

Effect of Prolonged Smartphone Use on Trapezius and Neck Extensor Muscle Activity, Using sEMG

R. Culque^{1,2}, A. Díaz^{1,2}, C. Aibar^{1,2}, N. Unsihuay^{1,2}

1. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

2. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

romina.culque@upch.pe, angie.diaz.t@upch.pe, cesar.aibar@upch.pe, nicole.unsihuay@upch.pe

Abstract— Intensive use of touchscreen mobile devices has increased musculoskeletal problems, particularly in the neck and shoulders, known as "text-neck." This study examines the effect of prolonged smartphone use on the activity of the trapezius and neck extensor muscles using surface electromyography (sEMG) in university students aged 20 to 25. The focus is on evaluating muscle activity, head and neck posture, and perceived discomfort in seated postures. The results provide quantitative data on muscle activity under typical smartphone usage conditions, which can be used to develop specific recommendations to reduce the risk of pain and musculoskeletal injuries. This study underscores the need for ergonomic interventions and preventive measures to address neck pain associated with prolonged smartphone use.

Index Terms— sEMG, smartphones, text-neck

I. INTRODUCCIÓN

El aumento del uso de dispositivos móviles con pantalla táctil ha provocado una epidemia de problemas musculoesqueléticos, particularmente en el cuello y los hombros, conocidos como "text-neck" [1], [2]. Los estudios han demostrado que el uso prolongado de teléfonos inteligentes está relacionado con un aumento significativo de dolor e incomodidad en el cuello [3]. Además, se ha demostrado que el uso prolongado de teléfonos inteligentes está relacionado con problemas posturales como la postura de cabeza adelantada (Forward Head Posture, FHP) [4].

El uso de dispositivos móviles con pantalla táctil ha aumentado significativamente en los últimos diez años. En los Estados Unidos, el porcentaje de personas que usan smartphones aumentó del 38% en 2011 al 77% en 2018, y en países como Corea del Sur ha alcanzado casi el 100% [2]. En todo el mundo, se registraron 7.300 millones de suscripciones móviles en 2015, con un aumento anual del 3% [3]. En 2024, se estima que aproximadamente 4.88 mil millones de personas poseen un smartphone, con un aumento significativo proyectado para los próximos años, alcanzando casi 6 mil millones para 2027.[5]

Este incremento en el uso de smartphones ha llevado a una mayor prevalencia de afecciones musculoesqueléticas. Un estudio realizado en 124 pacientes con cervicalgia no traumática encontró que el 50% de ellos usaban el teléfono

más de cuatro horas al día, lo que estaba relacionado con un mayor dolor en el cuello y los hombros [3]. Se encontró una correlación entre la edad y el tiempo de uso de un smartphone, indicando que a menor edad, se usa más [3]. Según estudios epidemiológicos, el uso de smartphones causa dolor en el cuello en el 71% de los estudiantes universitarios [6]. Además, se han reportado otros síntomas como cefalea en el 63.3% de los casos, irritabilidad en el 54.5%, ansiedad en el 50.7%, falta de concentración en el 47.4%, irritación ocular en el 36.8% e insomnio en el 31.3% [6].

La postura y la dinámica del uso del smartphone también afectan la carga muscular del cuello. Un estudio experimental encontró que los usuarios flexionan la cabeza más al escribir mensajes de texto en comparación con la navegación y mientras están sentados en comparación con estar de pie [2]. Además, los movimientos oscilatorios de la cabeza mientras se camina ejercen más carga dinámica sobre los músculos del cuello, aumentando el riesgo de dolor y fatiga muscular [2]. Otro estudio en usuarios de smartphones durante un día laboral típico encontró que pasaban más tiempo en posiciones de flexión de la cabeza mayores a 30 grados, lo cual se asoció con una mayor intensidad de la postura hacia abajo y, por lo tanto, con mayor riesgo de desarrollar síntomas de "text-neck" .

Según un estudio reciente en estudiantes de fisioterapia, el uso frecuente de teléfonos inteligentes está significativamente relacionado con la aparición de la postura de cabeza adelantada (FHP), que afecta la postura de manera permanente [4]. Estos datos destacan la importancia de investigar y abordar los factores ergonómicos y de uso que contribuyen a estos problemas de salud, así como la importancia de monitorear y controlar el uso de dispositivos móviles para prevenir trastornos musculoesqueléticos.

