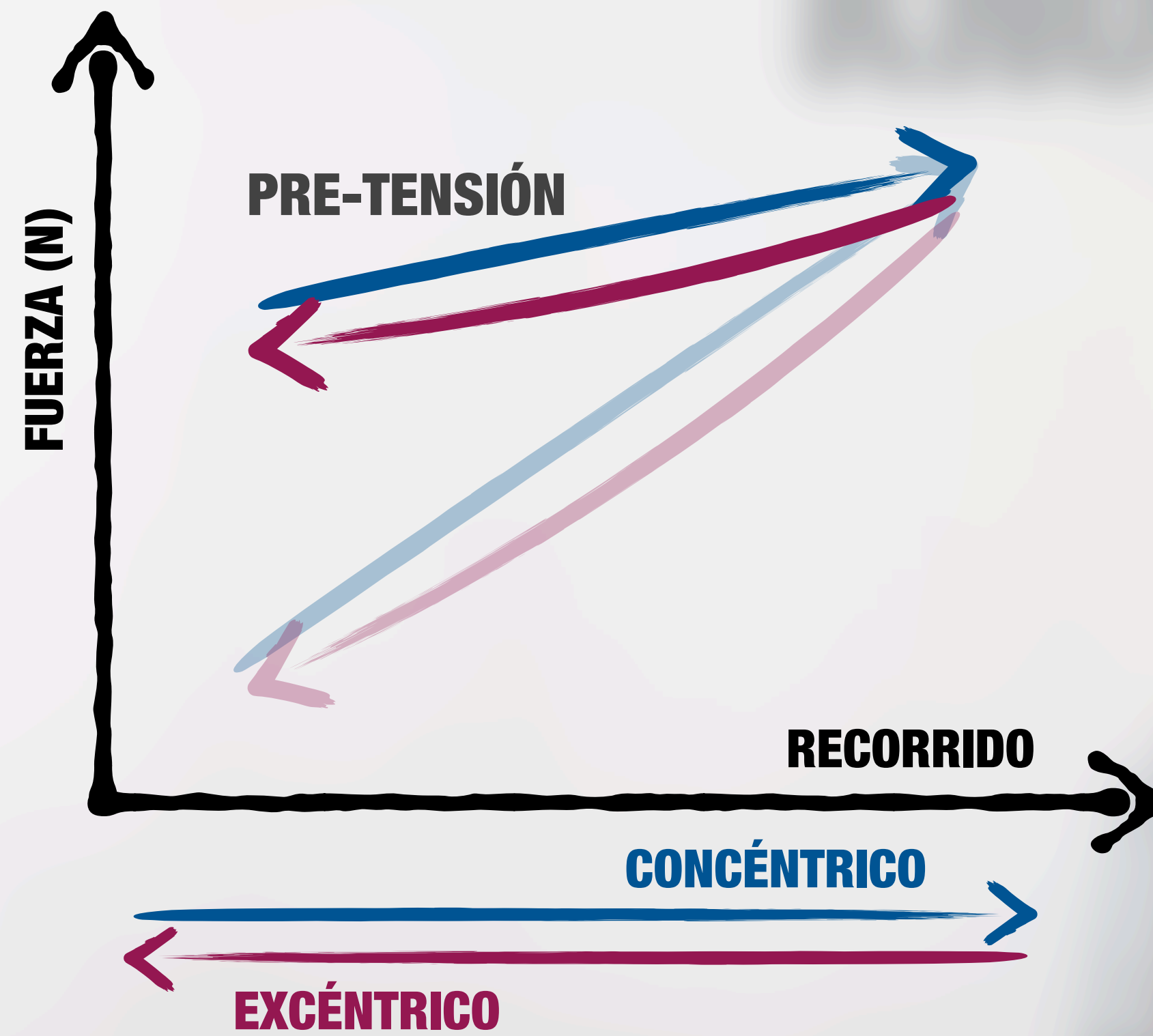
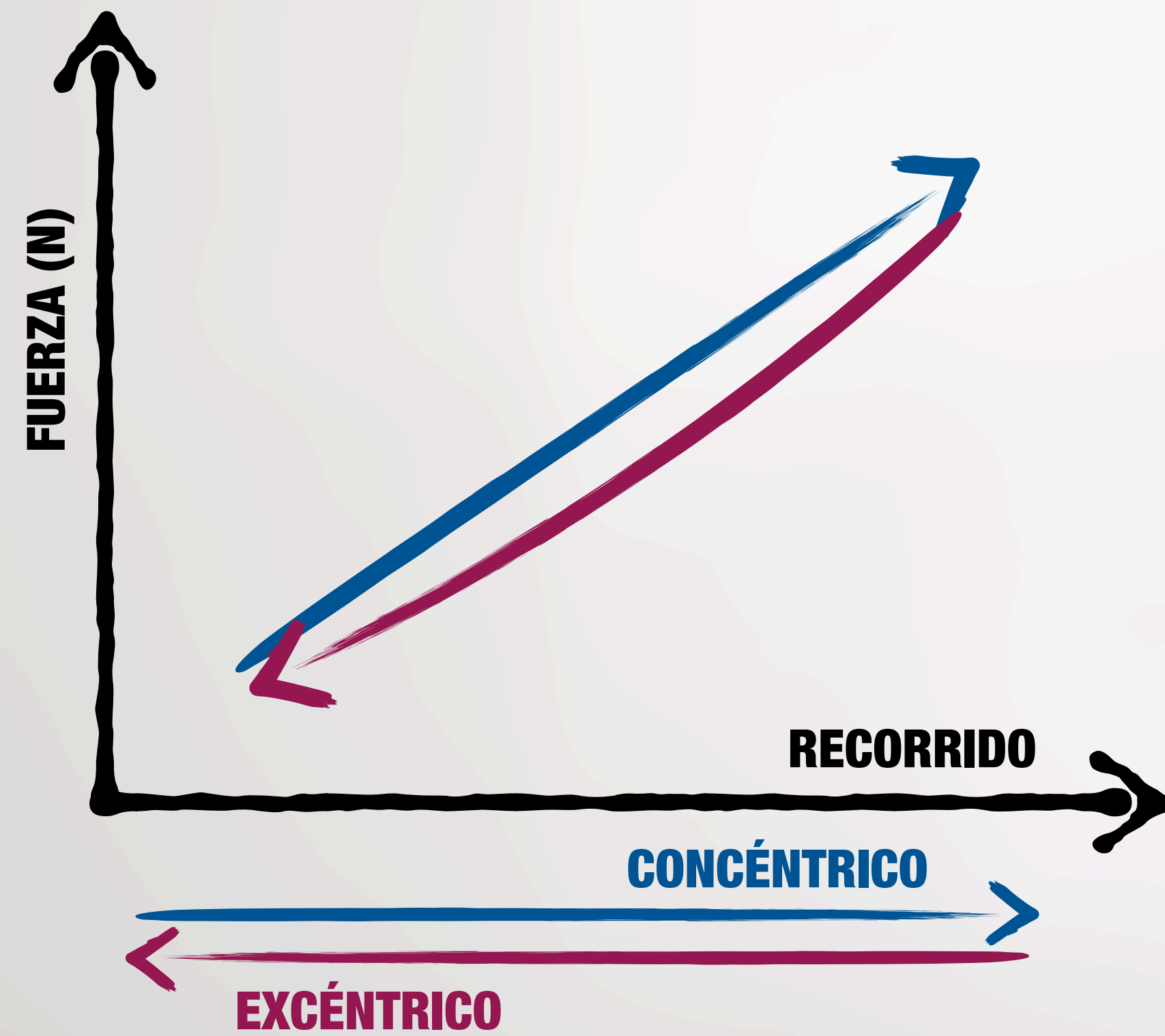
*
DIFERENTES
GRADOS DE
LIBERTAD



