



LABORATORIO: BIOFÍSICA II

INTRODUCCIÓN A LA ELECTROMIOGRAFÍA

1. Introducción a la Electromiografía

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Estudiar la respuesta muscular para diferentes tipos de contracciones producidas en la fuerza de agarre, haciendo uso de los equipos de Vernier para medir las señales.

1.1.2 Específicos

- Correlacionar las medidas de fuerza de agarre con los datos de actividad eléctrica.
- Realizar un análisis sobre las mediciones de la fuerza de agarre y la actividad eléctrica con la fatiga muscular.
- Observar el efecto sobre la fuerza de agarre de un esfuerzo consciente para superar la fatiga

1.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Fuerza

La fuerza en física es un empuje o tirón aplicado a un cuerpo.

Para describir plenamente una fuerza hay que indicar no sólo su intensidad, sino también en qué dirección tira o empuja, ver figura 1.6.

La fuerza neta \vec{F} (una cantidad vectorial) que actúa sobre un cuerpo es igual al producto de la masa del cuerpo m (una cantidad escalar positiva) y su aceleración (una cantidad vectorial).

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1.1)$$

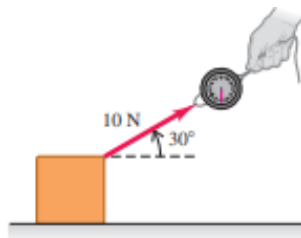


Figura 1.1: Ilustración vectorial de la Fuerza

La dirección de \vec{F} es la misma que la de \vec{a} porque m es positiva, y la magnitud de \vec{F} es igual a la masa m (que es positiva e igual a su propio valor absoluto) multiplicada por la magnitud de \vec{a} . La unidad de la magnitud de la fuerza es la unidad de masa multiplicada por la unidad de la magnitud de la aceleración, definida por el SI (Sistema Internacional) como *newton* y representada con la: N.

$$1N = 1Kg \cdot \frac{m}{s^2} \quad (1.2)$$

“Un newton es la cantidad de fuerza neta que proporciona una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado a un cuerpo con masa de 1 kilogramo”

La Fuerza en la Fisiología Muscular

El movimiento corporal se genera por medio de los tejidos musculares, donde las funciones de contractibilidad y/o conductividad son desarrolladas por medio de las células musculares ante una tensión muscular, esto como respuesta a una fuerza generada para vencer una fuerza de oposición o sobrecarga.

Las contracciones se pueden dar voluntarias o involuntarias, por ello existen tres tipos de musculatura: los músculos lisos o cardíacos (contracciones involuntarias), son los que recubren estructuras internas y los músculos estriados que participan en contracciones voluntarias.

Cuando esta acción se hace sobre el músculo entero pareciendo continua, dicho fenómeno se denomina tétanos, contracción tetánica o simplemente tetanización, si es contracción prolongada e intensa de un músculo da lugar al estado conocido como fatiga muscular.

En esta guía de laboratorio se hará énfasis sobre las contracciones voluntarias que involucran músculos estriados. La activación de neuronas motoras en la innervación muscular durante la contracción, es proporcional a la fuerza ejercida que implica los músculos afectados en la acción; allí se genera una descarga donde la fibra muscular recibe una diferencia de potencial, que a su vez produce un potencial de acción iniciando el proceso de liberación de señales químicas, que se reflejan en un suceso eléctrico ante la despolarización de membranas celulares.

Cuando la contracción generada no es aislada, se usan electrodos superficiales para captar la señal emitida, cuando esta es aislada se utilizan electrodos de aguja; las señales recibidas en los electrodos

1.3 Actividades Previas al Laboratorio

13

se encuentran alrededor de los 10 mV (+/- 5 mV) y deben ser procesadas para luego ser analizadas, y de esta forma estudiar la respuesta muscular ante emisiones nerviosas, donde se puede distinguir la activación de unidades motoras, las variaciones características de las activaciones y las relaciones de unas unidades con otras, a esto se le llama electromiografía.

Para hacer una evaluación sobre las propiedades físico-mecánicas de un movimiento o de una alteración a cualquier sistema, se realiza un modelo de su funcionamiento relacionado con aspectos físicos-matemáticos. En la figura 1.2 hay un ejemplo de un sistema Musculo-Tendinoso.

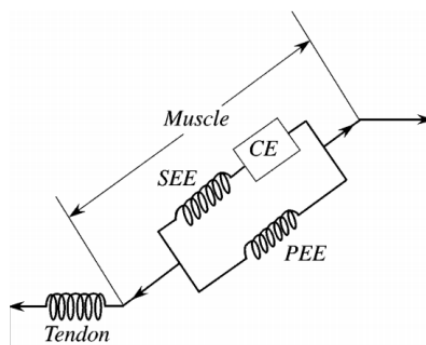


Figura 1.2: Diagrama de modelo para la unidad Musculo-Tendinosa¹

La unidad modelada, ver figura 1.2, está representada mecánicamente por un elemento contráctil (CE), un elemento elástico en serie (SEE) y un elemento elástico en paralelo, los tres elementos en serie se encuentran unidos por un tendón, reflejando así las propiedades físico mecánicas que podría tener esta unidad y como puede alterarse su estado de inercia.