Este estudio examina cómo la postura de la cabeza y el cuello, la actividad muscular y la incomodidad percibida se relacionan con el uso prolongado de smartphones en diferentes actividades. Los hallazgos ayudarán a mejorar la comprensión de los peligros ergonómicos y biomecánicos del uso prolongado de smartphones y a desarrollar sugerencias para reducir estos peligros.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso intensivo de dispositivos móviles con pantalla táctil ha

llevado a un aumento significativo de problemas musculoesqueléticos en la región cervical, asociados con posturas incorrectas de la cabeza y el cuello. Estos problemas afectan principalmente al trapecio superior y a los músculos extensores del cuello. La flexión prolongada de la cabeza sobrecarga estos músculos, causando dolor e incomodidad. Aunque se reconoce la prevalencia de estos síntomas, la correlación precisa entre la postura de la cabeza y el cuello, la actividad muscular y la incomodidad percibida no ha sido completamente elucidada.

Estudios previos han demostrado una relación directa entre el uso prolongado de smartphones y el desarrollo de síntomas de "text-neck", subrayando la necesidad de evaluar cómo las diferentes posturas y actividades relacionadas con el uso de smartphones contribuyen a estos problemas de salud. Se ha encontrado que la postura del cuello y la cabeza durante el uso de smartphones está relacionada con un aumento de la actividad muscular y el malestar percibido. Además, la flexión de la cabeza incrementa la carga muscular en el cuello, exacerbando estos síntomas.

La postura y la dinámica del uso del smartphone también influyen significativamente en la carga muscular del cuello. Los usuarios tienden a flexionar más la cabeza al escribir mensajes de texto en comparación con navegar, y mientras están sentados en comparación con estar de pie. Movimientos oscilatorios de la cabeza durante la caminata también aumentan la carga dinámica en los músculos del cuello, incrementando el riesgo de dolor y fatiga muscular.

III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Se propone realizar un estudio utilizando electromiografía de superficie (sEMG) para evaluar el efecto del uso prolongado de smartphones en la actividad muscular del trapecio y del esternocleidomastoideo en estudiantes universitarios de entre 20 y 25 años. Este enfoque permitirá obtener datos cuantitativos sobre la actividad muscular en condiciones de uso típicas, identificando factores de riesgo como posturas y duraciones de uso perjudiciales. Además, los resultados servirán para desarrollar intervenciones preventivas, como programas de ejercicios y pausas activas, y para educar a los usuarios sobre la importancia de mantener una buena postura y realizar descansos regulares, reduciendo la incidencia de dolor cervical. Este estudio innovador, al utilizar sEMG, proporcionará una base sólida para futuras investigaciones y subrayará la necesidad de nuevas medidas para abordar el problema del dolor de cuello relacionado con el uso prolongado de smartphones.

IV. METODOLOGÍA

A. Protocolo de adquisición de señales

Se reclutaron 10 voluntarios para participar en el estudio de adquisición de señales electromiográficas (EMG) de los

músculos trapecio y esternocleidomastoideo. Todos los participantes proporcionaron consentimiento informado antes de la participación. Durante el estudio, se realizaron cuatro actividades específicas: estar en reposo, realizar un estiramiento de cabeza hacia adelante con asistencia de una banda para alcanzar la máxima actividad muscular en estos músculos, utilizar un celular y utilizar una laptop.

Para la adquisición de las señales electromiográficas (EMG), se emplearon sensores EMG de BiTalino [7], los cuales permitieron la captura, transmisión vía Bluetooth, visualización en el Software OpenSignals [8] y almacenamiento de las señales medidas. Se utilizaron dos dispositivos BiTalino simultáneamente para registrar la actividad electromiográfica del trapecio y del esternocleidomastoideo.

Previo a la colocación de los electrodos, se limpiaron las áreas del cuello y espalda correspondientes con alcohol isopropílico 70%.

