



# Electromiografía y fatiga muscular: usos en laboratorio y ambientes industriales



Dr. Juan Luis Hernández Arellano

Investigador de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Director ErgoTech.Mx

ERGOTECH MÉXICO



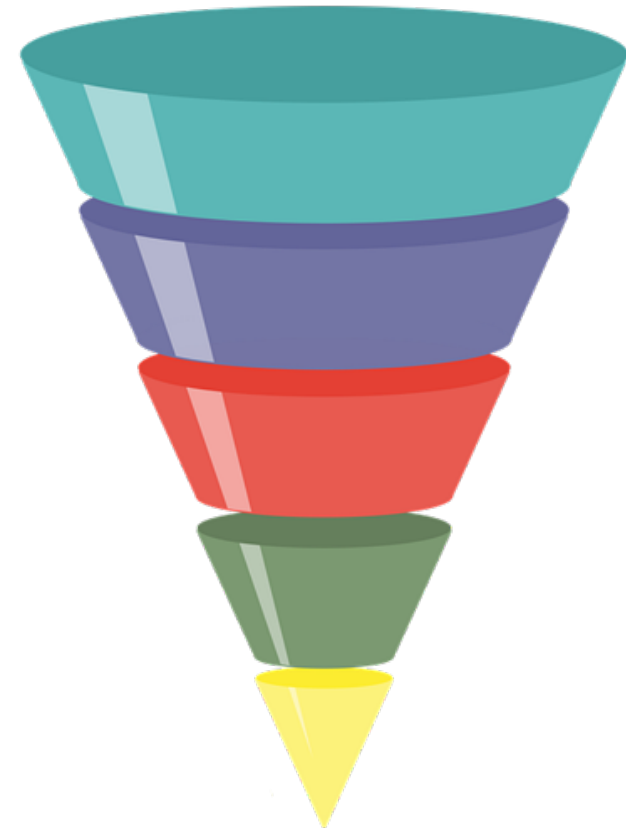
Laboratorio de diseño ergonómico de producto

# Contenido

- El proceso de evaluación ergonómica
- Estudios específicos
- Electromiografía
- Usos prácticos
- Usos en laboratorio
- Conclusiones

# El proceso de evaluación ergonómica

- En el proceso de evaluación ergonómica debemos comenzar de lo general hasta llegar a lo particular.



# El proceso de evaluación ergonómica

- De manera general, hacemos lo siguiente:
  - Reconocimiento de áreas de trabajo
  - Análisis de estadísticas de la empresa
  - Diagnósticos de líneas de producción
  - Evaluaciones ergonómicas
  - Elaboración de propuestas de modificación/diseño/rediseño de métodos/áreas/estaciones de trabajo
  - Implementación
  - Seguimiento

# Ciclo de la evaluación ergonómica



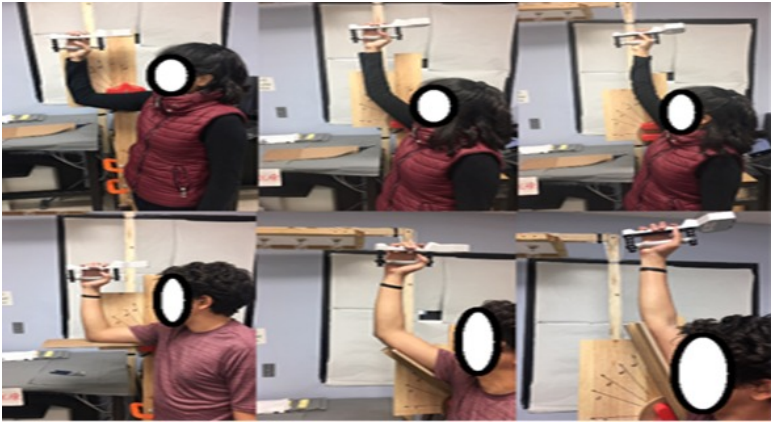
# Evaluaciones en ergonomía

- Indirectas
  - Métodos de evaluación
  - Aplicación de encuestas
  - Observación
- Directas/específicos
  - Estudios donde se miden las variables con instrumentos aprobados
- Mixtas
  - Se combinan ambos enfoques para fortalecer los resultados de los estudios

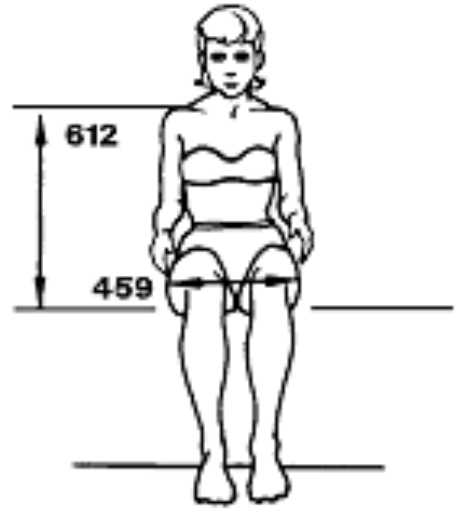
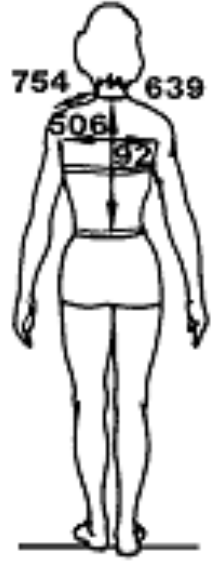
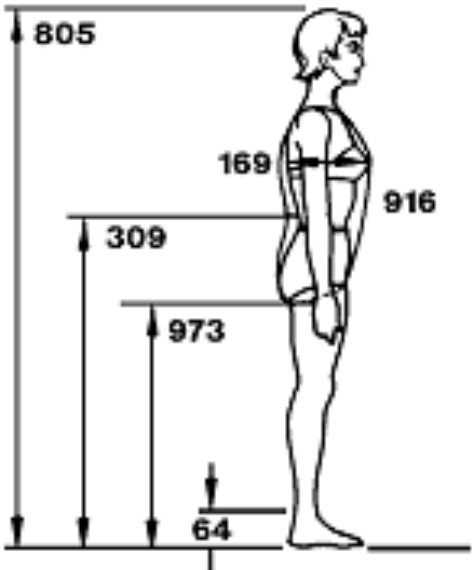


**Estadística y  
análisis de datos**

# Estudios específicos.

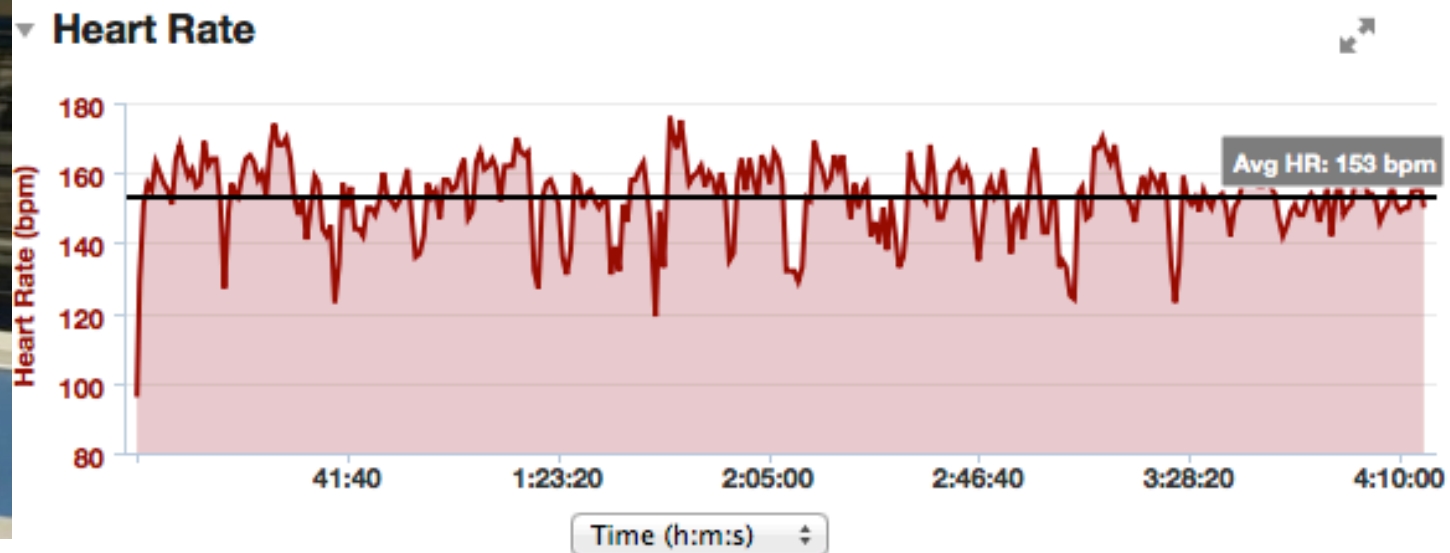
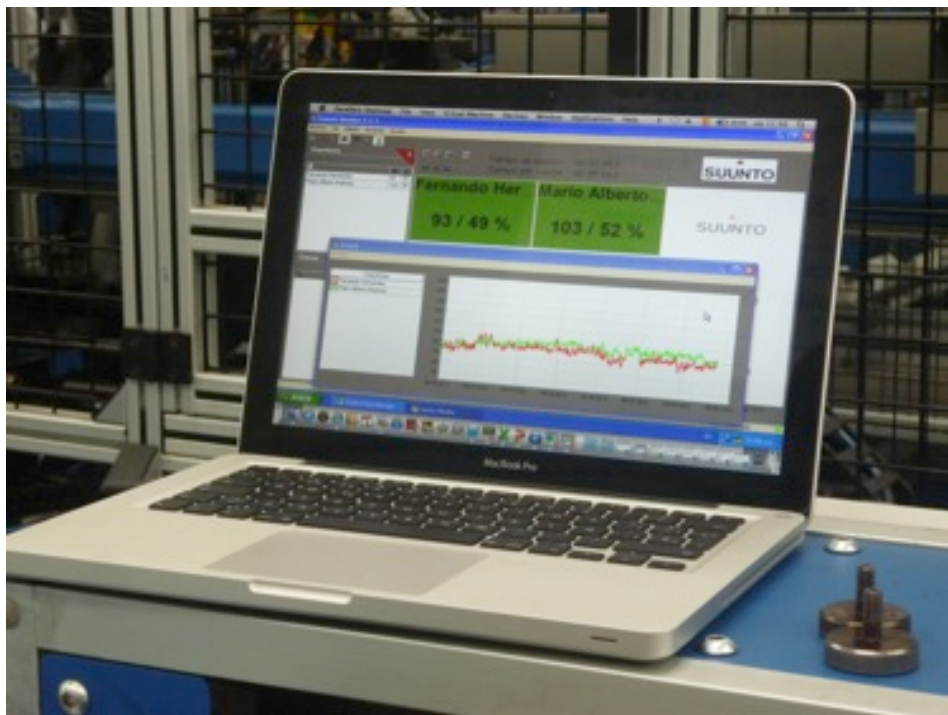