1.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones relacionadas con la Electromiografía:

1. Qué es una señal. Explique las características básicas de una señal eléctrica.
2. ¿Qué formulas definen la potencia muscular?. Explíquelas.
3. Según las leyes de , ¿para qué se usa la fuerza?.
4. ¿Qué tipos de fuerza existen?, explique brevemente cada uno.
5. ¿Cuál es la fuerza de agarre máxima promedio?. Tenga en cuenta las diferentes condiciones para evaluar esta capacidad física.

¹PEQUERA, G. *Análisis tiempo-frecuencia de la señal EMG en movimientos explosivos: estudio de la coordinación en el salto vertical*. 2015. Universidad de la República de Uruguay Recuperado de: [urlhttps://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8156/1/uy24-17718.pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8156/1/uy24-17718.pdf)

1.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Dispositivo móvil que soporte la aplicación de Vernier Graphical Analysis 4.
2. Dinamómetro de Mano Go Direct (Go Direct Hand Dynamometer)
3. EKG Go Direct
4. Electrodoos superficiales.
5. Algodón.
6. Alcohol.

1.5 Procedimiento: Análisis Cuantitativo y Cualitativo

Parte I. Fuerza de agarre sin retroalimentación visual

Seleccione una persona de su grupo para esta experiencia.

NOTA IMPORTANTE: *No intente este experimento si sufre de artritis u otras afecciones en la mano, muñeca, antebrazo o codo.*

1. Conecte y configure los sensores.
 - a) Inicie la aplicación de **Graphical Analysis**.
 - b) Conecte **Go Direct EKG** a el dispositivo donde se encuentra instalada la aplicación. Tenga en cuenta que estos sensores pueden ser conectados por cable USB o vía Bluetooth.
 - c) Haga click sobre la opción canales del sensor. Anule la selección del canal EKG y seleccione el canal EMG rectificado.
 - d) Conecte el **Go Direct Hand Dynamometer** a el dispositivo movil. El canal predeterminado es el correcto para este equipo.
 - e) Haga click en la opción **Hecho o Done**.
2. En la parte inferior de la ventana. Haga click sobre **Modo**. Ver figura 2.5

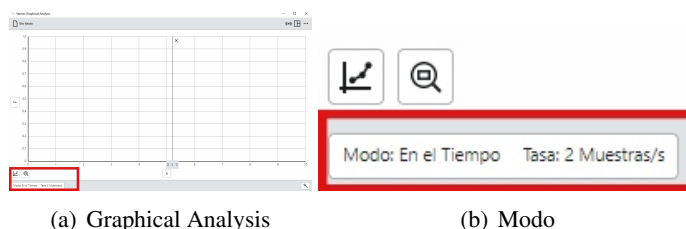


Figura 1.3: Opción Modo: En el Tiempo

Se abrirá una ventana para la **Configuración de recopilación de datos**. Cambie la *velocidad o tasa* a 100 muestras/s y *Finalice la Toma de Datos* a 60s, ver figura 2.6. Haga click sobre **Hecho**.

1.5 Procedimiento: Análisis Cuantitativo y Cualitativo

15

Figura 1.4: Configuración de recopilación de datos

3. Ponga en cero las lecturas del dinamómetro manual.
 - a) Coloque el dinamómetro manual sobre una superficie plana. No ejerza ninguna fuerza sobre las almohadillas del dinamómetro. En la figura 1.5 se resaltan las almohadillas entre marcos rojos, estas corresponden a las de pellizco y a las de agarre completo.

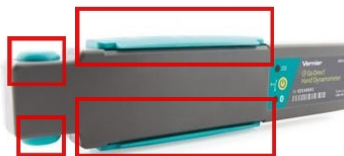


Figura 1.5: Dinamómetro Manual Go Direct

- b) Cuando las lecturas se estabilicen, haga click sobre *el Medidor de fuerza* y elija Cero. Las lecturas del sensor deben ser cercanas a cero.
4. Configure el sensor de EKG.
 - a) Pase un algodón humedecido con alcohol sobre la zona donde va a ubicar sus electrodos, asegurese de no dejar la zona humeda.
 - b) Coloque tres lengüetas de electrodos en uno de sus brazos como se muestra en la Figura 1.6. Se deben colocar dos lengüetas en el antebrazo ventral, a 5 cm y 10 cm del epicóndilo medial a lo largo de una línea imaginaria que conecta el epicóndilo y el dedo medio, La tercera pestaña debe estar en la parte superior del brazo.
 - c) Conecte los cables verde y rojo a las pestañas del antebrazo ventral. Para esta actividad, los cables verde y rojo son intercambiables.
 - d) Conecte el cable negro a la parte superior del brazo
5. Haga que la persona se sienta con la espalda recta y los pies apoyados en el suelo. El codo debe estar en un ángulo de 90°, con el brazo sin apoyo.