Los electrodos se colocaron sobre la piel seca en los músculos esternocleidomastoideo (SCM) y trapecio superior (TRP) del lado dominante [9]. Según el protocolo para el músculo SCM [9], los electrodos se colocarán a lo largo de la porción esternal, con el centro del electrodo a un tercio de la distancia entre el proceso mastoideo y la muesca esternal [5]. El electrodo de referencia se colocará en el proceso acromial derecho del músculo SCM. Para el músculo TRP, ambos electrodos bipolares se posicionaron a 20-30 mm laterales al punto medio de una línea entre el acromion y la vértebra C7 [9], mientras que el electrodo de referencia se colocó en la vértebra cervical C7. Los procedimientos de colocación de electrodos y preparación de la piel se siguieron estrictamente según las guías de ISEK [10] y SENIAM [11].

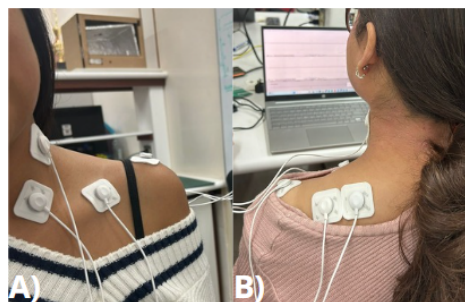


Fig 1. Distribución de electrodos A) SCM. B) TRP

La medición de la actividad muscular se llevó a cabo en condiciones de reposo y de contracción máxima voluntaria (CMV). En primer lugar, se midió la actividad muscular en condición de reposo con la postura del cuello erguida [9]. Luego, se procedió a medir la actividad muscular de CMV en cada sujeto para la normalización de los datos. Para la medición de CMV en el músculo SCM, se pidió al sujeto que estabilice su cabeza y flexione su cuello hacia adelante contra una banda de resistencia durante 5 segundos, y luego libere gradualmente la fuerza [9]. La flexión máxima del cuello sin movimiento de los hombros se consideró como CMV en el

SCM [10], [12], [13]. Para el músculo TRP, se organizó una fuerza de carga estática para tirar del hombro hacia abajo, generando máxima actividad muscular en el TRP cuando el sujeto intente tirar de la fuerza hacia arriba sin mover los hombros [10], [11], [14]. El ángulo de flexión del cuello se prefijó entre 40° y 45° [9], y los participantes mantendrán su ángulo de flexión entre 33° y 45° durante el uso del smartphone, según estudios previos [12], [15], [16], [17], [18]. Las respuestas musculares se medirán en posturas de cuello neutral y flexionado, y los participantes se sentarán en una postura erguida durante 30 segundos (postura neutral) [9], luego flexionó su cuello durante 20 segundos (postura de cuello flexionado) [9] y volverán a la postura neutral. Esta actividad muscular se considerará como TaskRMS. El ángulo de flexión se mantendrá usando un goniómetro digital y el experimento se repetirá tres veces. Los resultados de la actividad se presentarán como EMG normalizado (%) para comparar entre sujetos.

La señal en reposo se tomó como la señal basal o de referencia. La señal CMV se consideró como la actividad muscular máxima (límite). De esta manera, buscamos comparar la actividad muscular generada al utilizar un celular con la actividad basal y con el límite superior. Además, evaluamos la actividad muscular al utilizar otro dispositivo electrónico, en este caso una laptop, para compararla también con la actividad generada al usar el celular.

B. Filtrado

Inicialmente, se aplicó una Transformada Rápida de Fourier (FFT) para analizar las señales, revelando la presencia de un pico en 60 Hz, un artefacto típico causado por la interferencia eléctrica de la red (220 Vrms @ 60 Hz). Para mitigar este artefacto, se implementó un filtro notch. Posteriormente, siguiendo las recomendaciones de [19], se procedió a reducir otros artefactos en la señal utilizando la wavelet sym5 con un nivel de descomposición de 4 y aplicando Soft Thresholding como método de umbralización.