# Antropometría

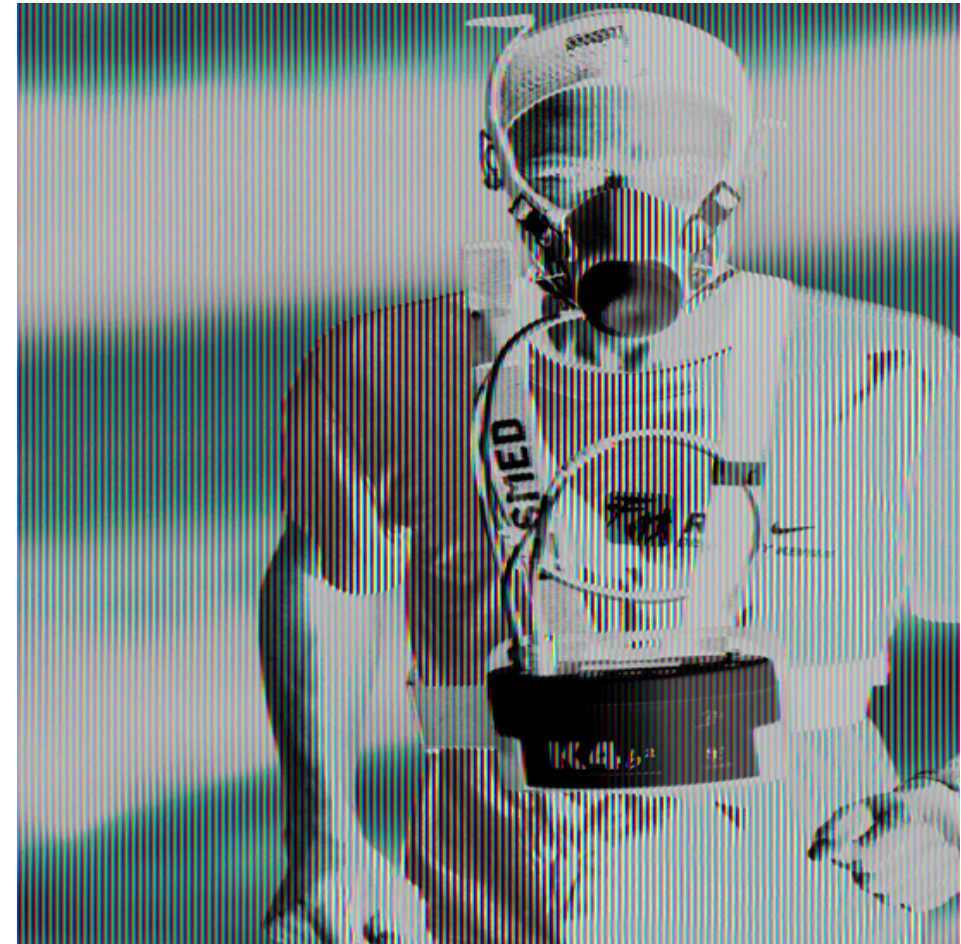




# Registro y análisis de frecuencia cardiaca.



# Análisis de gasto metabólico.

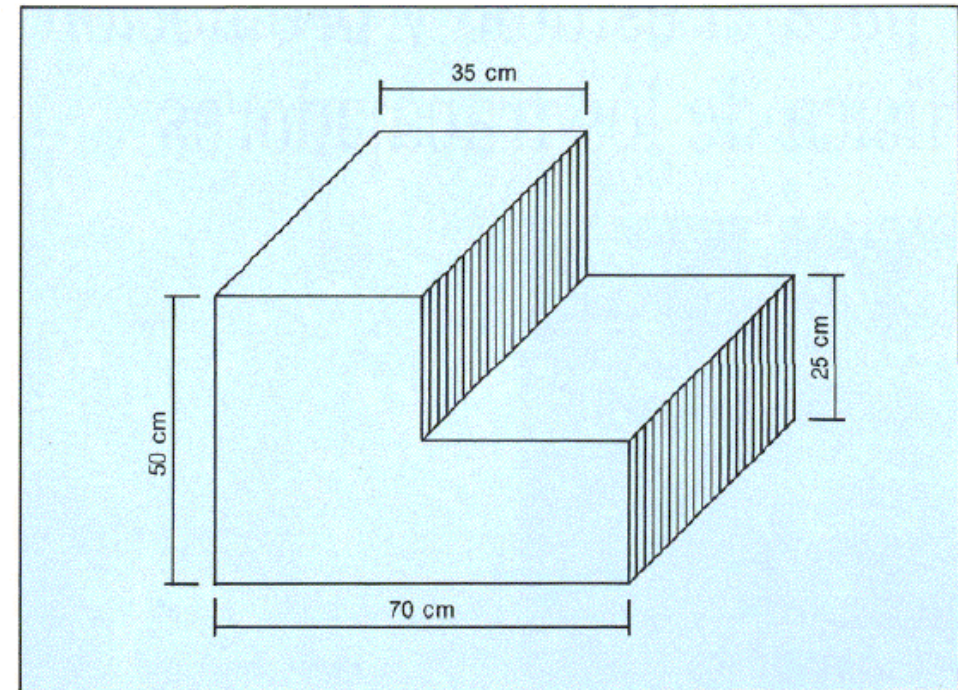


# Medición de capacidad física.

**CUADRO 1** Esquema y control de la prueba escalonada

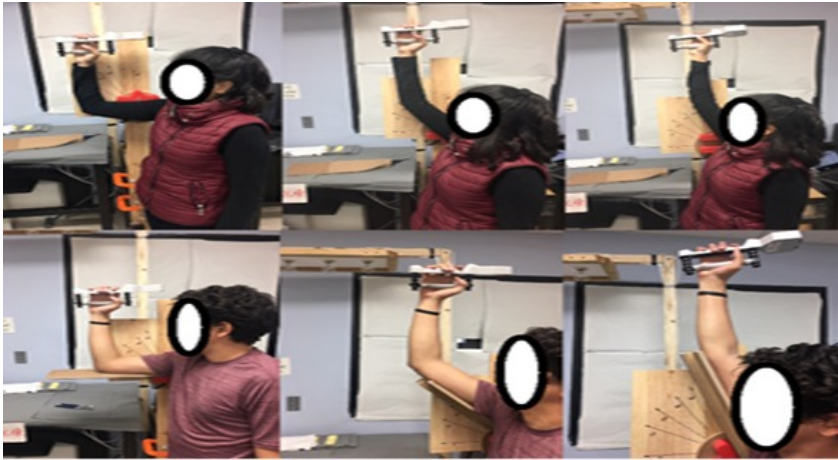
Cargas	Control de cargas (Subir y Bajar)			
	Conteo (veces/15 seg)	Conteo (veces/30 seg)	Metrónomo o grabadora (tonos/seg)	Tiempo (min)
<b>Primera (17 v/min)</b>	4,2	8,5	68	3
<b>Descanso</b>	—	—	—	1
<b>Segunda (26 v/min)</b>	6,5	13	104	3
<b>Descanso</b>	—	—	—	1
<b>Tercera (34 v/min)</b>	8,5	17	136	3