CÓNICAS & YOYO (FLYWHEEL)



ELÁSTICOS



$$F = k \Delta x$$

NEUMÁTICA

AIRE COMPRIMIDO



HIDRÁULICA

PISTÓN HIDRÁULICO



INERCIAL

**DEPENDE DE
LA VELOCIDAD**

PICO DE RESISTENCIA EXC-CON

PESOS LIBRES, POLEAS, MÁQUINAS...

**CADENAS
(PESO VARIABLE)**

**DEPENDE DEL
RECORRIDO**

PICO DE RESISTENCIA CON-EXC

ELÁSTICOS

**NO DEPENDE DE
LA VELOCIDAD NI
RECORRIDO**

NO HAY PICOS DE RESISTENCIA

NEUMÁTICAS E HIDRÁULICAS (*CON-CON)

**RESISTENCIA
PROGRAMABLE**

MOTORIZADAS

**NO INERCIAL
(CONSTANTE)**

**NO INERCIAL
(VARIABLE)**

ANÁLISIS DE LOS EJERCICIOS

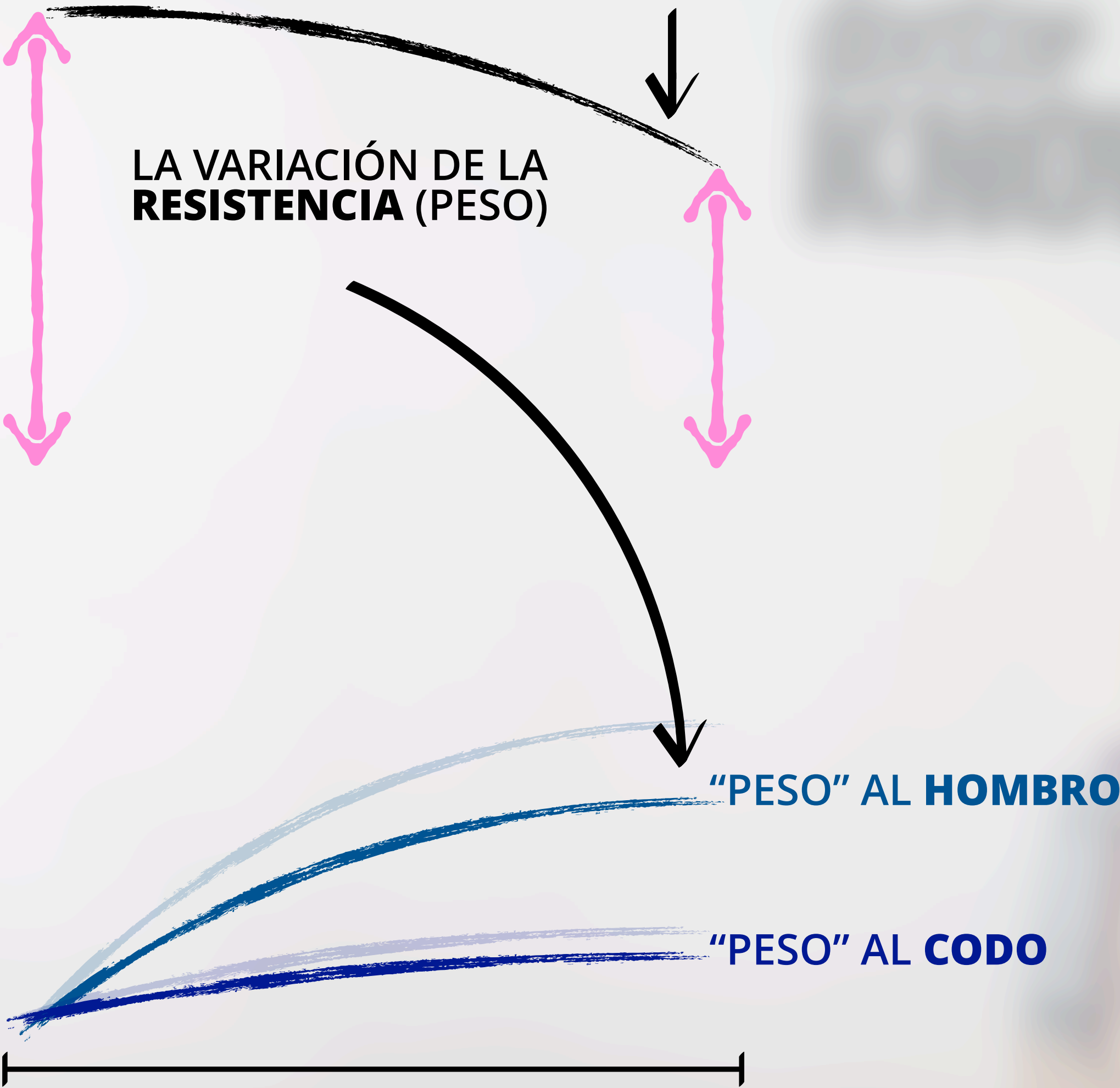
RESUMEN DEL PERFIL DE RESISTENCIAS



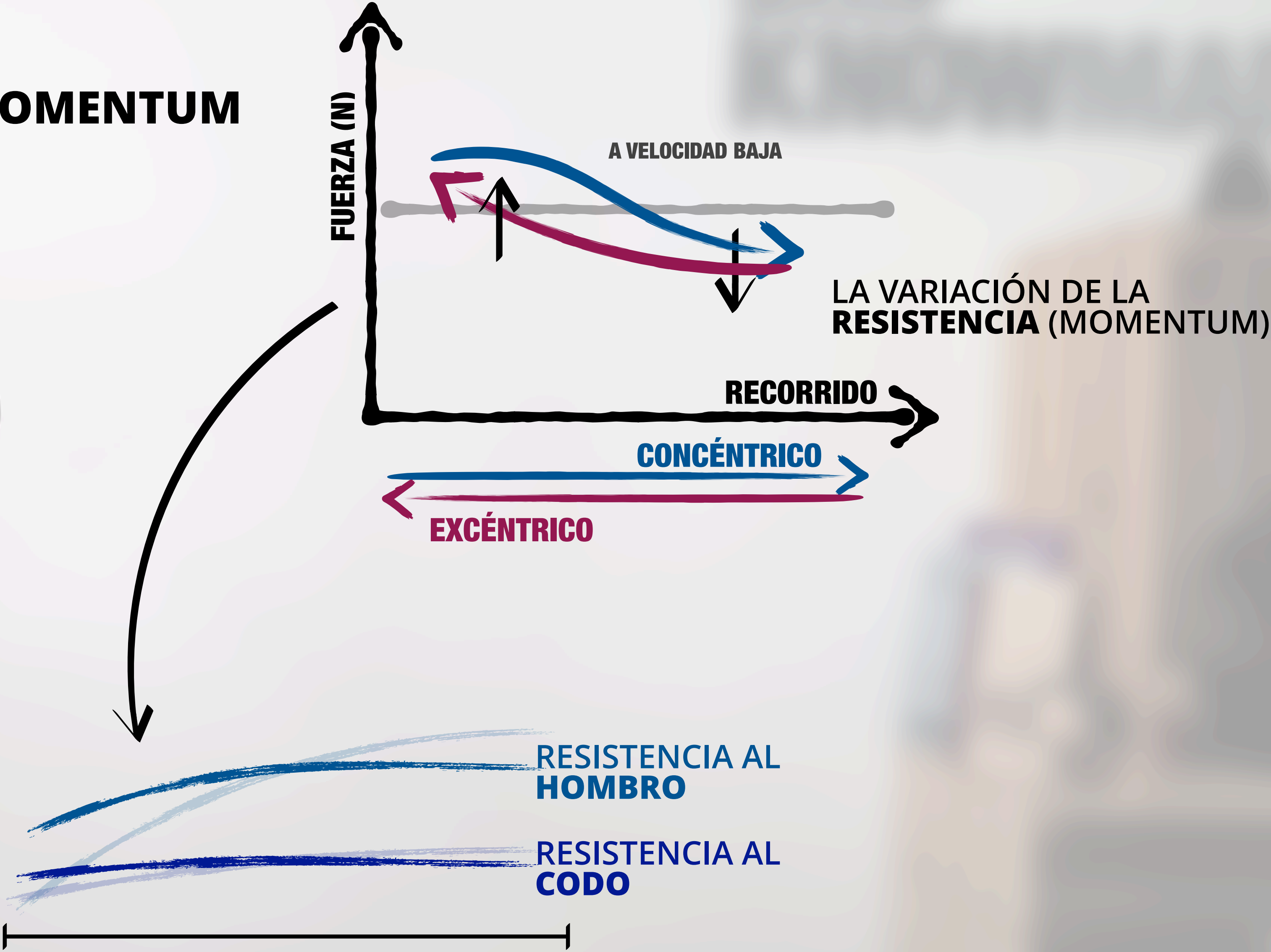
BRAZOS DE MOMENTO



BRAZOS DE MOMENTO + PESO