C. Extracción de características

Para evaluar las características, tomaremos como referencia los estudios presentados en [19], [20] y [21], donde se calculó el Valor Cuadrático Medio (RMS) (1), el Valor Absoluto Medio (MAV) (2), la Frecuencia Media (MN) (3), y la Frecuencia Mediana (MNF) (4).

$$RMS = \sqrt{\left(\frac{1}{s}\right) \sum_{i=1}^s EMG_i^2} \quad (1)$$

$$MAV = \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{i=1}^s |EMG_i|$$

$$MN = \frac{\sum_{i=1}^{MDF} P_i}{MDF} \quad (3)$$

$$MNF = \frac{\sum_{i=1}^M f_i P_i}{\sum_{i=1}^M P_i} \quad (4)$$

Para la extracción de características, se empleó una wavelet db7 con un nivel de descomposición de 4, conforme a la metodología propuesta en [22]. A partir de los coeficientes obtenidos, se realizó el cálculo de las características mencionadas.

D. Statistical analysis

Se aplicó la prueba no paramétrica de signo y rango de Wilcoxon para dos muestras relacionadas. Se compararon cada par de actividades utilizando como parámetros el Valor Absoluto Medio (MAV) y la Raíz Cuadrada Media (RMS) de las señales EMG. Estas pruebas se realizaron por separado para cada músculo evaluado, tanto el trapecio como el esternocleidomastoideo

V. RESULTADOS

El estudio examinó la actividad muscular de los músculos esternocleidomastoideo (SCM) y trapecio (TRP) en cuatro condiciones diferentes: descanso, ejercicio con banda, uso de teléfonos inteligentes y uso de computadoras portátiles. Los datos se analizaron utilizando el valor absoluto medio (MAV) y la raíz cuadrática media (RMS) como parámetros.

A. Esternocleidomastoideo

Se obtuvieron los parámetros resumidos en la Tabla 1.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DEL EMG TOMADO EN EL
ESTERNOCLEIDOMASTOIDEO

Característica	Reposo	Ejercicio con banda elástica	Usando celular	Usando Laptop
MAV	0.0008091	0.0065937	0.0009214	0.0011751
RMS	0.0033088	0.0260324	0.0039618	0.0045398
MN	11.05432	42.38238	23.44907	32.48427
MNF	24.67834	38.7607	19.59622	28.99049

Las distribuciones de los parámetros calculados se observan en los gráficos de caja y bigotes mostrados en las Figuras 2-5.

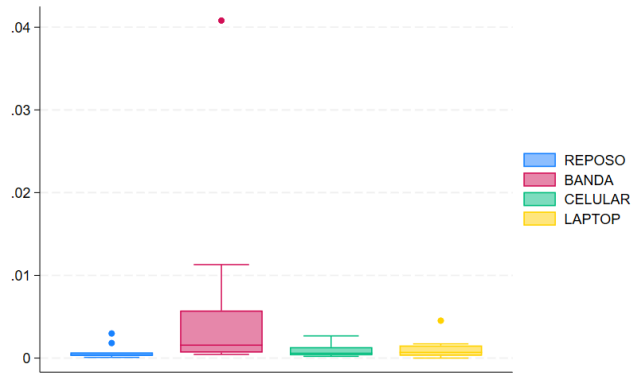


Fig 2. MAV del EMG medido en el esternocleidomastoideo.

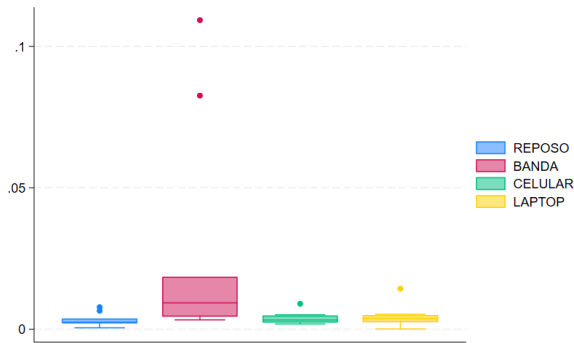


Fig 3. RMS del EMG medido en el esternocleidomastoideo.

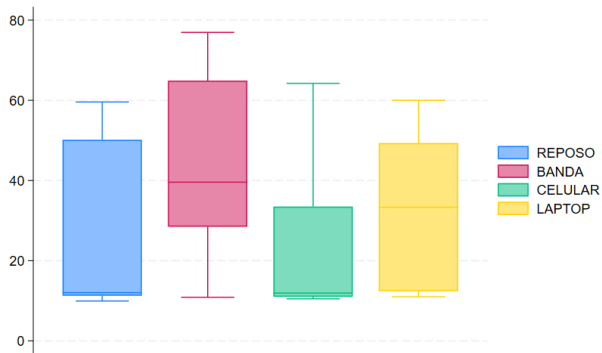


Fig 4. MN del EMG medido en el esternocleidomastoideo.