**ESQUEMA DEL BANCO DE MADERA Y SUS DIMENSIONES**



**Método para la estimación de la capacidad física**

# Medición de fuerzas



Agarre



Torque



*TIP*



*PULP*



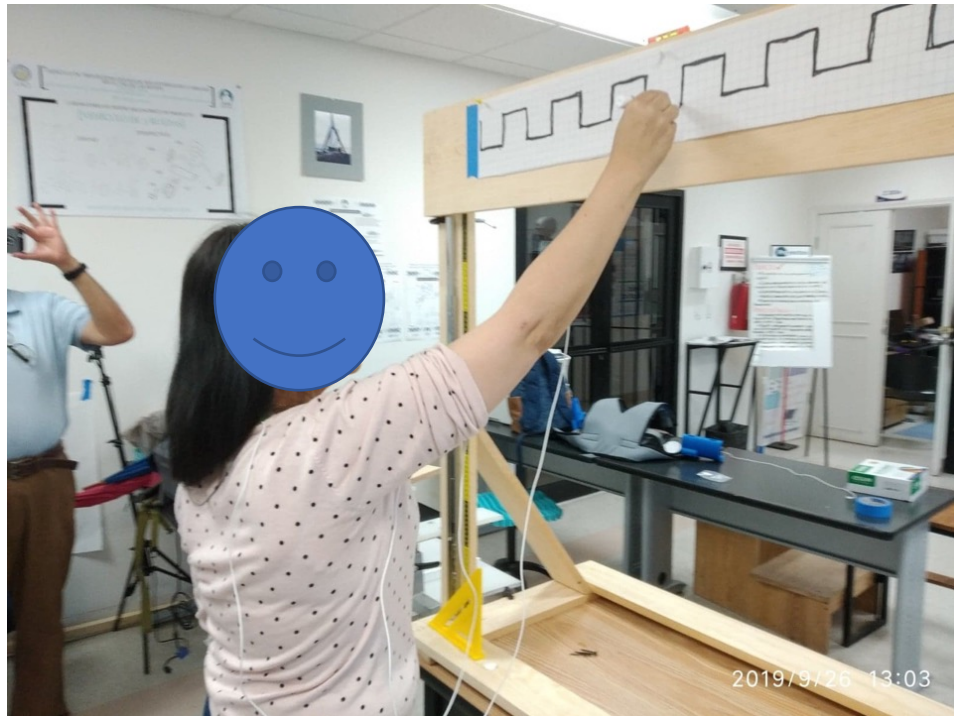
*CHUCK*

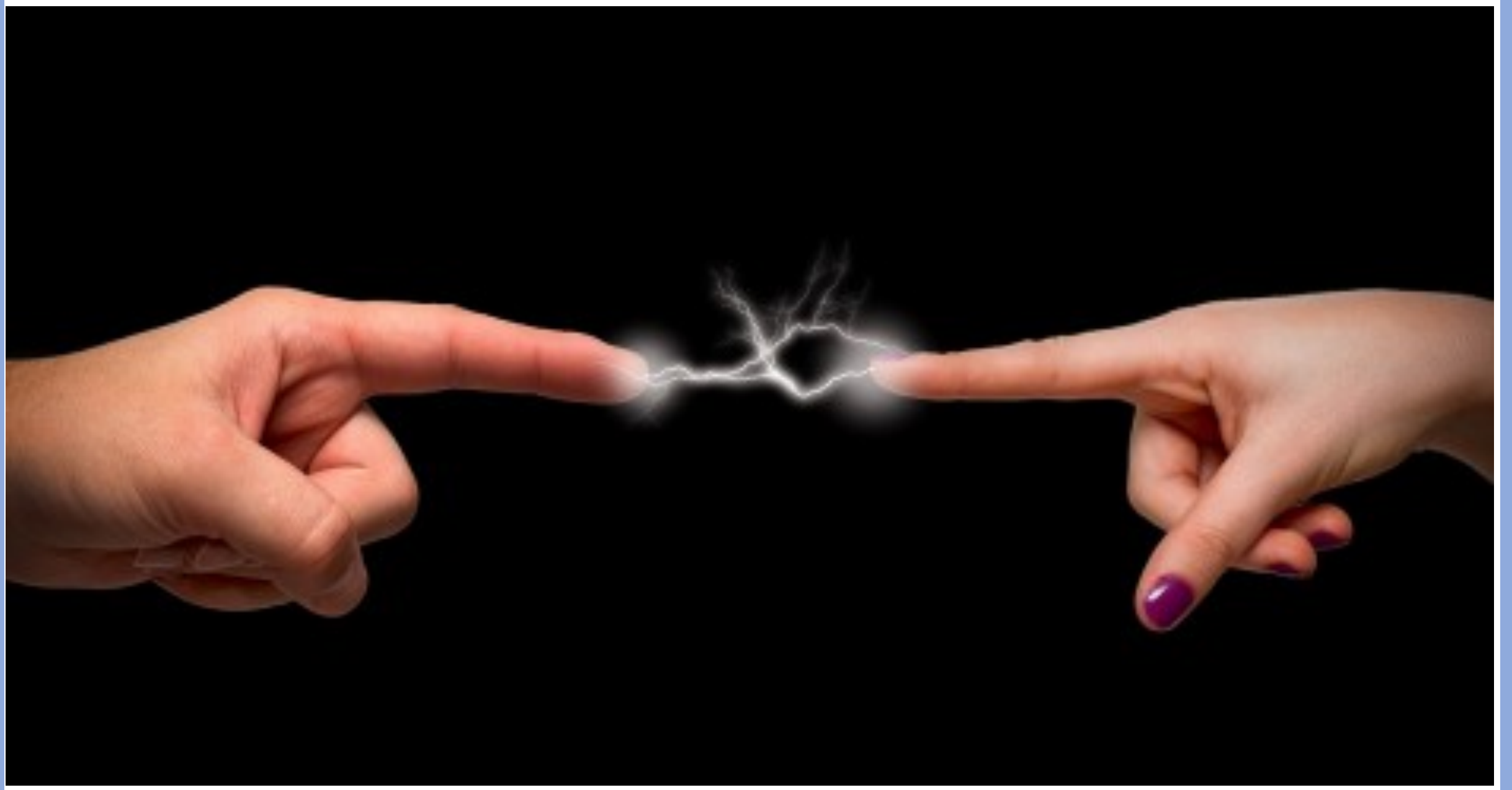


*LATERAL*

Pinzamiento

# Estudios más específicos. Estimación de esfuerzo con electromiografía (EMG).

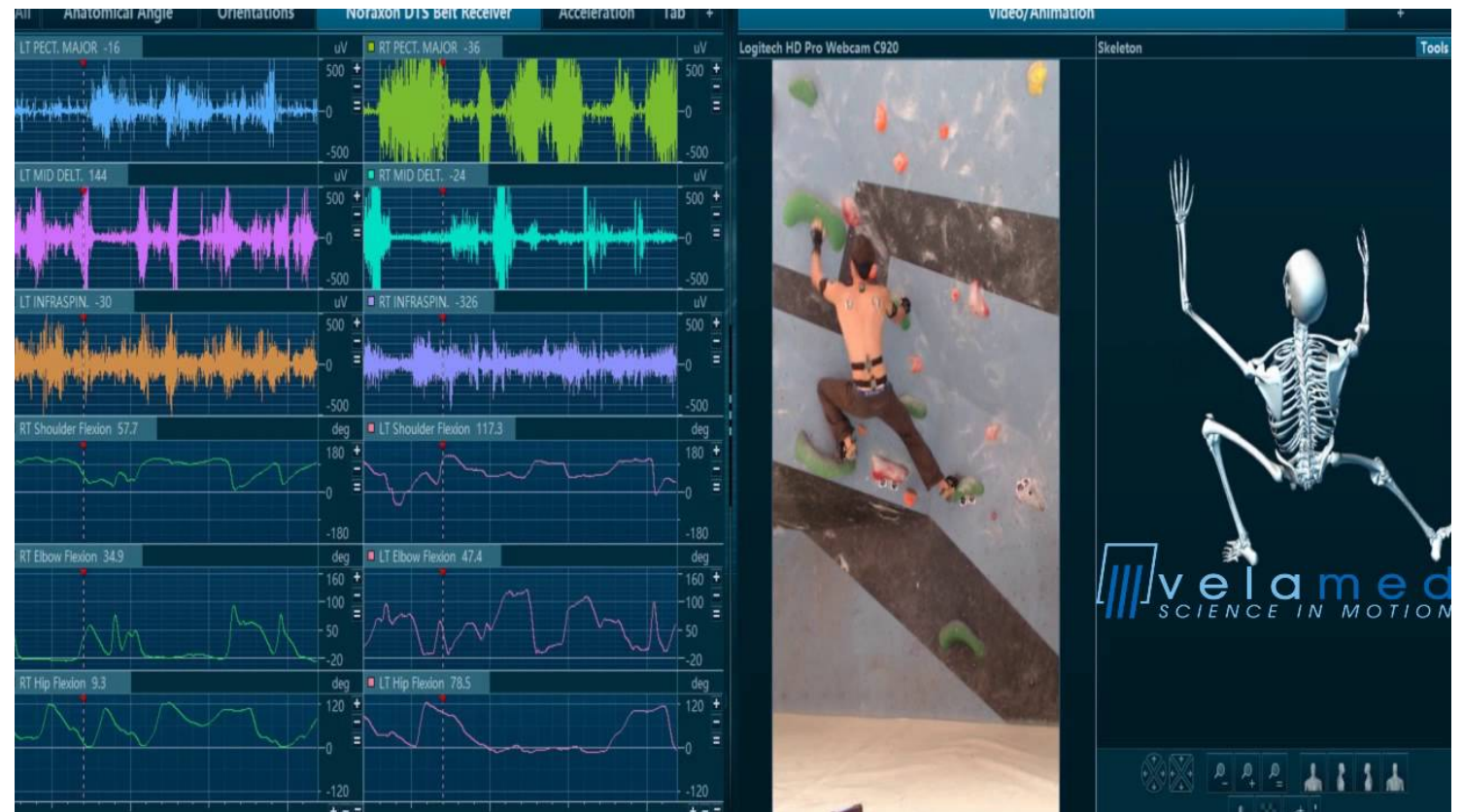




# Electromiografía

- Es una técnica experimental enfocada en el desarrollo, registro y análisis de señales mio-eléctricas.
- Las señales mio-eléctricas son formadas por variaciones fisiológicas en el estado de las membranas de las fibras musculares.
- Es el estudio de la función/actividad muscular a través de la investigación de la señal eléctrica que generan/emanan los músculos.

- El principal enfoque de la Electromiografía kinesiológica es el estudio de la activación neuromuscular de los músculos en tareas posturales, movimientos funcionales, condiciones de trabajo y regímenes de entrenamiento.





# Principales usos. Investigación médica.

- Ortopedia
- Cirugías
- Neurología funcional
- Análisis de postura
- Análisis de marcha

# Principales usos. Rehabilitación.

- Post cirugías/accidentes
- Rehabilitación neurológica
- Terapia física
- Terapia de entrenamiento activo

# Principales usos. Ciencia del deporte.

- Biomecánica
- Análisis de movimiento
- Entrenamiento de atletas de alto rendimiento
- Rehabilitación deportiva

# Principales usos. Ergonomía.

- Análisis de demanda
- Prevención de riesgos
- Ergonomía de diseño
- Certificación de productos
- Estimación de esfuerzos musculares

# Principales beneficios

EMG nos permite

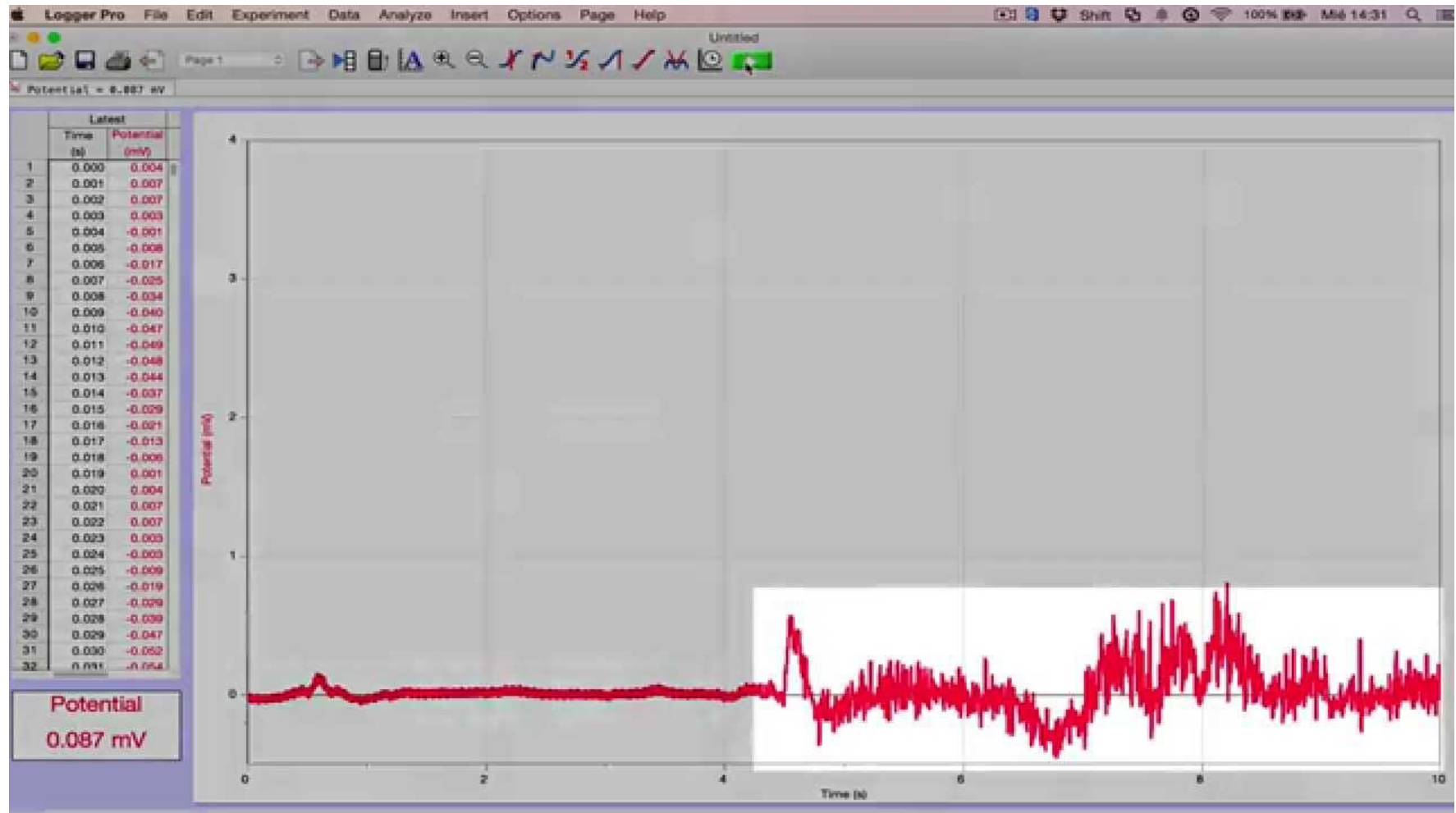
- “ver el musculo”
- Medir el desempeño del músculo
- Ayuda en la decisión de realizar una mejor cirugía
- Documentar regímenes de tratamiento y entrenamiento
- Ayuda al paciente a encontrar y entrenar sus músculos
- Analizar para mejorar las actividades deportivas
- Detectar respuesta de los músculos en estudios de ergonomía

# Principales desventajas

- Al ser “fácil” de usar, se suele abusar de su uso.
- Se deben diseñar tareas “lentas” y controladas
- Debido a la sensibilidad de la medición (500-1500 datos por segundo), su uso es poco confiable en actividades dinámicas.
- Algunos sensores son poco confiables y cambian de posición durante la medición.
- Algunos músculos son complejos de medir debido al cambio de actividad eléctrica durante su activación.
- Poco factible para músculos internos
- Complejidad matemática

