

Reporte: Cambio en la actividad eléctrica del bíceps debido a distintas actividades físicas

Medición y Análisis en la Física Experimental
Laboratorio de Acústica
Asesor: Dra. Erin Mckiernan

Barceló Nieves Diego Alberto
Barrios Rosas Rogelio
Morales Cordova Juan Carlos

1. Resumen

Se realizaron electromiogramas de Contracción Muscular Máximo Sostenido (CMMS) durante un minuto del músculo bíceps en dos sujetos experimentales distintos. Los tres experimentos realizados en tres días distintos consistían en hacer once registros de CMMS, precedidos por un registro de ruido, y realizar una actividad específica durante un minuto entre cada registro y el siguiente. En un experimento se realizó un esfuerzo concéntrico del bíceps entre registros; en otro, un esfuerzo excéntrico y, en el último, el músculo se dejó reposar. El objetivo fue observar de qué manera se fatigaba el músculo de cada sujeto en las distintas pruebas observando en cambio en la actividad eléctrica muscular antes y después de las fatigas, con las hipótesis de que, a lo largo de cada prueba, la frecuencia y amplitud de los registros disminuiría con respecto al registro inicial, se observaría la menor disminución de amplitud y frecuencia durante los experimentos de reposo, y que la fatiga de los experimentos con ejercicio excéntrico entre registros sería menor a las de los experimentos con ejercicio concéntrico.

Después del análisis, se observó que la actividad física realizada por un músculo altera su actividad eléctrica induciendo fluctuaciones de amplitud y frecuencia, y que los músculos de cada sujeto reaccionan de formas particulares (debido a las condiciones individuales de cada sujeto experimental, como: sus actividades rutinarias, el tipo de comida, horas de descanso, etc.), por lo cual es difícil hacer una conclusión general sobre los fenómenos observados.

2. Introducción

En el trabajo previo de Molina, et. al (2016) se buscó establecer una relación entre los potenciales de acción del músculo bíceps y la fuerza generada por la contracción muscular del mismo utilizando electromiogramas(EMG), concluyendo que tanto la amplitud de la señal como la fuerza ejercida por el bíceps disminuía al fatigar el músculo. Debido a que la fuerza ejercida por los sujetos experimentales del presente experimento rebasaban las capacidades del instrumento de medición de fuerza, se tomó como objetivo buscar cuál es la relación entre el cambio de la amplitud y la frecuencia de los EMG al realizar contracciones musculares consecutivas. Las hipótesis fueron:

- En todos los casos, al aumentar los registros de cada prueba, la amplitud y la frecuencia de cada EMG disminuirá respecto al control.
- Habrá mayor disminución entre la amplitud y frecuencia de los EMG's de las pruebas con esfuerzo sostenido entre cada registro que en la prueba con reposo.
- Las concentraciones excéntricas sostenidas producirán una menor disminución en la amplitud de los EMG's que las contracciones concéntricas sostenidas.

3. Material

- Electrodo
- Spykerbox
- Garrafón 20L.
- Mancuerna de 4Kg
- Cronómetro
- Software de backer brains
- Gel para electrodos
- cinta de doble cara
- Caja de Faraday (papel aluminio)

4. Diseño experimental

Se realizaron 3 pruebas, con 12 registros electromiográficos de Esfuerzo Muscular Máximo Sostenido en cada una, como se muestra en la **Figura 1**. Entre cada registro del 2 al 12, fue realizada alguna de estas actividades, dos de las cuales se muestran en la **Figura 2**.

- Prueba 1 - Descanso
- Prueba 2 - Contracción concéntrica sostenida
- prueba 3 - Contracción excéntrica sostenida

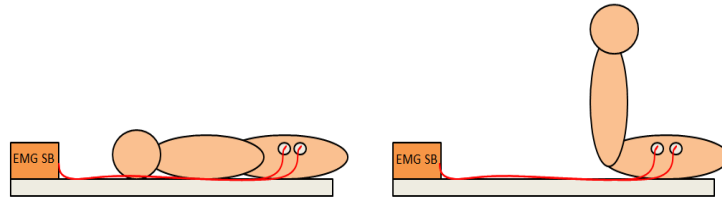


Figura 1: Aquí se muestra (de izquierda a derecha) el brazo en reposo, recostado sobre la mesa y la contracción de un minuto realizada durante el EMMS.