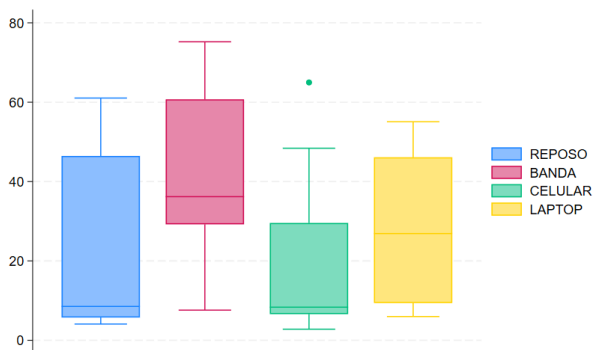


Fig 5. MNF del EMG medido en el esternocleidomastoideo.

Los resultados de la prueba no paramétrica de signo y rango de Wilcoxon para este caso se muestran en las Tablas 2 y 3.

TABLA 2
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SIGNO Y RANGO DE WILCOXON, PARÁMETRO: MAV

Comparación	p-value
Reposo VS Ejercicio con banda elástica	<0.01
Reposo VS Usando celular	0.8438
Reposo VS Usando Laptop	0.2626

TABLA 3
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SIGNO Y RANGO DE WILCOXON, PARÁMETRO: RMS

Comparación	p-value
Reposo VS Ejercicio con banda elástica	<0.01
Reposo VS Usando celular	0.5754
Reposo VS Usando Laptop	0.1614

B. Trapecio

Se obtuvieron los parámetros resumidos en la Tabla 4.

TABLA 4
CARACTERÍSTICAS DEL EMG TOMADO EN EL TRAPECIO

Característica	Reposo	Ejercicio con banda elástica	Usando celular	Usando Laptop
MAV	0.005505	0.009627	0.007728	0.005386
RMS	0.014864	0.0252971	0.0170366	0.0217933
MN	51.53286	67.73334	60.80358	49.61974
MNF	51.42789	61.98308	52.36183	45.03238

Las distribuciones de los parámetros calculados se observan en los gráficos de caja y bigotes mostrados en las Figuras 6-10

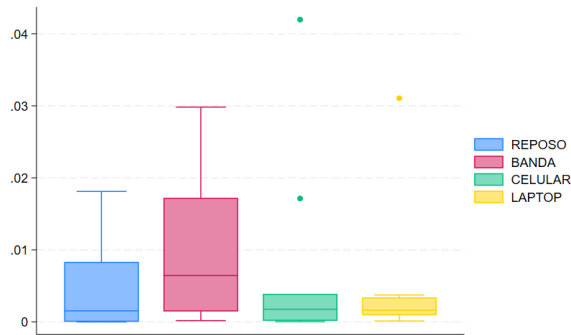


Fig 6. MAV del EMG medido en el trapecio.

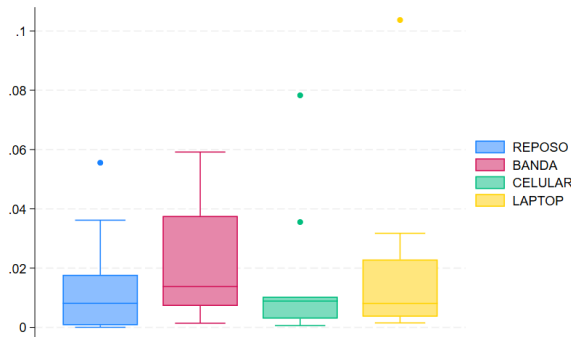


Fig 7. RMS del EMG medido en el trapecio.

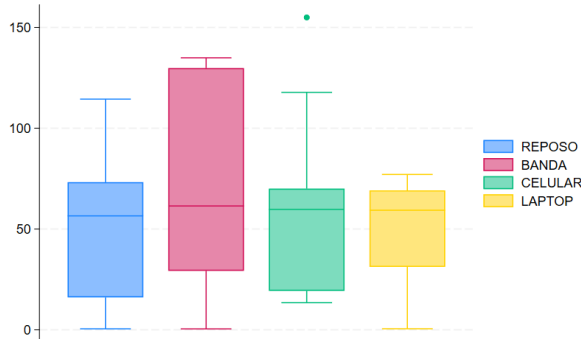


Fig 8. MN del EMG medido en el trapecio.