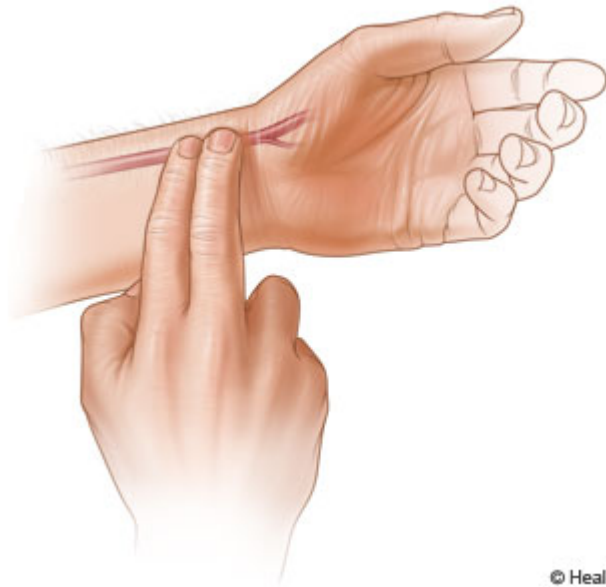
# Principales desventajas

Ruido en  
la señal

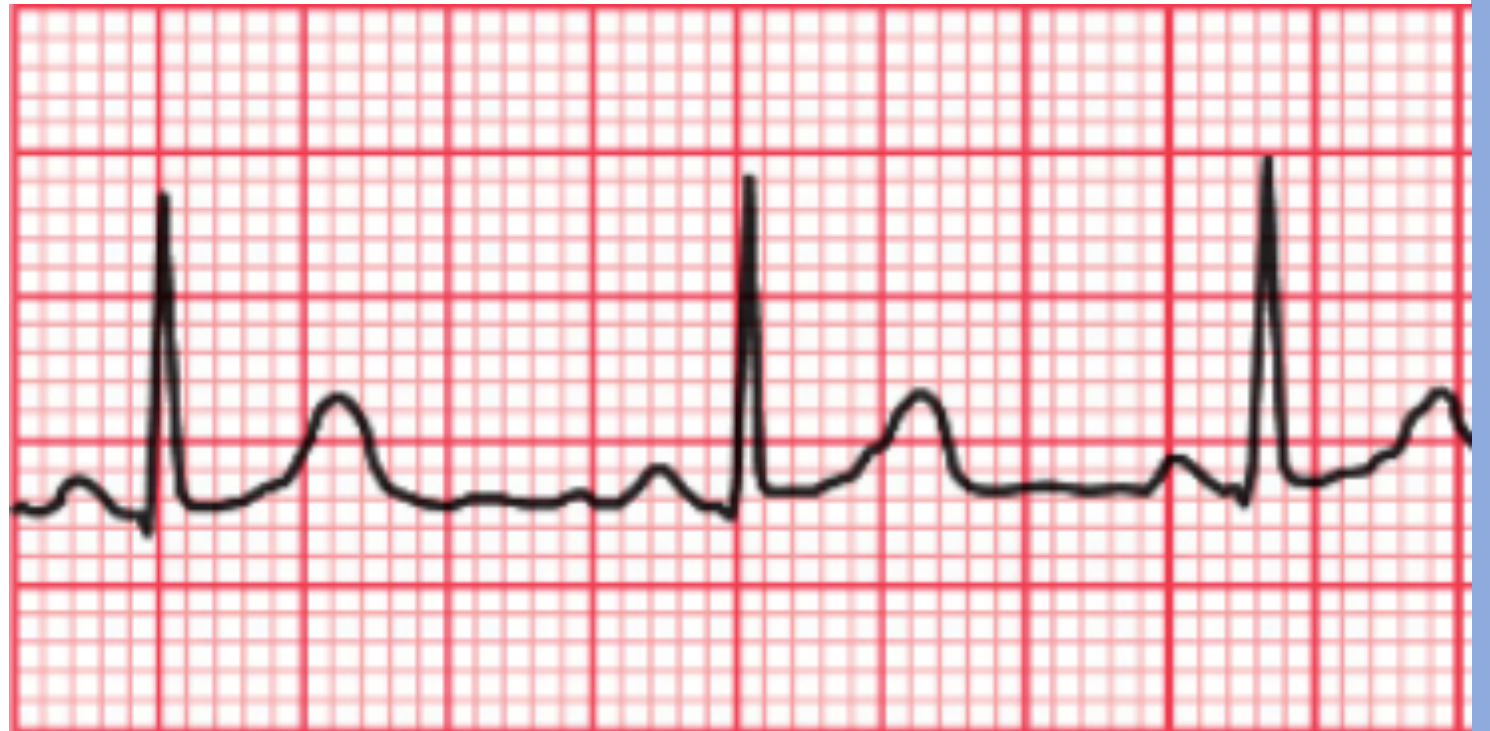


# Principales desventajas

- Identificación de otras señales



© Healthwise, Incorporated





# Normalización

- MVC: Maximum Voluntary Contraction/Esfuerzo Máximo Voluntario.
- Medición estática: se realiza de forma específica para cada músculo.
- Medición durante la prueba: se realiza durante la actividad planeada.

# Normalización. Estimación del esfuerzo

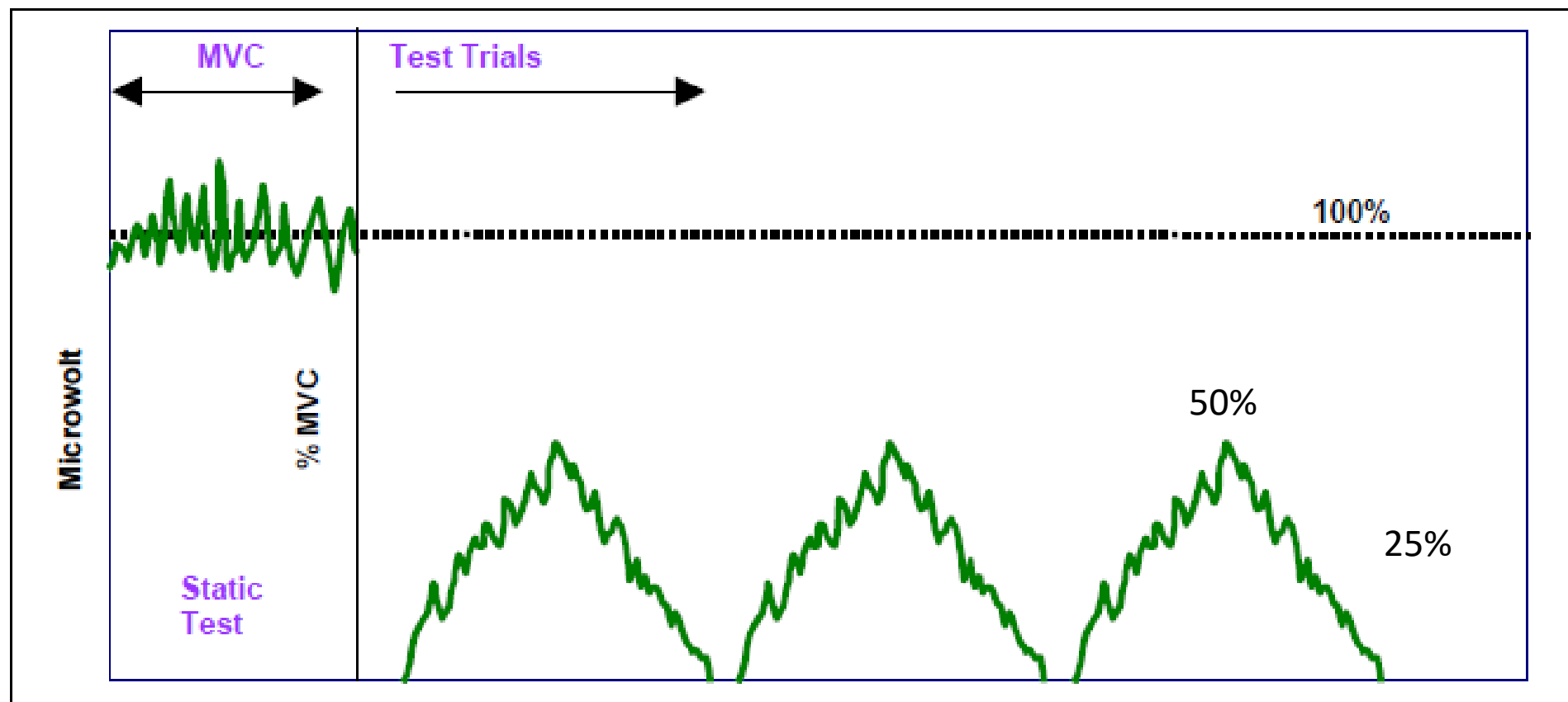
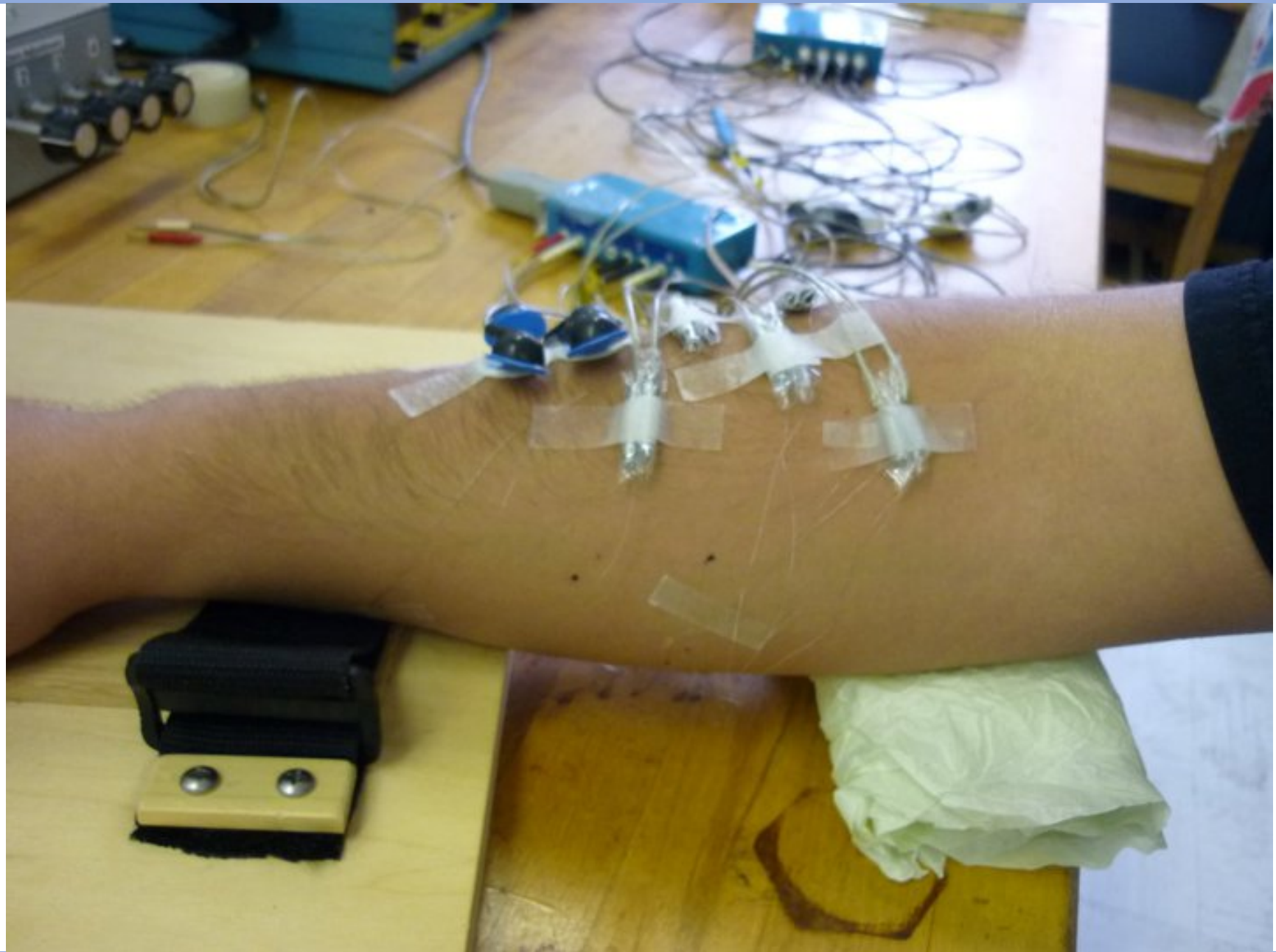