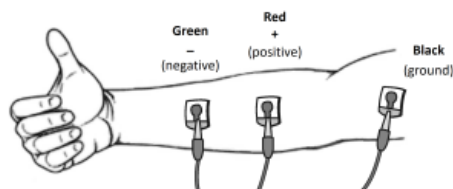


Figura 1.6: Esquema de ubicación electrodos

6. Haga que el sujeto cierre los ojos o evite que vea la pantalla.
7. Indique al sujeto que sostenga el sensor con toda su fuerza, centrando el soporte en las almohadillas de agarre y haga click sobre **Tomar Datos**. El sujeto debe esforzarse al máximo durante todo el período de recopilación de los datos.
8. A los 40s, los compañeros de laboratorio deben alentar al sujeto a que se agarre aún más fuerte. Los datos se recopilarán durante 60s.
9. Determine la fuerza media ejercida durante tres intervalos de tiempo.
 - a) Seleccione los datos de 0s a 20s en el gráfico de fuerza frente a tiempo.
 - b) Haga click sobre **Opciones de Vista** y active la herramienta de **Tabla de Datos**. Ver figura 2.12

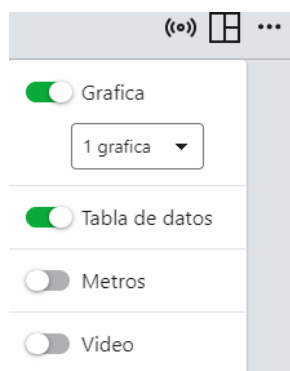


Figura 1.7: Activación Tabla de Datos

- c) Con los datos obtenidos por la tabla calcule la fuerza media del primer intervalo de 20s y registrelo en la Tabla 1, redondeando al 0.1 N. más cercano.
 - d) Repita este proceso para determinar la fuerza media para otros dos intervalos: 20s-40s y 40s-60s.
10. Utilizando el gráfico EMG, repita el paso 9 para registrar el máximo, el mínimo y ΔmV durante tres intervalos de tiempo: 0s-20s, 20s-40s y 40s-60s. Registre los valores en la Tabla 1, redondeando al 0.01mV más cercano.

Parte II Fuerza de agarre con retroalimentación visual

11. Haga que el sujeto se siente con la espalda recta y los pies apoyados en el suelo. El dinamómetro de mano debe sostenerse en la misma mano que se usó en la Parte I de este experimento. Indique al sujeto que coloque el codo en un ángulo de 90° , con el brazo sin apoyo, y que cierre los ojos o los desvíe de la pantalla.
12. Indique al sujeto que sujete el sensor con toda su fuerza y haga click en **Tomar Datos** para iniciar la recopilación de datos. El sujeto debe realizar un esfuerzo casi máximo durante la duración del experimento.
13. A los 40s, indique al sujeto que mire la pantalla e intente igualar su fuerza de agarre inicial (el nivel alcanzado en los primeros segundos del experimento). El sujeto debe mantener este control durante el período de recopilación de datos. Los datos se recopilarán durante 60s.
14. Determine la fuerza media ejercida durante tres intervalos de tiempo.
 - a) Seleccione los datos de 0s a 20s en el gráfico de fuerza frente a tiempo.
 - b) Haga click sobre **Opciones de Vista** y active la herramienta de **Tabla de Datos**. Ver figura 2.12
 - c) Con los datos obtenidos por la tabla calcule la fuerza media del primer intervalo de 20s y regístrelo en la Tabla 2, redondeando al 0.1 N. más cercano.
 - d) Repita este proceso para determinar la fuerza media para otros dos intervalos: 20s-40s y 40s-60s.
15. Utilizando el gráfico EMG, repita el paso 14 para registrar el máximo, el mínimo y ΔmV durante tres intervalos de tiempo: 0s-20s, 20s-40s y 40s-60s. Registre los valores en la Tabla 2, redondeando al 0.01mV más cercano.