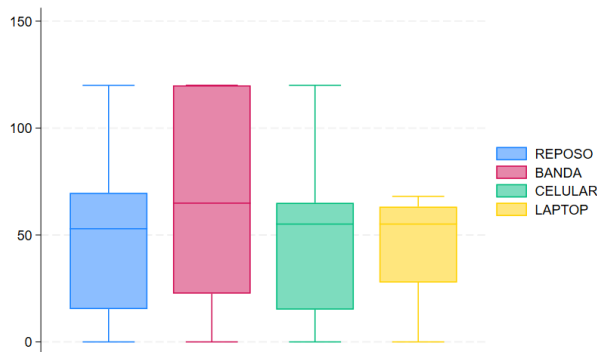


Fig 9. MNF del EMG medido en el trapecio.

Los resultados de la prueba no paramétrica de signo y rango de Wilcoxon para este caso se muestran en las Tablas 5 y 6.

TABLA 5
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SIGNO Y RANGO DE WILCOXON, PARÁMETRO: MAV

Comparación	p-value
Reposo VS Ejercicio con banda elástica	<0.01
Reposo VS Usando celular	0.7671
Reposo VS Usando Laptop	0.2626

TABLA 6
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SIGNO Y RANGO DE WILCOXON, PARÁMETRO: RMS

Comparación	p-value
Reposo VS Ejercicio con banda elástica	0.0742
Reposo VS Usando celular	0.9528
Reposo VS Usando Laptop	0.2076

Se observó tanto para el esternocleidomastoideo como para el trapecio que la actividad muscular al utilizar el celular muestra un aumento en comparación con la actividad muscular en reposo; sin embargo, esta diferencia no alcanzó significancia estadística. De manera similar, al comparar el uso de una laptop con el reposo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la actividad muscular. Para el músculo esternocleidomastoideo (SCM), los niveles de actividad durante el reposo fueron mínimos, sirviendo como referencia inicial. Los valores de MAV y RMS durante el descanso fueron consistentemente bajos, indicando una actividad muscular mínima. El ejercicio con banda mostró un aumento en la actividad muscular en comparación con el reposo. Sin embargo, solo los valores de RMS mostraron un aumento estadísticamente significativo, reflejando una mayor participación muscular. Durante el uso de teléfonos inteligentes y computadoras portátiles, tanto los valores MAV como RMS indicaron un aumento de la actividad muscular en comparación con el reposo, pero estos aumentos no fueron estadísticamente significativos.

Para el músculo trapecio (TRP), los niveles de actividad durante el reposo también fueron bajos. El ejercicio con banda provocó un aumento en la actividad muscular, pero solo los valores de RMS mostraron un aumento estadísticamente significativo. El uso de teléfonos inteligentes y computadoras

portátiles resultó en un aumento de los valores MAV y RMS en comparación con el reposo, pero estos aumentos no alcanzaron significación estadística.

Se observó que la actividad muscular aumentaba durante el uso del teléfono inteligente en comparación con el reposo tanto para el SCM como para el TRP; sin embargo, estas diferencias no alcanzaron significación estadística. Del mismo modo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la actividad muscular al comparar el uso del portátil con el reposo para ambos músculos.

VI. CONCLUSIONES

Tanto el uso de celulares como de laptops mostró un incremento en la actividad muscular en ambos músculos respecto al reposo, sugiriendo una tendencia que podría tener implicaciones a largo plazo en la salud musculoesquelética.

El ejercicio con banda resultó en un aumento significativo en los valores de RMS para ambos músculos, indicando una mayor activación muscular, lo que sugiere que los ejercicios de estiramiento y fortalecimiento con bandas pueden ser efectivos para reducir el malestar asociado con el uso prolongado de dispositivos. Este hallazgo subraya la necesidad de implementar intervenciones ergonómicas, tales como ajustar la altura de las pantallas y tomar descansos frecuentes, para minimizar la tensión en el cuello y los hombros y prevenir problemas musculoesqueléticos a largo plazo. Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales con tamaños de muestra más grandes y una mayor diversidad en las posturas y hábitos de uso para validar y expandir estos hallazgos.