Fig. 40: The concept of MVC normalization. Prior to the test/exercises a static MVC contraction is performed for each muscle. This MVC innervation level serves as reference level (=100%) for all forthcoming trials

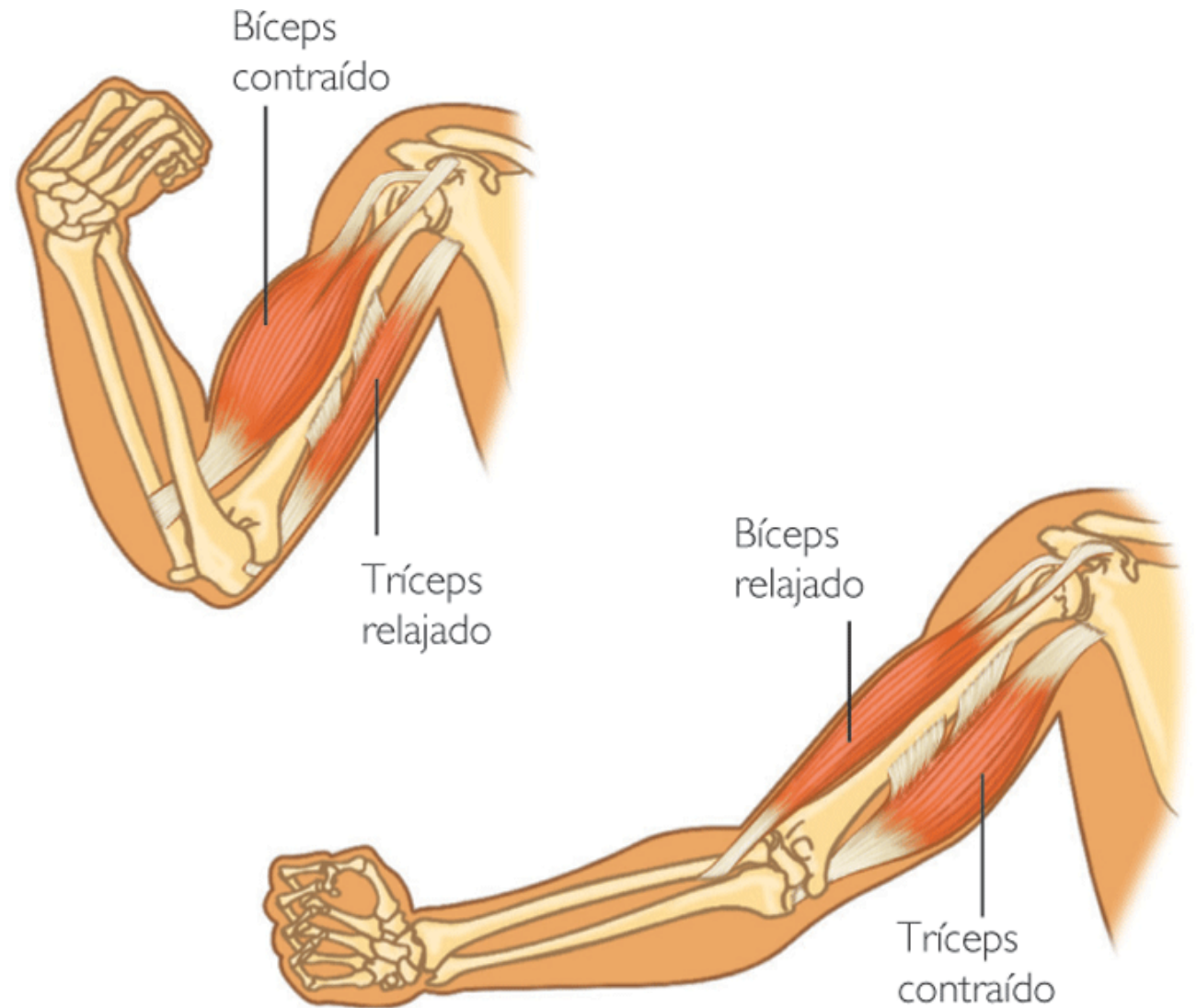
# Dos tipos de mediciones en EMG

- Interna. Mediante cables y/o agujas insertadas directamente en los músculos.
- De superficie. Mediante la colocación de electrodos en la superficie de la piel de los músculos correspondientes.

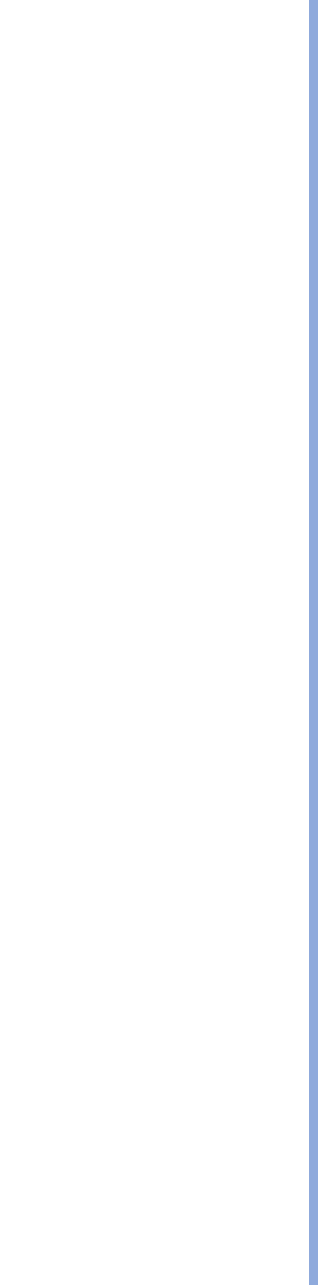
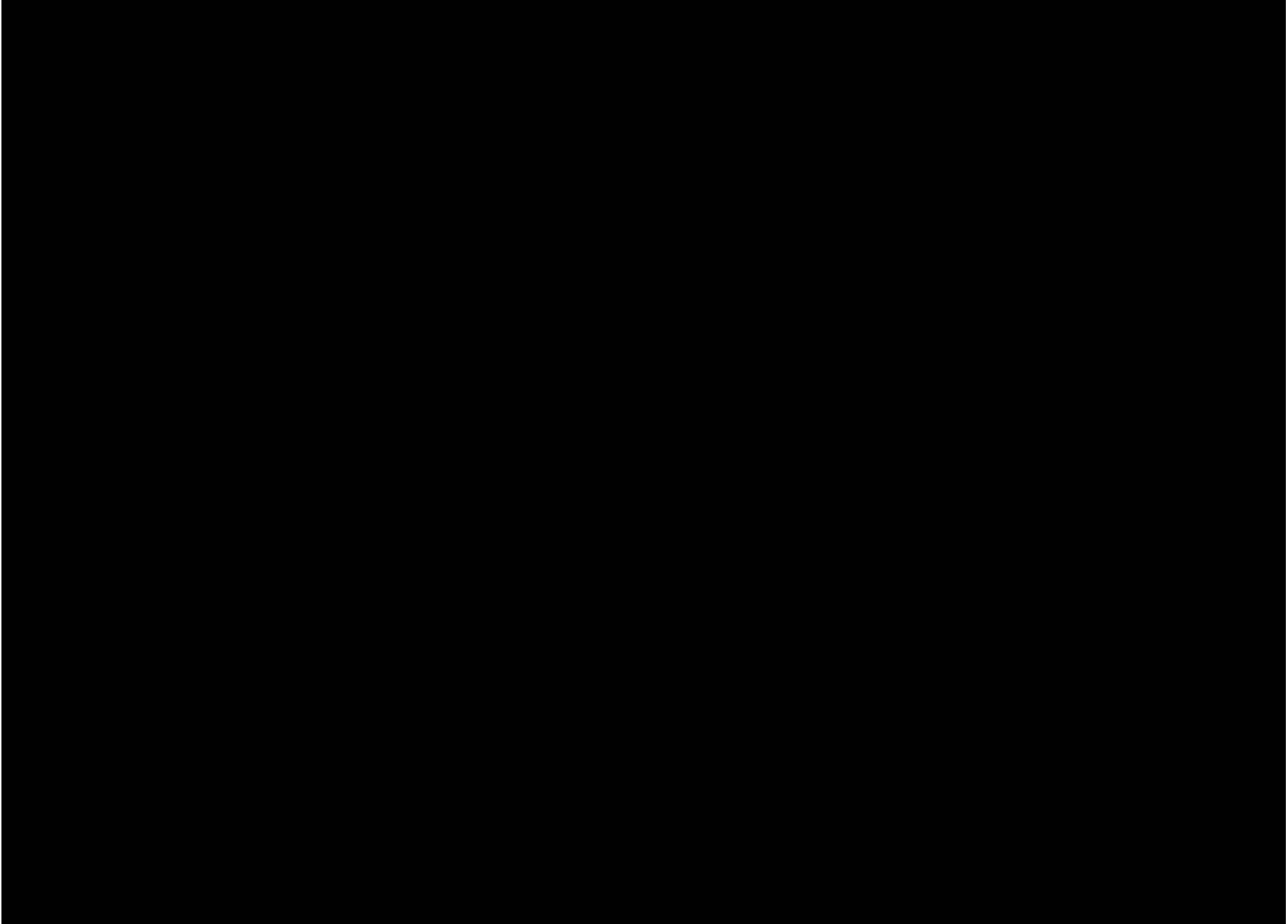




# CONTRACCIÓN







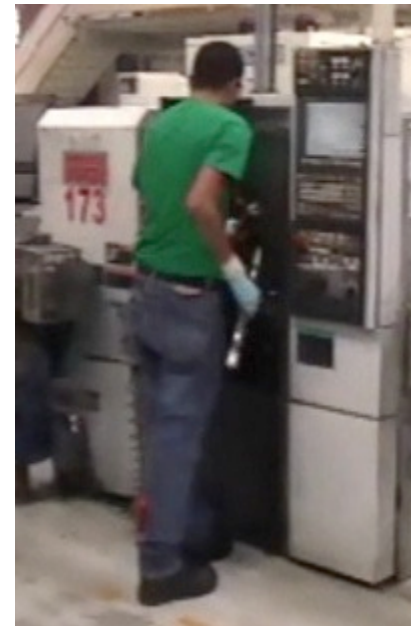


# Caso. Simulación del uso de tornos semi automáticos

## Antecedentes

- Parálisis facial en operadores
- Análisis de carga de trabajo y fatiga
- Influencia de las variables demográficas y de trabajo en la generación de fatiga
- Importancia del factor “recuperación entre turnos” como factor generador de fatiga
- Desperdicio de esfuerzo muscular

# Evolución del trabajo



Estudio: cuantificación de esfuerzo, carga de trabajo, fatiga y actividad muscular durante la simulación de tornos CNC.