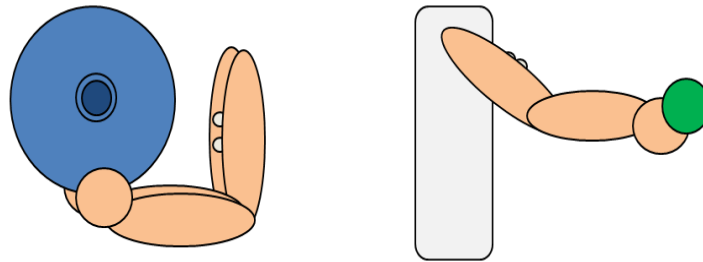


Figura 2: Aquí se muestra el ejercicio realizado entre registros en los experimentos de ejercicios concéntrico (lado izquierdo) y ejercicio excéntrico (lado derecho)

La prueba uno sirvió además como control para comparar con las otras dos. Para realizar las pruebas, se siguió el siguiente protocolo.

4.1. Protocolo experimental

Se realizaron 12 mediciones en total con cada individuo por cada una de las pruebas. Cada medición fue de 1 minuto. Antes de hacer cualquier experimento, se conectaron los 2 caimanes rojos a los electrodos del bíceps derecho del sujeto y el caimán negro en el electrodo (de referencia) sobre la clavícula de dicho sujeto; los electrodos fueron fijados con cinta de doble cara para que no se despegaran a la hora de realizar la contracción. Entonces la caja de registro de electromiogramas (spykerbox) era encendida y se ponía a una amplitud constante, marcada por una cinta sobre la perilla de amplitud de la caja para ocuparla de esta manera en todos los registros. También se cubrió la caja, con una caja de faraday

improvisada con papel aluminio para evitar que se nos filtrara ruido a la hora de las mediciones.

1.- La primera medición de cada experimento se registraron 60 segundos de ruido de fondo, medidos con cronómetro, durante los cuales el bíceps se mantuvo totalmente relajado, para evitar registrar cualquier cambio de potencial debido a la actividad muscular.

2.- El segundo registro se realizó inmediatamente después del anterior; servía como registro piloto del electromiograma generado por el bíceps en tensión máxima durante 50 segundos sin haber estado expuesto a ningún esfuerzo que pudiera alterar el registro del electromiograma. Teniendo la caja y los electrodos listos, se inició el registro con conteo cronométrico con el bíceps en estado de relajación y a los 5 segundos el sujeto realizó la CMMS, tensando el bíceps tanto como pudiera, y se le indicó mantener la máxima contracción durante 50 segundos, desde el segundo 5 hasta el 54, y en el 55 relajar el bíceps totalmente. El registro se detuvo al segundo 60. Los 5 segundos de registro en relajación dejados al inicio y final del EMG sirvieron como referencia de ruido de cada registro, para fines de análisis. La Contracción Muscular Máxima Sostenida se muestra en la Figura 3.

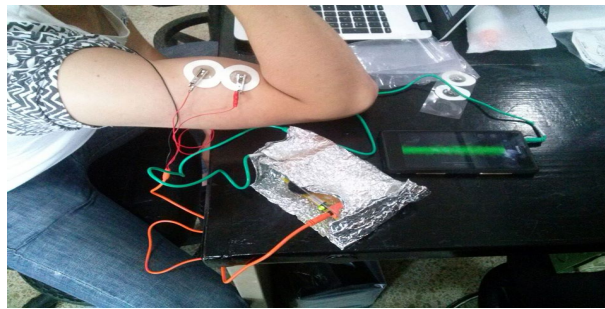


Figura 3: Foto del bíceps realizando la máxima contracción voluntaria mientras se realiza el registro electromiográfico.

3.- Inmediatamente después de terminar el registro, se realizó durante un minuto la actividad correspondiente a la prueba, ya fuera descanso, contracción excéntrica o concéntrica. Durante el minuto de actividad no se hicieron grabaciones con la caja de registro electromiográfico.

En el caso de la prueba 1, la actividad de descanso fue realizada simplemente dejando el brazo extendido y relajado sin realizar contracciones musculares para permitirle al bíceps tener un periodo de reposo antes de realizar nuevamente un registro con la máxima contracción voluntaria, como se muestra en la Figura 4.