BRAZOS DE MOMENTO + PESO + MOMENTUM



**¿Y CÓMO SE COMPORTAN LOS
MÚSCULOS QUE DEBEN HACER
FRENTE A ESAS DEMANDAS?**



**RESISTENCIA AL
HOMBRO**

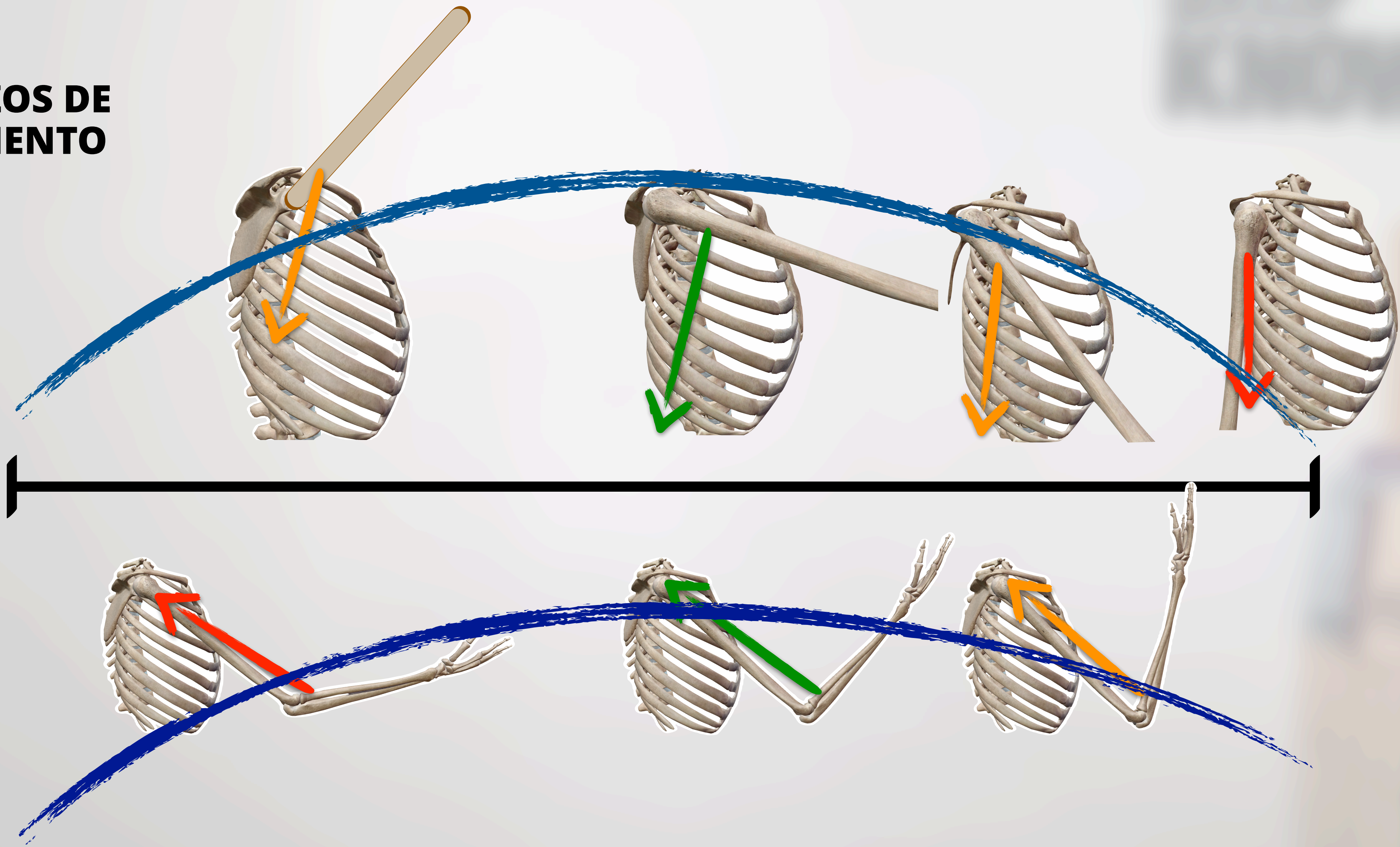
**RESISTENCIA AL
CODO**

ANÁLISIS DE LOS EJERCICIOS

PERFIL DE FUERZAS DE LOS MÚSCULOS

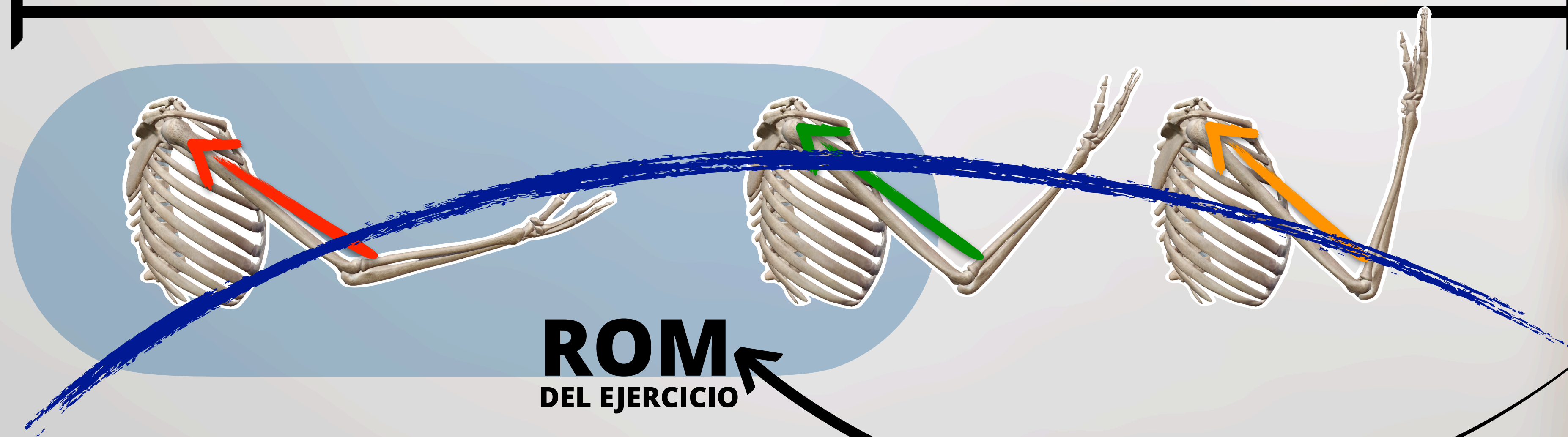
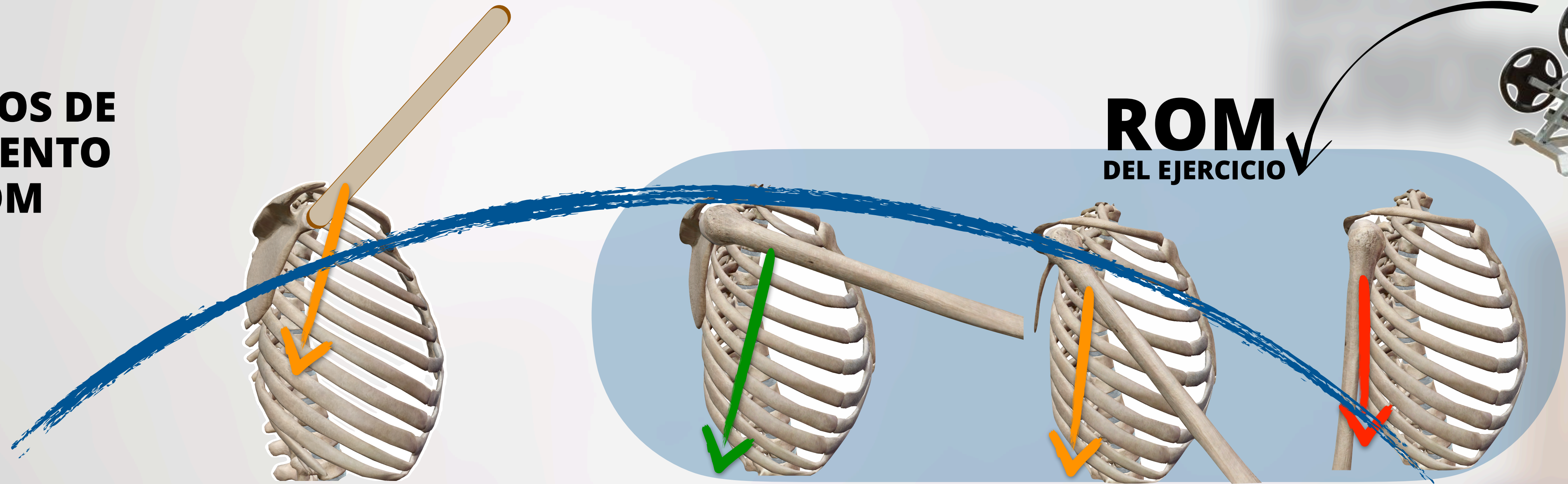