- Objetivo: medir la actividad muscular de los hombros, las extremidades superiores y espalda baja durante la simulación de la operación de tornos semi automáticos en diferentes tareas, secuencias de trabajo y pesos manipulados.
- Todo esto en laboratorio.

# Esfuerzo muscular



# Esfuerzo muscular



Cuello

Muñeca

Hombro

# Desperdicio de esfuerzo muscular





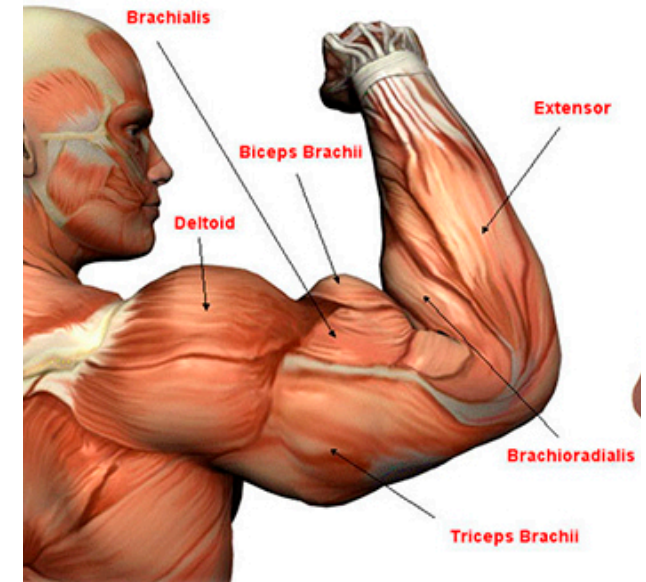
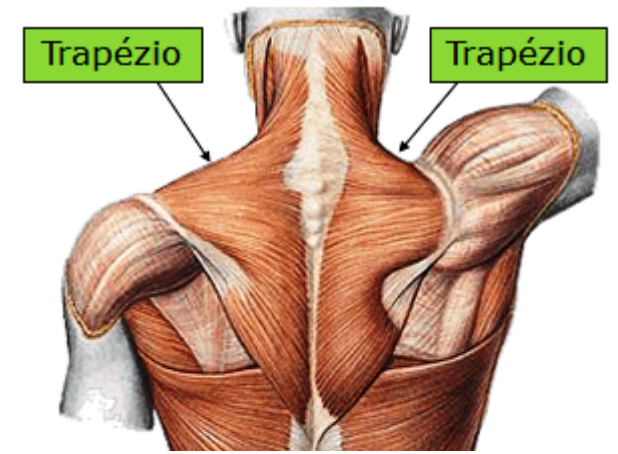
# Diseño del experimento

- Participantes: 13 estudiantes (7 hombres-6 mujeres) de entre 18 y 30 años de edad sin problemas de salud aparentes.
- 4 combinaciones diferentes, 2 pesos manipulados.
  4. Tarea actual (más difícil)
  3. Eliminación de un esfuerzo
  2. Eliminación de dos esfuerzos
  1. Eliminación de tres esfuerzos (menos difícil: tarea óptima)
- 3 sesiones en laboratorio
  - Entrenamiento
  - Realización de 4 condiciones. 2 horas.
  - Realización de 4 condiciones. 2 horas.



# Variables

- 2 pesos manipulados
  - A: 1 kg
  - B: 4 kg
- 4 músculos analizados (simétricamente)
  - Trapecio superior
  - Bíceps
  - Braquiorradial
  - Lumbar

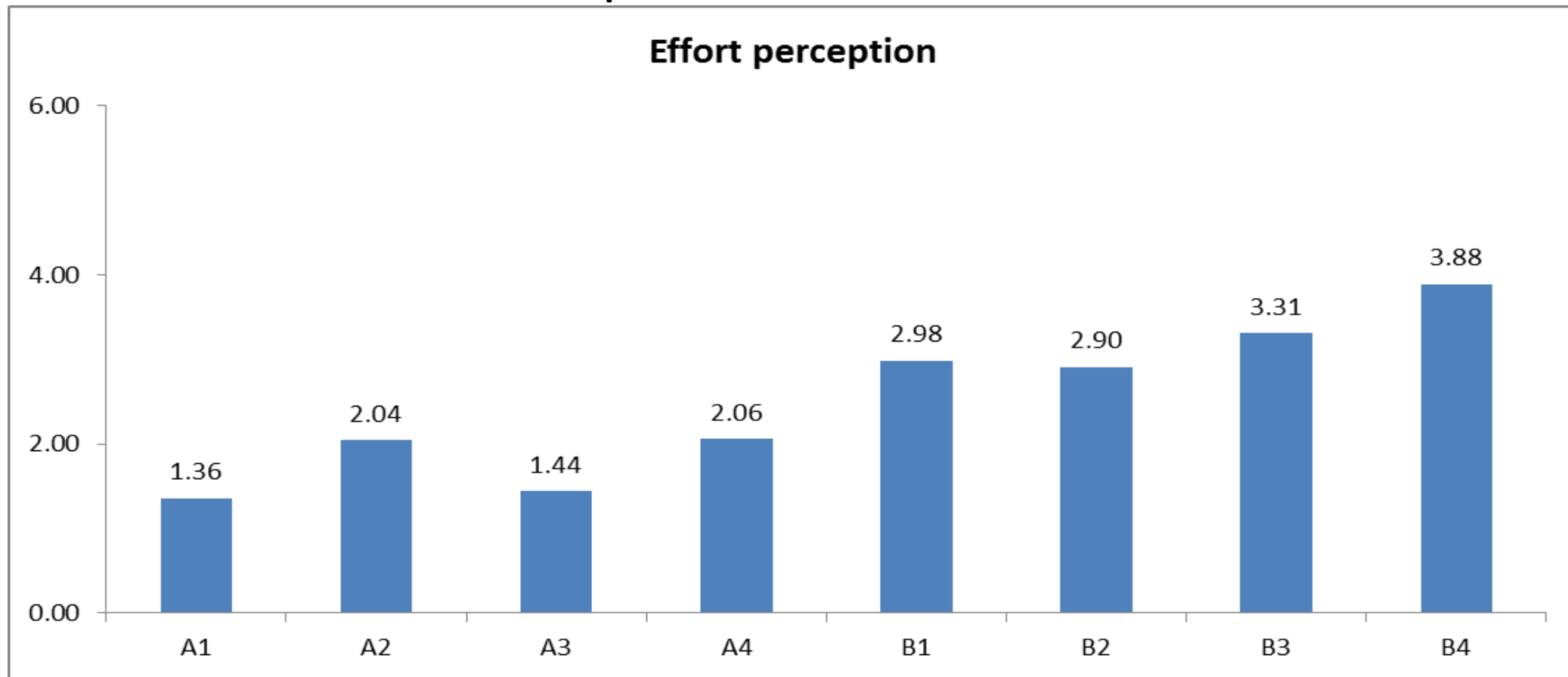


# Tareas simuladas

- Cambiar piezas hacía/desde la máquina
- Presionar botones
- Inspección (torque a nivel de muñeca)
- Mover piezas de la mesa de inspección a la máquina
- Esperar/sostener la piezas



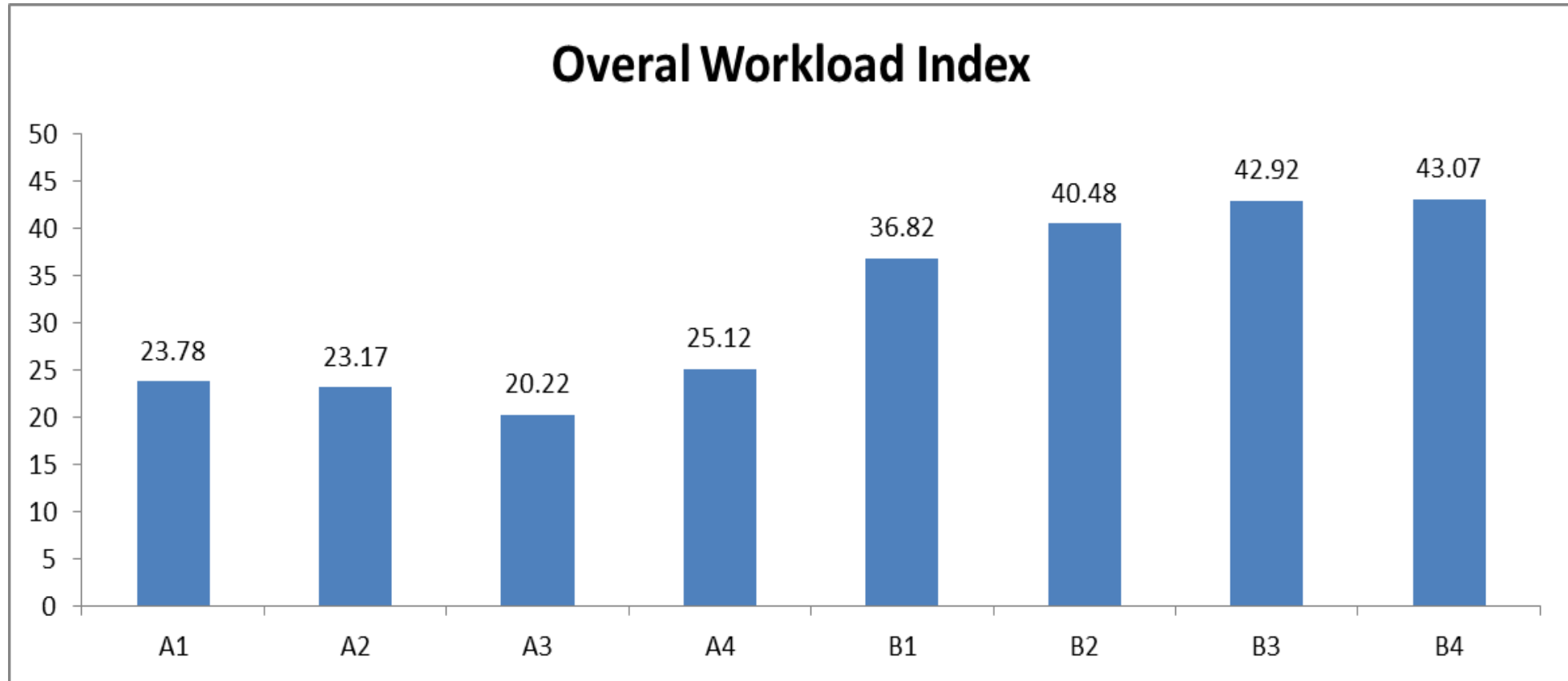
# Resultados. Percepción de esfuerzo



A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.