En el caso de la prueba 2, la actividad de contracción concéntrica fue realizada con el individuo cargando un garrafón de agua de 20L lleno a su máxima capacidad (cargando 20 kilos aproximadamente) con sus dos brazos extendidos procurando no compensar con otros músculos y que para cargar el garrafón se

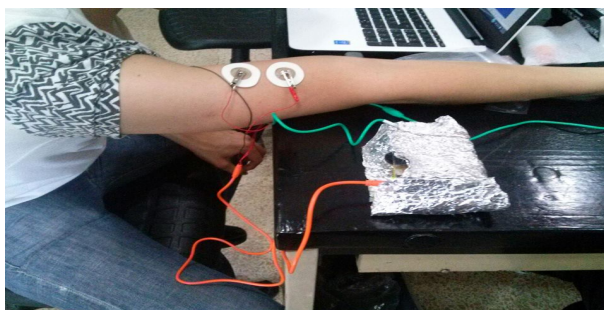


Figura 4: Foto del bíceps en reposo como actividad de la prueba 1.

utilizaran principalmente los bíceps. Ésto también se realizó durante 1 minuto.



Figura 5: Realización de la actividad de la prueba 2 para fatigar el músculo con una contracción concéntrica. Nótese que la espalda está recta, las piernas ligeramente flexionadas, y los codos están separados del torso. Sin embargo, las muñecas no deben de usarse para sostener el garrafón, deben estar extendidas para tener una mejor forma de fatiga, sin lastimar al sujeto experimental.

En el caso de la prueba 3, la actividad de contracción excéntrica la apertura del antebrazo respecto al brazo es de aproximadamente 135° y el brazo se mantuvo pegado al dorso del sujeto experimental para evitar compensación con otros músculos, cabe destacar que dicha actividad se realizó con el sujeto sentado en una silla para disminuir la compensación muscular. (Figura 5).

4.- Una vez terminado el tiempo de la actividad, se repitieron los pasos 2 y 3 en secuencia otras 10 veces consecutivas, para en total tener 12 grabaciones electromiográficas.

5.- Nombrar los registros según el sujeto experimental, el número de registro que son dentro de la prueba y el tipo de prueba al que corresponden y subirlos a la plataforma de SagemathCloud para su debido análisis.

Todo esto se hizo una vez con cada individuo, primero en Rogelio, o sea, los

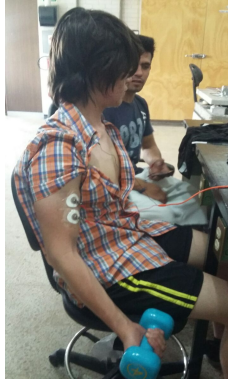


Figura 6: Fotografía de la realización de la actividad realizada en la prueba 3 como fatiga con contracción excéntrica.

12 registros con él, y después en Diego. En todas las pruebas la escala del electromiograma en el display del smartphone se mantuvo en 3mV y la amplificación de la caja de registro en la marca hecha sobre el dial de amplificación.

5. Resultados

De cada prueba se generaron 12 registros: el primero de ruido, el segundo, que es el control, donde el músculo aún no realiza alguna actividad y las siguientes 10, realizadas después de la actividad correspondiente a la prueba. Los registros (excepto por el de ruido), tienen la apariencia mostrada en la figura 7.

Ya que las 3 pruebas fueron realizadas por 2 sujetos experimentales, cada uno generó un total de 36 registros, sumando en conjunto 72 electromiogramas.

Se observó que en el décimo registro la actividad en el musculo de los sujetos experimentales fue completamente distinta a lo que se había propuesto en las hipótesis.

6. Conclusiones

Las actividades físicas sobre un músculo alteran su actividad eléctrica.

A pesar de los resultados inesperados en cuanto a valores máximos de amplitud, observamos que la fatiga sí induce mayores fluctuaciones en la actividad eléctrica muscular.