**BRAZOS DE
MOMENTO**



BRAZOS DE MOMENTO vs ROM

ROM ✓
DEL EJERCICIO

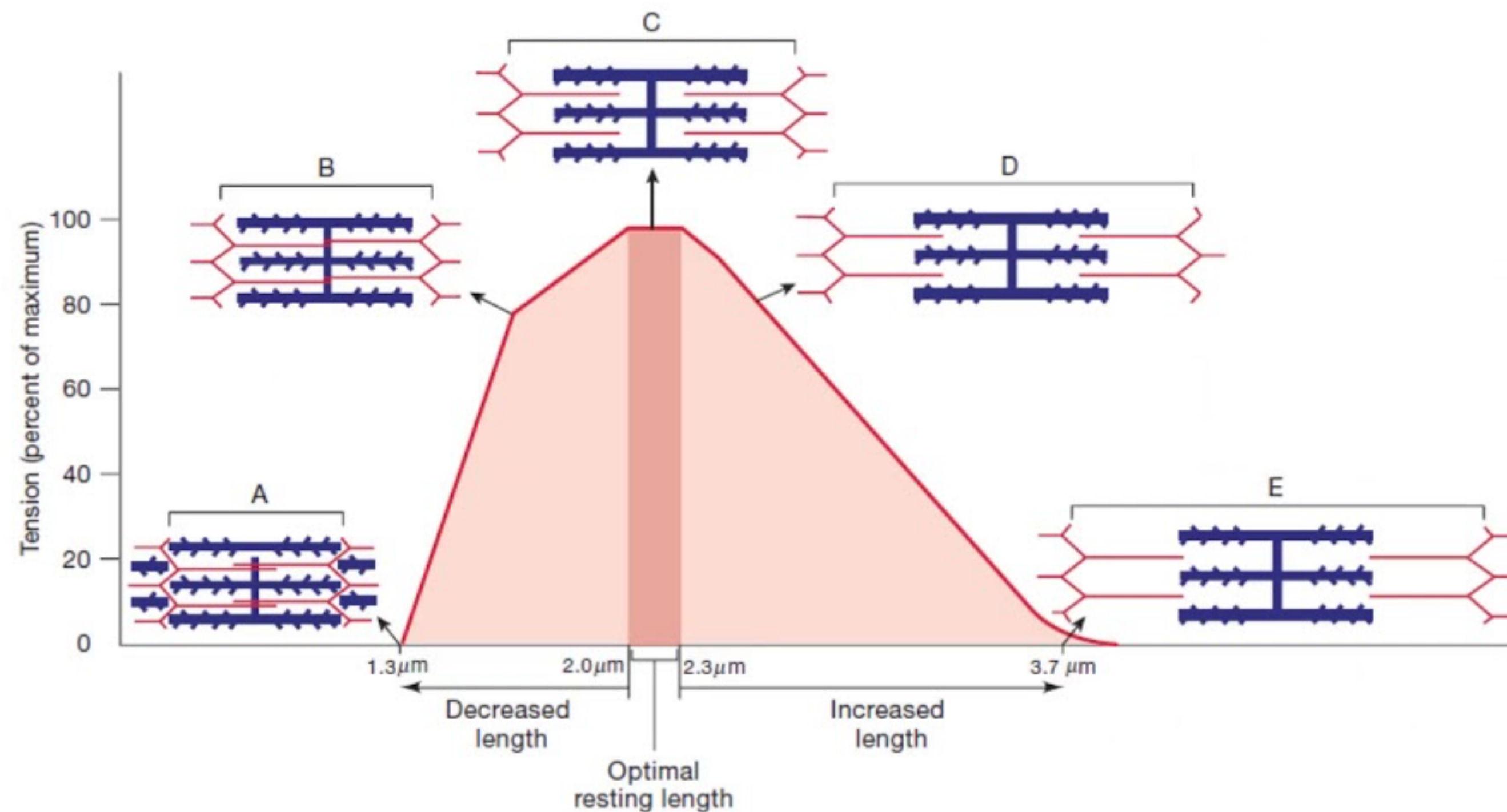


ROM ←
DEL EJERCICIO

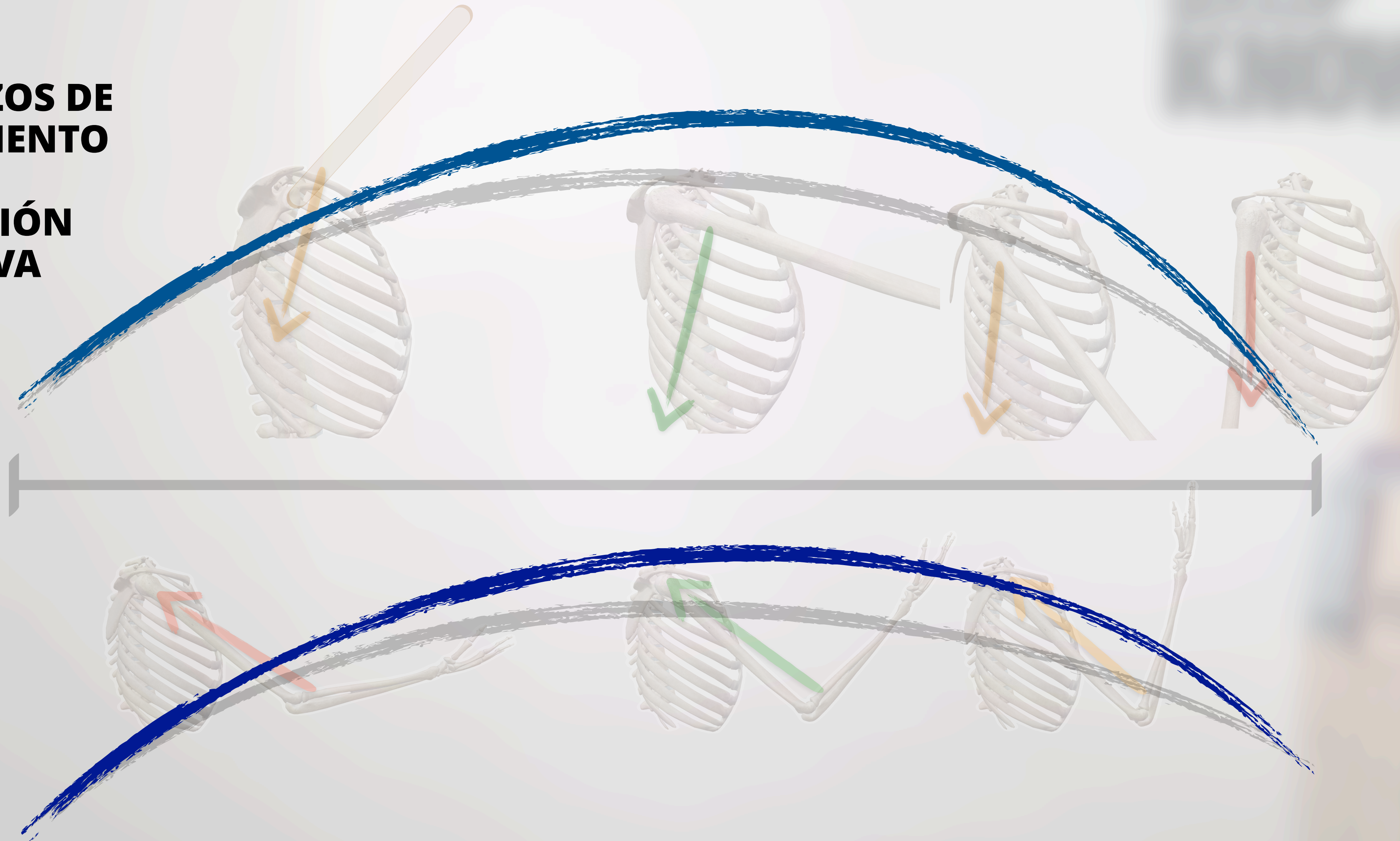
TENSIÓN ACTIVA

ESTE GRÁFICO TIENE EL
ESTIRAMIENTO A LA