En conclusión, aunque las diferencias en la actividad muscular no fueron estadísticamente significativas, los resultados indican una tendencia preocupante que resalta la importancia de abordar los riesgos ergonómicos asociados con el uso prolongado de dispositivos móviles. Implementar las recomendaciones propuestas puede contribuir a mejorar la salud y el bienestar de los usuarios frecuentes de estos dispositivos.

VII. RECOMENDACIONES

Consideramos que varios factores podrían haber influido en los resultados obtenidos. Uno de los principales factores es que las mediciones se realizaron poco después de que los voluntarios comenzaran a realizar las actividades. Para futuros estudios, sugerimos tomar las mediciones luego de un período prolongado de uso del celular u otro dispositivo electrónico que se desee evaluar. Esto podría proporcionar una visión más precisa de la actividad muscular sostenida y ayudar a identificar diferencias significativas que no fueron evidentes en el presente estudio.

REFERENCIAS

- [1] C. D'Anna, M. Schmid, y S. Conforto, "Linking head and neck posture with muscular activity and perceived discomfort during prolonged smartphone texting", *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 83, p. 103134, may 2021, doi: 10.1016/j.ergon.2021.103134.
- [2] W. Yoon, S. Choi, H. Han, and G. Shin, "Neck Muscular Load When Using a Smartphone While Sitting, Standing, and Walking," *Hum. Factors J. Hum. Ergon. Factors. Soc.*, vol. 63, no. 5, pp. 868–879, Aug. 2021, doi: 10.1177/0018720820904237.
- [3] L. Vera Mendieta y M. G. Trejo Yañez, "Relación de la disfunción miofascial cervical y el uso de teléfonos inteligentes en estudiantes de fisioterapia UAQ," *Licenciatura en Fisioterapia, Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro*, 24 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3648>.
- [4] G. Daniel, Anak Agung Gede Angga Puspa Negara, Indira Vidiari Juhanna, and Ni Wayan Tianing, "The Relation Between Smartphone Use with Forward Head Posture Occurrence in Undergraduate Physiotherapy Student," *Phys. Ther. J. Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 44–48, Dec. 2022, doi: 10.51559/ptji.v3i2.51.
- [5] B. Team, "Smartphone Usage Statistics," Backlinko, Mar. 13, 2024. <https://backlinko.com/smartphone-usage-statistics>
- [6] J. Domínguez Gasca et al., "Cervicalgia no traumática y su relación con el uso de teléfonos móviles," *Acta Médica*, vol. 18, no. 2, pp. 145-152, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/actmed/am-2018/am182b.pdf>.
- [7] "electromyography-emg-user-manual.pdf". Accessed: July 2, 2024. [Online]. Available at: <https://www.bitalino.com/storage/uploads/media/electromyography-emg-user-manual.pdf>
- [8] "OpenSignals", PLUX Biosignals. Accessed: July 2, 2024. [Online]. Available at: <https://www.pluxbiosignals.com/pages/opensignals>
- [9] B. P. Dandumahanti and M. Subramaniyam, "Wireless sEMG Sensor for Neck Muscle Activity Measurement and Posture Classification Using Machine Learning," *IEEE Sens. J.*, vol. 23, no. 24, pp. 31220–31228, Dec. 2023, doi: 10.1109/JSEN.2023.3329383.
- [10] "Standards-for-Reporting-EMG-Data.pdf". Accessed: July 2, 2024. [Online]. Available at: <https://isek.org/wp-content/uploads/2015/05/Standards-for-Reporting-EMG-Data.pdf>
- [11] "Welcome to SENIAM." Accessed: May 18, 2024. [Online]. Available: <http://www.seniam.org/>
- [12] E. Garosi et al., "Design and ergonomic assessment of a passive head/neck supporting exoskeleton for overhead work use," *Appl. Ergon.*, vol. 101, p. 103699, May 2022, doi: 10.1016/j.apergo.2022.103699.
- [13] P. Areudomwong, K. Oapdunsalam, Y. Havicha, S. Tantai, and V. Butttagat, "Effects of Shoulder Taping on Discomfort and Electromyographic Responses of the Neck While Texting on a Touchscreen Smartphone," *Saf. Health Work*, vol. 9, no. 3, pp. 319–325, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.shaw.2017.07.004.
- [14] M. Smulders, A. Naddeo, N. Cappetti, E. D. van Grondelle, U. Schultheis, and P. Vink, "Neck posture and muscle activity in a reclined business class aircraft seat watching IFE with and without head support," *Appl. Ergon.*, vol. 79, pp. 25–37, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.apergo.2018.12.014.
- [15] S. Kazeminasab et al., "Neck pain: global epidemiology, trends and risk factors," *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 23, no. 1, p. 26, Jan. 2022, doi: 10.1186/s12891-021-04957-4.
- [16] S. Ahmed, A. Mishra, R. Akter, Md. H. Shah, and A. A. Sadia, "Smartphone addiction and its impact on musculoskeletal pain in neck, shoulder, elbow, and hand among college going students: a cross-sectional study," *Bull. Fac. Phys. Ther.*, vol. 27, no. 1, p. 5, Feb. 2022, doi: 10.1186/s43161-021-00067-3.
- [17] A. Nunes, M. Espanha, J. Teles, K. Petersen, L. Arendt-Nielsen, and F. Carnide, "Neck pain prevalence and associated occupational factors in Portuguese office workers," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 85, p. 103172, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.ergon.2021.103172.
- [18] S. Lee, H. Kang, and G. Shin, "Head flexion angle while using a smartphone," *Ergonomics*, vol. 58, no. 2, pp. 220–226, 2015, doi: 10.1080/00140139.2014.967311.
- [19] "Discrete wavelet transform based processing of embroidered textile-electrode electromyography signal acquired with load and pressure effect - Bulcha Belay Etana, Ahmed Ali Dawud, Benny Malengier, Wojciech Sitek, Wendimu Fanta Gemechu, Janarthanan Krishnamoorthy,