Aún bajo protocolos iguales, la manera en que el bíceps responde a la fatiga es muy distinta en cada sujeto debido a las condiciones individuales antes mencionadas

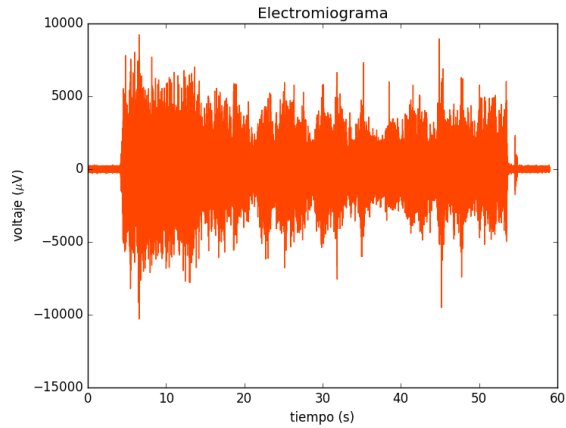


Figura 7: Décimo registro electromiográfico obtenido con el sujeto Diego después de realizar la contracción excéntrica

7. Trabajo futuro

Intentar otras técnicas de análisis de los 72 registros generados (e.g. graficar envolventes con una ventana de tiempo corregida, ver cómo incluir los registros de ruido o filtrar el ruido en los EMGs, etc.) para extraer mayor información del análisis de datos y con ella poder refutar o comprobar hipótesis, además de delimitar nuevas direcciones para el proyecto.

Repetir los tres experimentos con más sujetos experimentales, o enfocarse a alguno de los experimentos y repetirlo varias veces con más sujetos.

Hacer un registro continuo de las contracciones concéntricas máximas voluntarias y las actividades entre registros (no detenerlo al realizar las actividades de 60 segundos).

Si el siguiente equipo decide trabajar con el sensor PASCO, ajustar el sistema con resortes para poder medir fuerzas superiores a 50N sin dañar el dispositivo amplitud, frecuencia y fuerza con la actividad realizada.

Buscar la manera de cuantificar la fuerza ejercida por el bíceps durante las actividades de 60s (e.g. con ligas de resistencia).

Fatigar el músculo a través de ejercicios repetitivos en vez de esfuerzos sostenidos.

Hacer registros de contracción muscular voluntaria máxima instantánea, en vez de sostener la contracción por un minuto.

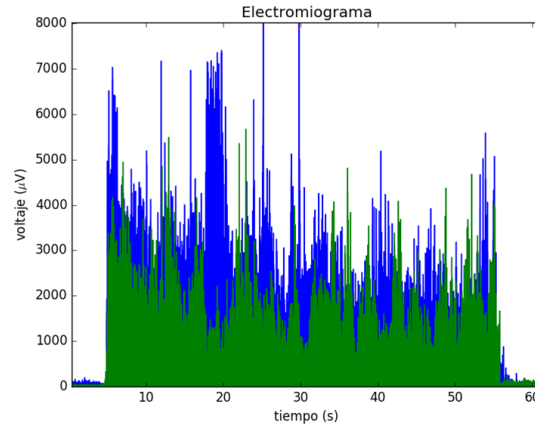


Figura 8: Muestra de comparación entre el primer (azul) y décimo (verde) registro de CMMS de un sujeto en el experimento 3

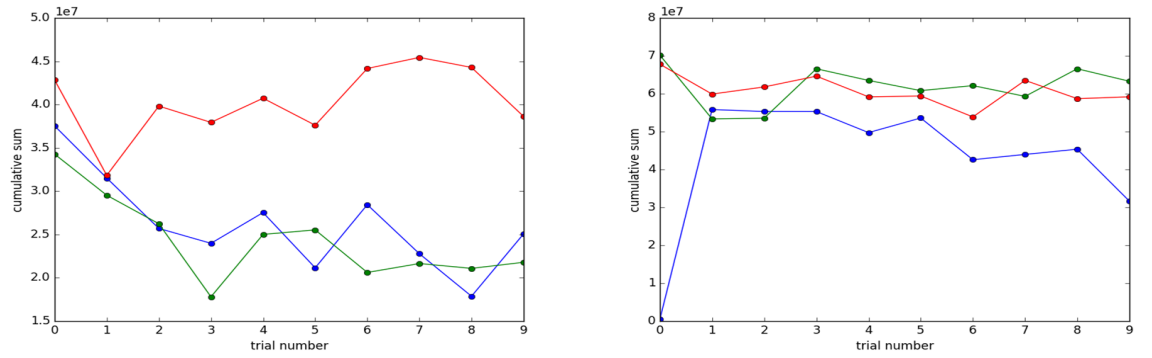


Figura 9: Aquí se observa la suma acumulativa (valor de área) de todos los electromiogramas registrados en las pruebas de reposo (rojo), contracción excéntrica (verde) y contracción concéntrica (azul).