DERECHA Y EL
ACORTAMIENTO A LA
IZQUIERDA

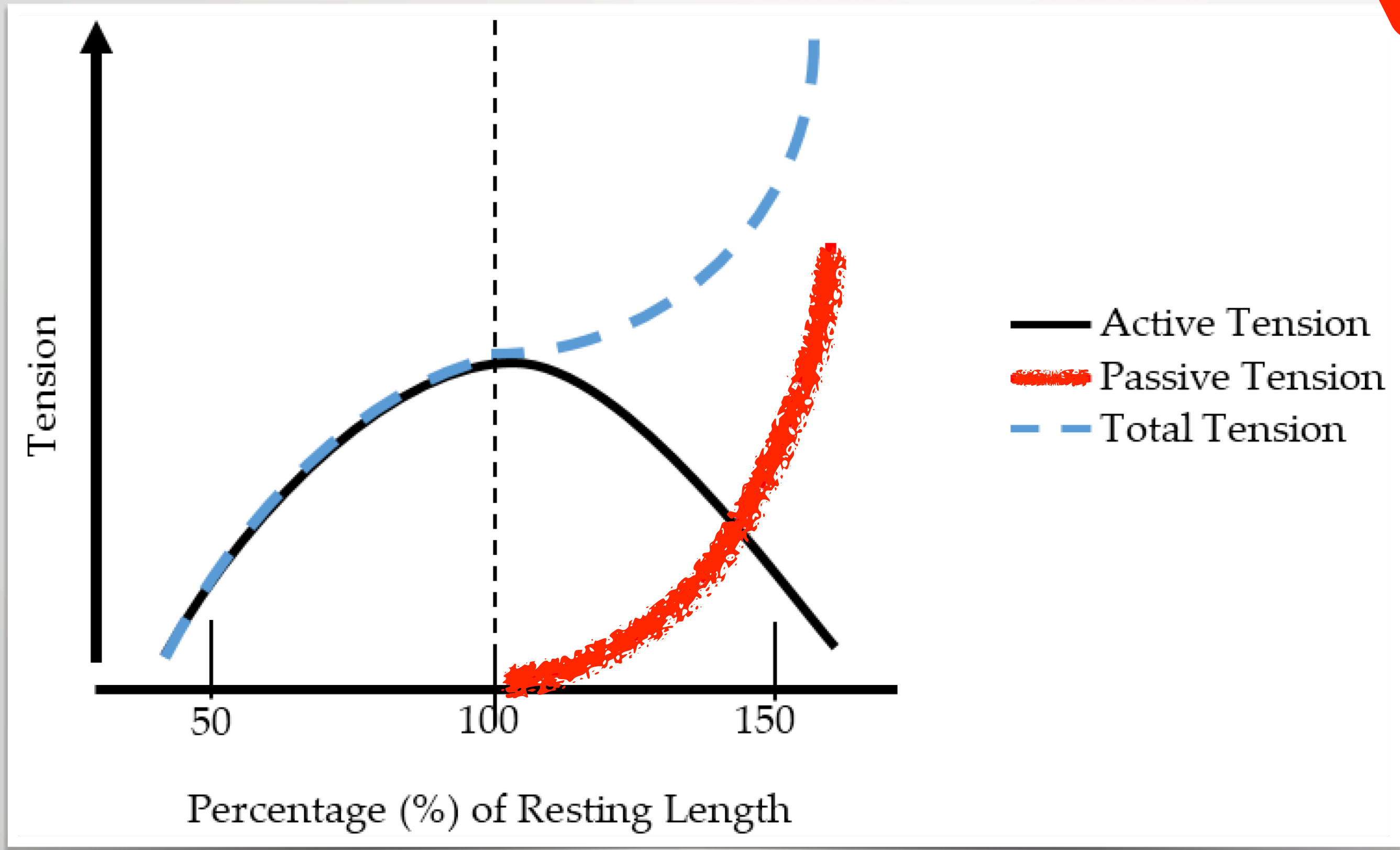
LO USAREMOS GIRADO



**BRAZOS DE
MOMENTO
+
TENSIÓN
ACTIVA**



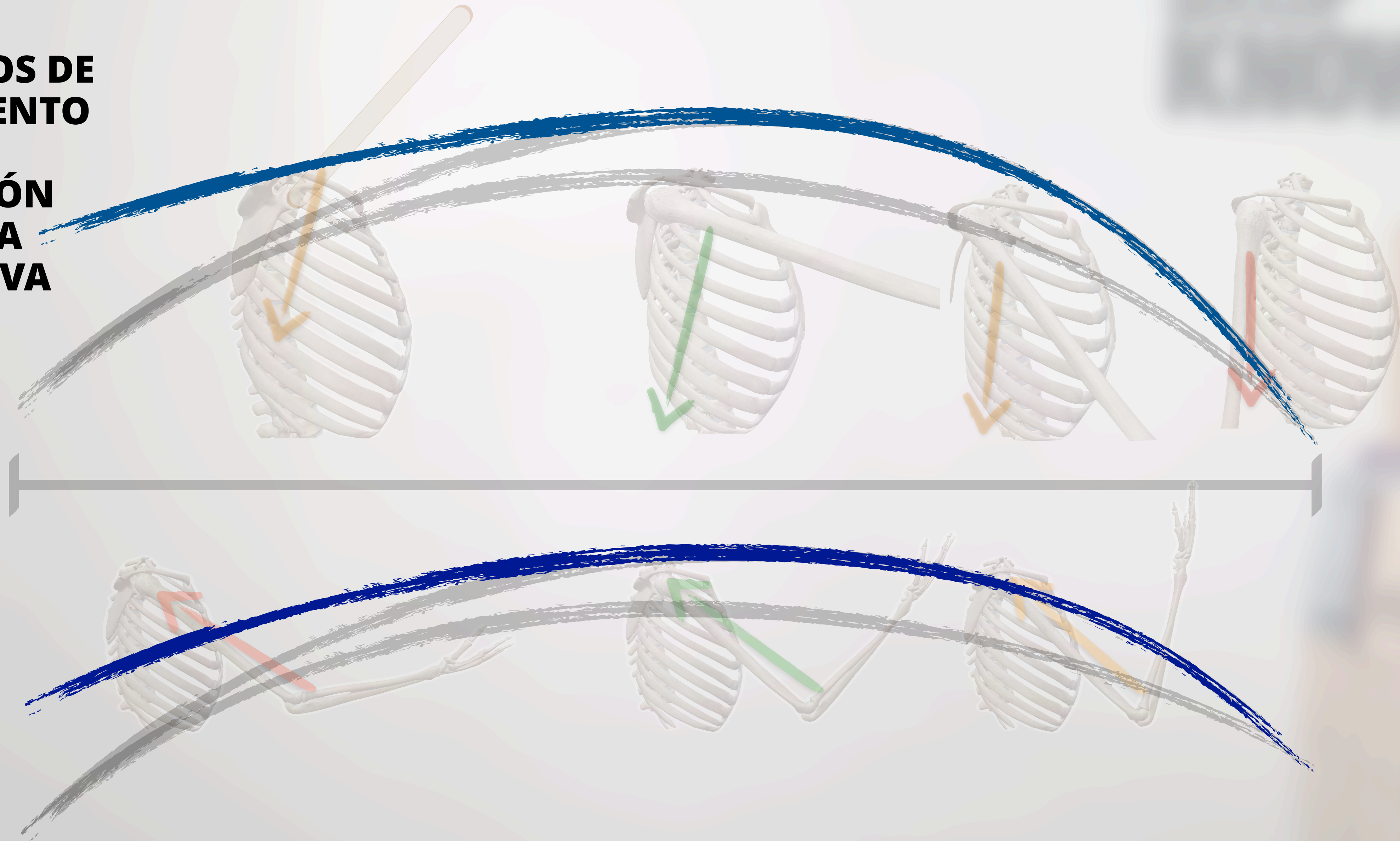
TENSIÓN PASIVA