4= Más complejo

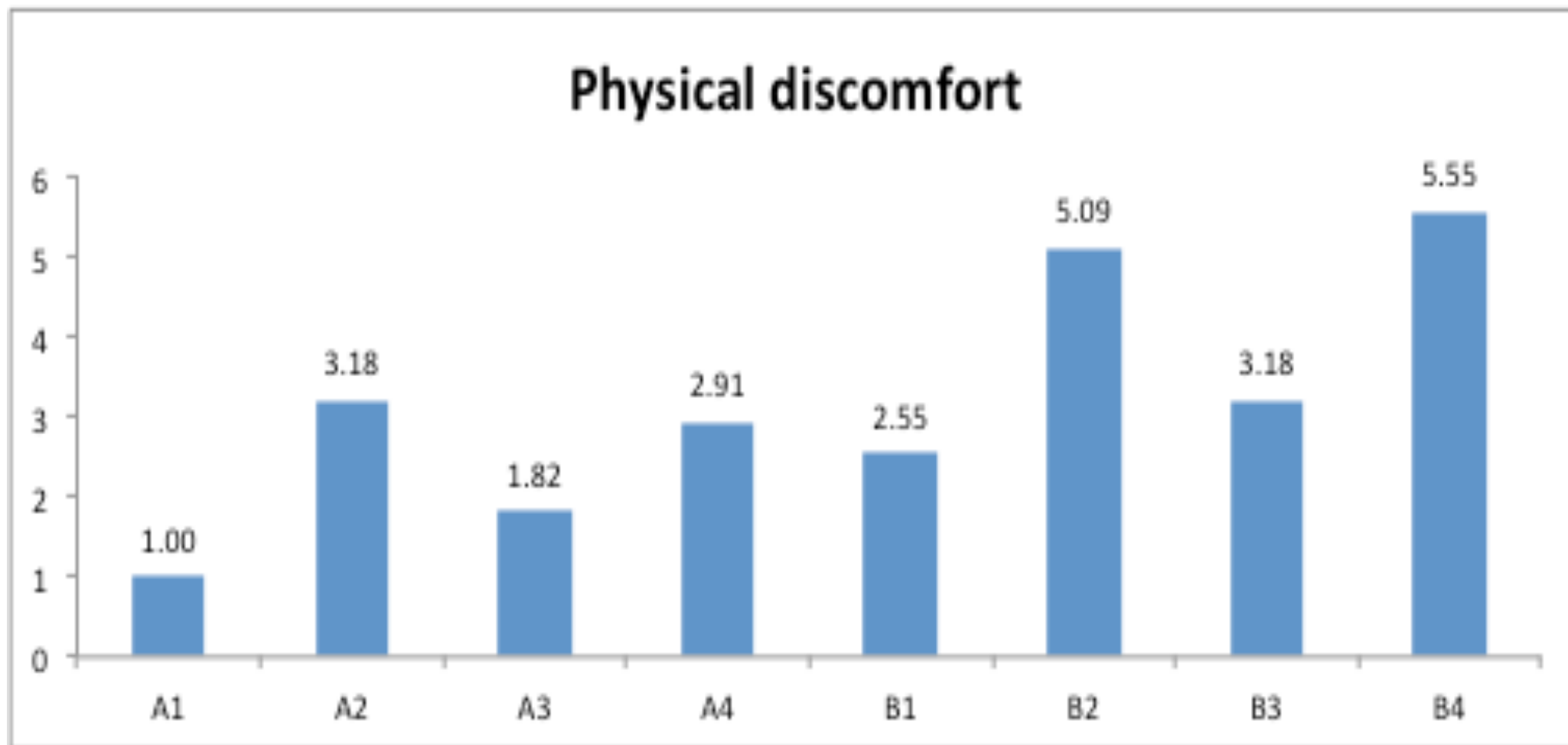
# Resultados. Percepción de carga (NASA-TLX).



A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.

4= Más complejo

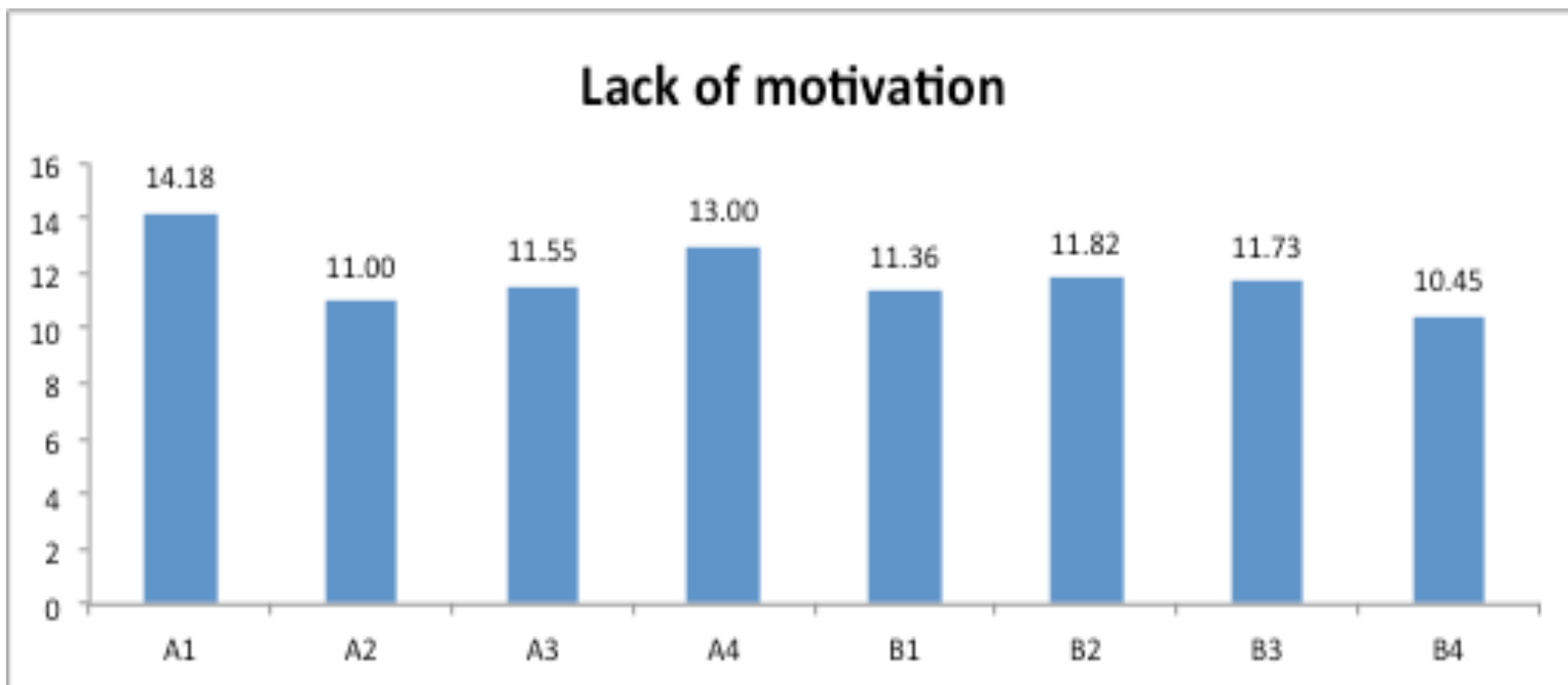
# Resultados. Discomfort físico: escala de Borg.



A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.

4= Más complejo

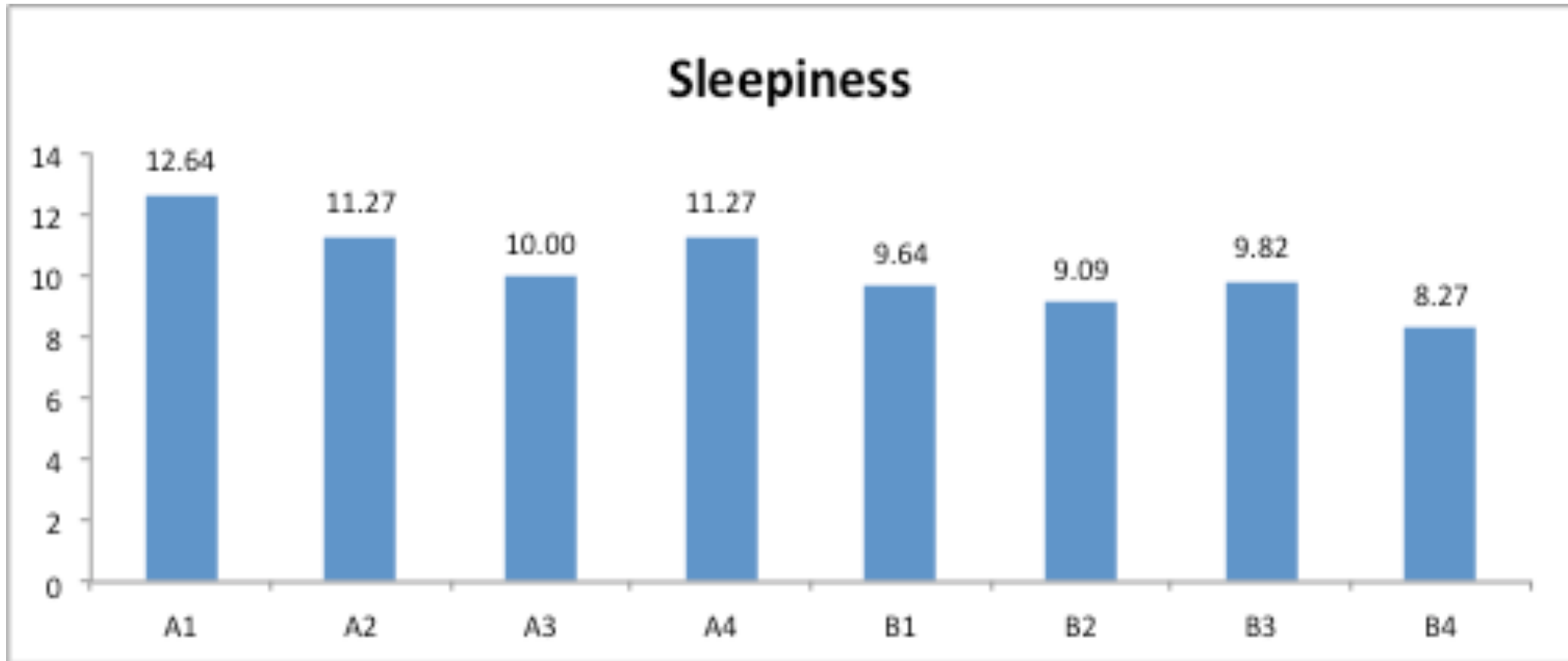
# Resultados. Falta de motivación (SOFI).



A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.