Parte III. Fuerza de agarre repetitiva

16. Haga que el sujeto se siente con la espalda recta y los pies apoyados en el suelo. El dinamómetro de mano debe sostenerse en la misma mano que se usó en las partes I y II de este experimento. Indique al sujeto que coloque el codo en un ángulo de 90° , con el brazo sin apoyo, y que cierre los ojos o los desvíe de la pantalla.
17. Indique al sujeto que sujete y relaje rápidamente el sensor (aproximadamente dos veces por segundo). Haga click sobre **Tomar Datos** para iniciar la recopilación de datos. El sujeto debe esforzarse al máximo durante toda la recopilación de datos.
18. A los 40s, los compañeros de laboratorio deben alentar al sujeto a que se agarre aún más fuerte. Los datos se recopilarán durante 100s.
19. Determine la fuerza media ejercida durante tres intervalos de tiempo.
 - a) Seleccione los datos de 0s a 20s en el gráfico de fuerza frente a tiempo.
 - b) Haga click sobre **Opciones de Vista** y active la herramienta de **Tabla de Datos**. Ver figura 2.12
 - c) Con los datos obtenidos por la tabla calcule la fuerza media del primer intervalo de 20s y regístrelo en la Tabla 3, redondeando al 0.1 N. más cercano.
 - d) Repita este proceso para determinar la fuerza media para otros dos intervalos: 20s-40s y 40s-60s.

20. Utilizando el gráfico EMG, repita el paso 19 para registrar el máximo, el mínimo y ΔmV durante tres intervalos de tiempo: 0s-20s, 20s-40s y 40a-60s. Registre los valores en la Tabla 3, redondeando al 0.01mV más cercano.

Tabla 1: Fuerza de agarre continua sin retroalimentación visual				
Intervalo de Tiempo (s)	Fuerza de agarre medida (N)	Datos EMG		
		Max (mV)	Min (mV)	ΔmV
0-20				
20-40				
40-60				

Tabla 2: Fuerza de agarre continua con retroalimentación visual				
Intervalo de Tiempo (s)	Fuerza de agarre medida (N)	Datos EMG		
		Max (mV)	Min (mV)	ΔmV
0-20				
20-40				
40-60				

Tabla 3: Fuerza de agarre repetitiva				
Intervalo de Tiempo (s)	Fuerza de agarre medida (N)	Datos EMG		
		Max (mV)	Min (mV)	ΔmV
0-20				
20-40				
40-60				

1.5.1 Análisis Datos Registrados

Luego de haber trabajado sobre el marco teórico expuesto y haber realizado el laboratorio:

1. Utilice los datos de la Tabla 1 para calcular el porcentaje de pérdida de fuerza de agarre que se produjo entre los intervalos de 0s a 20s y de 20s a 40s. Describa una situación en la que tal pérdida de fuerza de agarre se note en su vida diaria.
2. Utilice los datos de la Tabla 1 para calcular el cambio porcentual de amplitud (ΔmV) en la actividad eléctrica que se produjo entre los intervalos de 0s a 20s y de 20s a 40s. Haga lo mismo con la fuerza de agarre. ¿Qué explica la diferencia en el cambio porcentual observado en la fuerza de agarre y ΔmV para los dos intervalos de tiempo?
3. Compare las fuerzas medias de agarre y ΔmV para los 0s-20s y 40s-60s en la Tabla 1. ¿Sus hallazgos apoyan o refutan la práctica de “entrenar desde el margen” en eventos deportivos?
4. Utilice los gráficos y los datos de la Tabla 1 para explicar cómo nuestros sistemas neuromusculares intentan superar la fatiga durante el trabajo pesado o el ejercicio. ¿Cómo puede la fatiga aumentar el riesgo de lesión musculoesquelética?
5. Compare los datos de las Tablas 1 y 2. Explique las diferencias observadas en los intervalos de tiempo de 40 a 60 s entre las dos tablas. ¿Qué te dice esto sobre el papel del cerebro en la fatiga?
6. La fuerza de agarre media es mucho menor para el agarre repetitivo (Tabla 3) que para el agarre continuo porque la relajación repetitiva de la mano se promedia en el cálculo.
 - a) Compare su fuerza de agarre media durante los intervalos de tiempo de 0s-20s y 40s-60s en las Tablas 1 y 3. Comparando el agarre continuo con el agarre repetitivo, ¿hubo alguna diferencia en su capacidad para recuperar fuerza con el entrenamiento?
 - b) Calcule el cambio porcentual en la fuerza de prensión media entre los intervalos de tiempo de 1s a 20s y de 20s a 40s en las Tablas 1 y 3. ¿Sus respuestas apoyan la relajación breve de los músculos para retrasar la fatiga?

1.6 Conclusiones

¿Qué puede concluir de este laboratorio?

1.7 Referencias

1. Gutiérrez, Carlos (2005). «1». Introducción a la Metodología Experimental (1 edición). Editorial Limusa. p. 15. ISBN 968-18-5500-0.
2. Tipler, P.A. Física Vol 1. Ed Reverté, México, (1985)
3. Sears, F.- Zemansky, M. Física Universitaria I. Ed Pearson, México (1999)
4. Serway, R. Física I para ciencias e ingeniería. Ed Thomson, México (2005)