ESTE GRÁFICO TIENE EL ESTIRAMIENTO A LA DERECHA Y EL ACORTAMIENTO A LA IZQUIERDA

LO USAREMOS GIRADO

**BRAZOS DE
MOMENTO
+
TENSION
ACTIVA
+ PASIVA**



PERFIL DE FUERZA vs ROM

ROM
DEL EJERCICIO

PERFIL DESCENDENTE

PERFIL ASCENDENTE

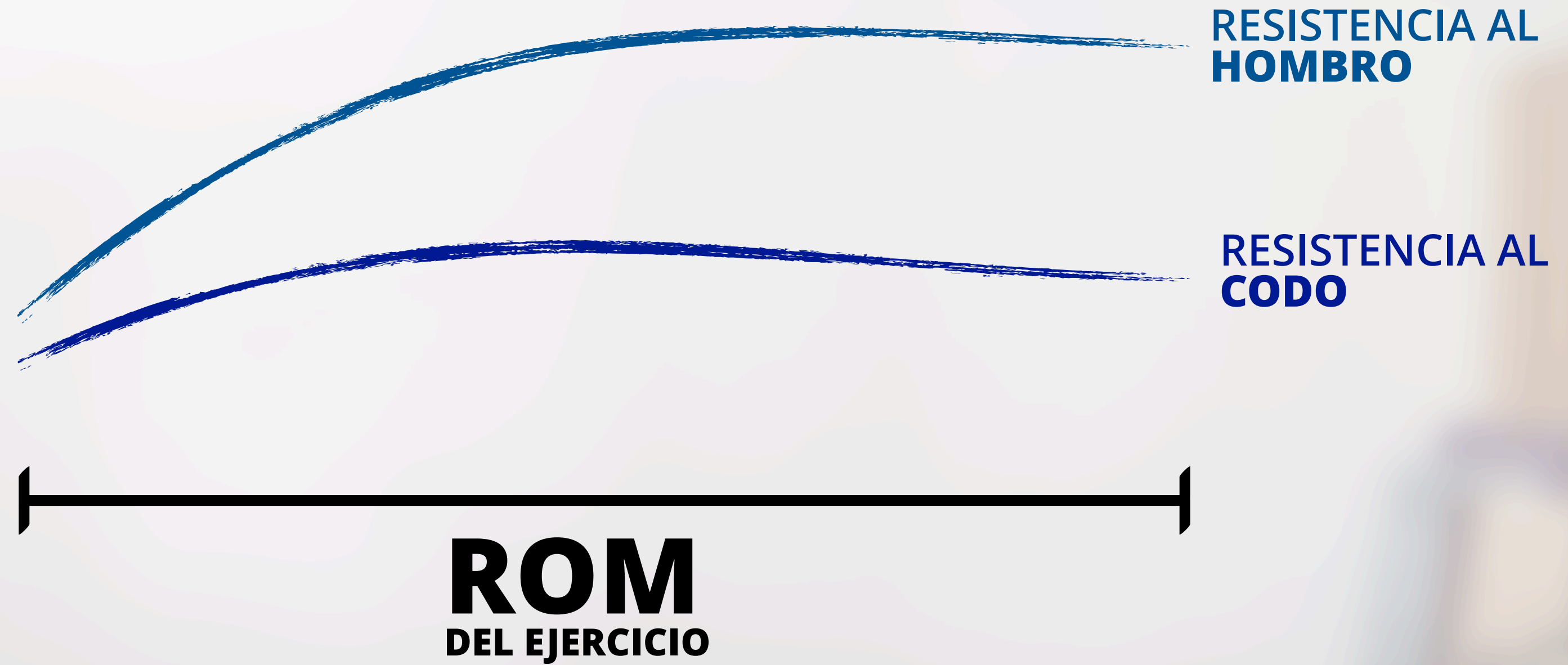
ROM
DEL EJERCICIO



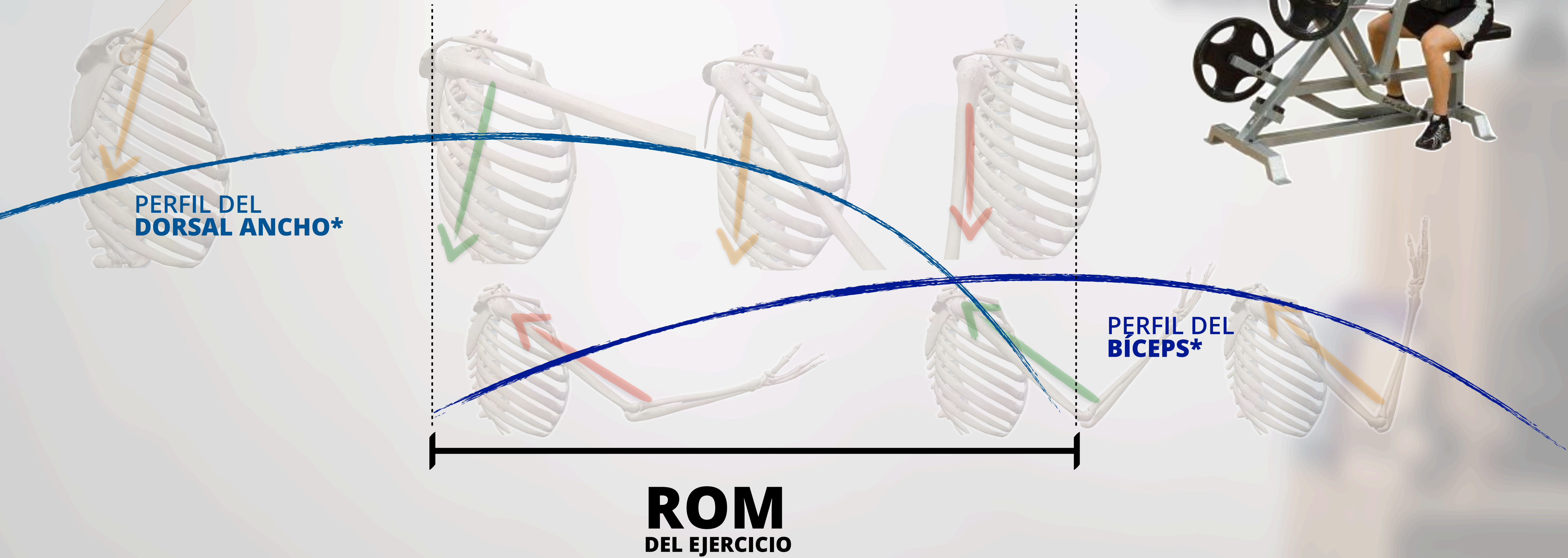
ANÁLISIS DE LOS EJERCICIOS

CONTRASTE DE PERFILES

PERFILES DE RESISTENCIA



PERFILES DE FUERZA



PERFILES DE FUERZA vs PERFILES DE RESISTENCIA