4= Más complejo

# Resultados. Somnolencia.

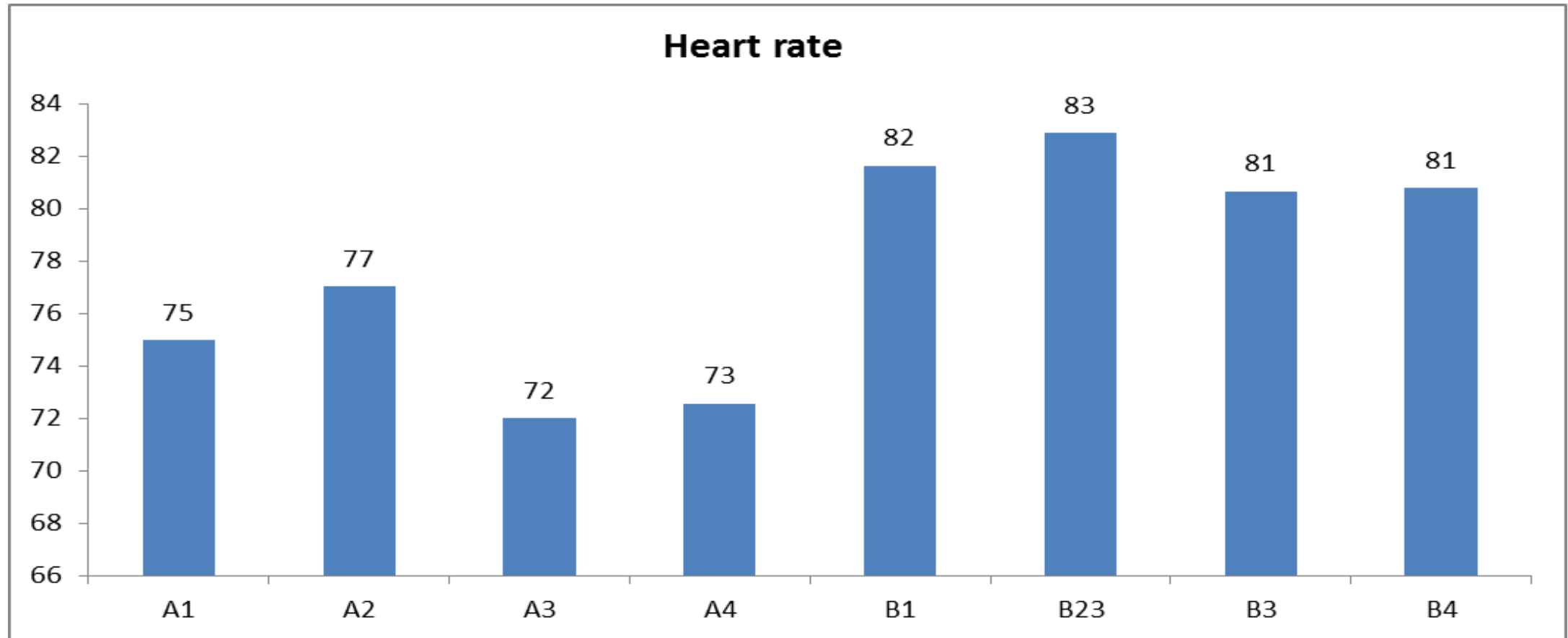


A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.

4= Más complejo



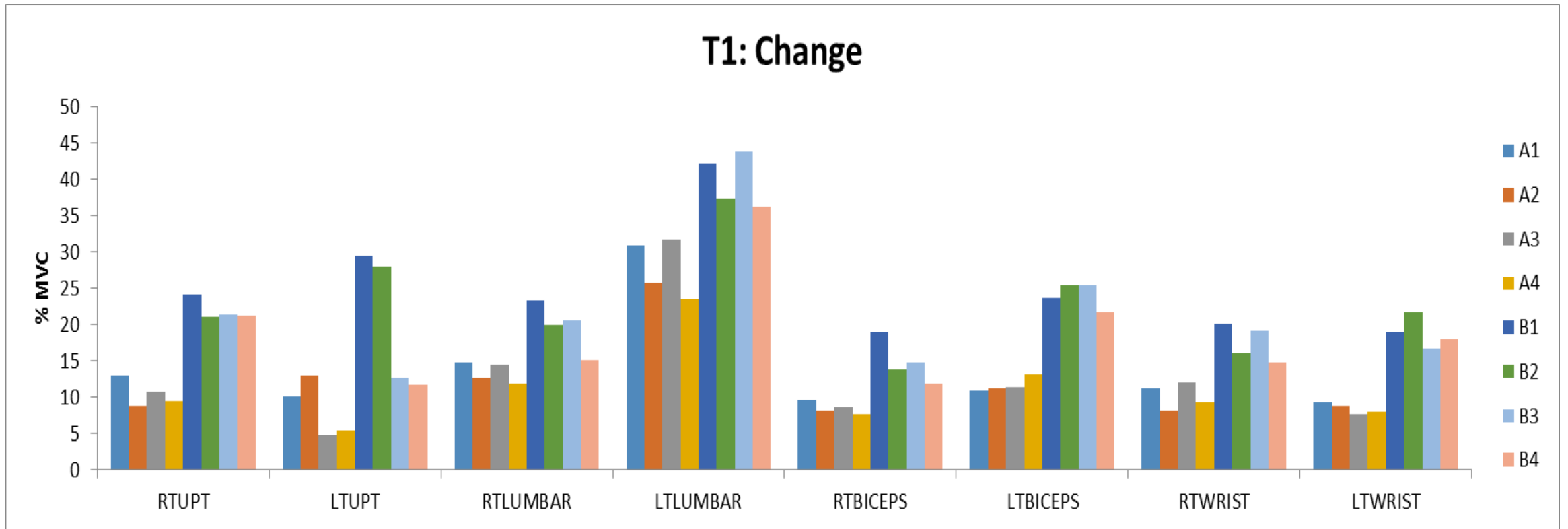
# Análisis de frecuencia cardiaca



A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.

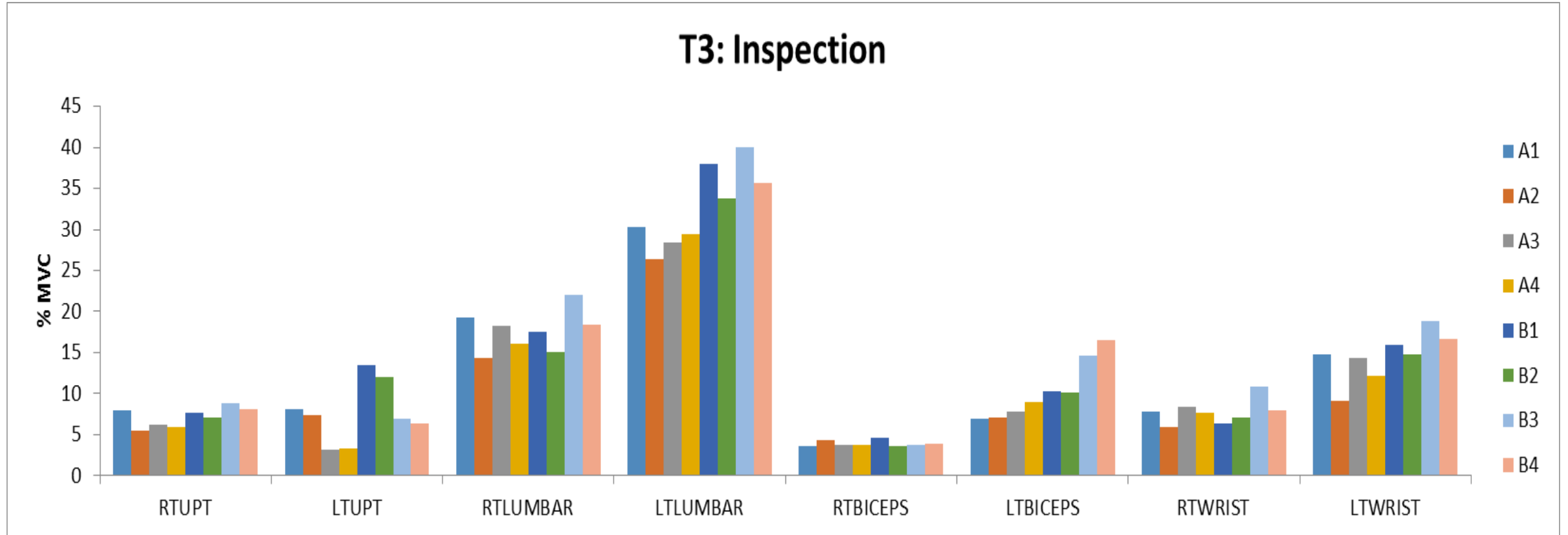
4= Más complejo

# Resultados. EMG: cambio de piezas



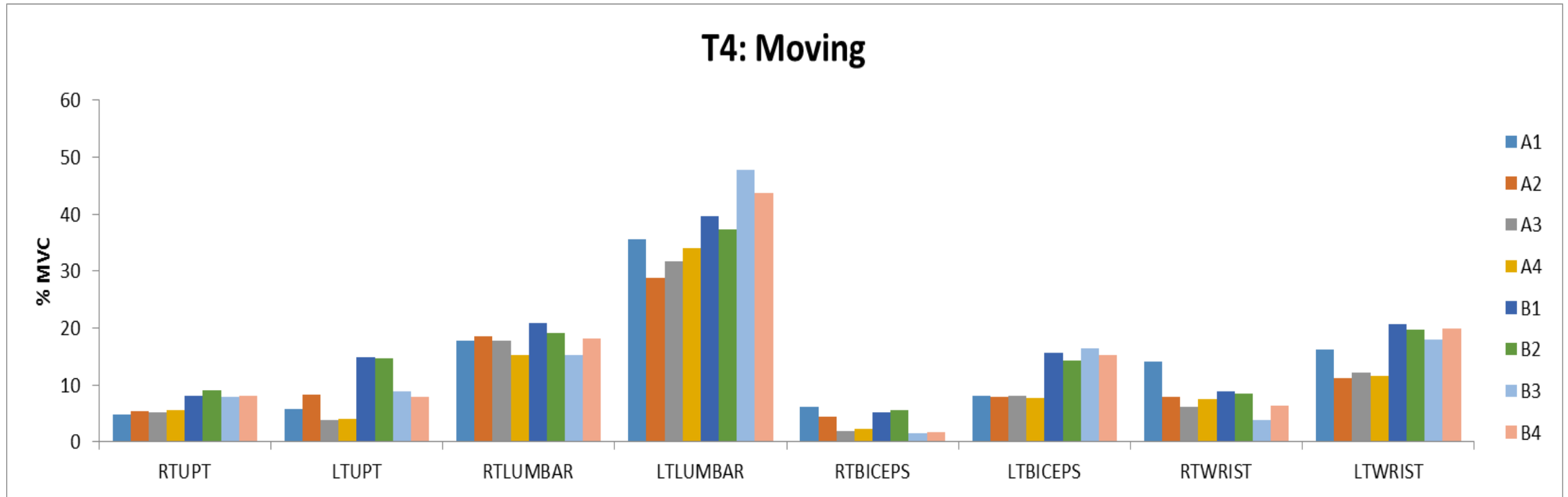
**A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.**

# Resultados. EMG: inspección.



**A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.**

# Resultados. EMG: mover pieza



**A: peso de 1 kg. B: peso de 4 kg.**

Momento en  
la espalda



# Conclusiones

- De manera general, las condiciones de mayor esfuerzo obtuvieron niveles significativamente más altos de carga de trabajo, fatiga, esfuerzo y actividad muscular.
- Factores como la somnolencia y la falta de motivación se mostraron un comportamiento opuesto a las demás variables. Es decir, en las condiciones de menor esfuerzo se observó un nivel mayor de somnolencia.

# Conclusiones

- La electromiografía resultó útil para el análisis de esfuerzos musculares durante la simulación de la operación de tornos CNC.
- El uso de instrumentos y técnicas cuantitativas y cualitativas fortalece la calidad y los resultados de la investigación.
- Al mismo tiempo, nos genera más interrogantes (equilibrio en los niveles de variables).

# Reflexión

Anil Mital (2005):

- ¿Cómo se **mide** la carga de trabajo, fatiga y el desempeño?
- ¿Cómo es la fatiga?
- ¿Cómo se balancea el trabajo físico y mental?
- ¿Cómo diseñar el trabajo que se realiza frente a una máquina de TMA?
- A 17 años de este planteamiento, no se han generado respuestas satisfactorias (Hernández, 2012).
- A 23 años, hemos empezado a aportar a estos planteamientos.



¡Por su atención, gracias!

[luis.hernandez@ergotech.mx](mailto:luis.hernandez@ergotech.mx)  
[www.ErgoTech.Mx](http://www.ErgoTech.Mx)



ERGOMEASURE