- Lieva Van Langenhove, 2024." Accessed: May 17, 2024. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15280837241232449>
- [20] "Fig. 3. The values of MAV, RMS, MEF, and MDF for bicep muscle.," ResearchGate. Accessed: May 18, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/The-values-of-MAV-RMS-MEF-and-MDF-for-bicep-muscle_fig3_328141269
- [21] J. M. L. Villagómez, R. I. M. Chávez, J. M. L. Hernández, and C. Rodríguez-Donate, "Hand movement classification by time domain feature extraction in EMG signals," in 2023 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC), Oct. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ROPEC58757.2023.10409406.
- [22] A. Phinyomark, C. Limsakul, and P. Phukpattaranont, "Application of Wavelet Analysis in EMG Feature Extraction for Pattern Classification," *Meas. Sci. Rev.*, vol. 11, pp. 45–52, Jun. 2011, doi: 10.2478/v10048-011-0009-y.



R. Culque was born in Lima, Perú in 2003. She is a biomedical engineering student at Pontificia Universidad Católica del Perú and Universidad Peruana Cayetano Heredia since 2021.

Driven by a continuous desire to learn more about biomedical science, she has been involved in several projects and internships, including an

internship at the Biomedical Engineering Laboratory at UPCH in February of 2024 and currently an internship at the Developmental Neurobiology Laboratory at UPCH. Looking ahead, she aims to specialize in the field of tissue engineering or in medical signals and imaging.



A. Díaz was born in Ica, Perú, in 2002. She is a seventh-semester student of Biomedical Engineering at the Pontifical Catholic University of Peru and the Peruvian University Cayetano Heredia. She is interested in developing projects focused on biomechanics and rehabilitation. In the future, she aims to gain extensive experience in the field of medical devices and clinical engineering. Her goal is to contribute to the advancement of healthcare technology by working on innovative medical devices that improve patient care and outcomes.



C. Aibar was born in Lima, Peru, in 2000. He is a student of biomedical engineering at the Pontifical Catholic University of Peru (PUCP) and the Peruvian University Cayetano Heredia (UPCH). He is interested in clinical engineering and physical rehabilitation, with a particular focus on the equipment, maintenance, and management of medical devices. He has experience with clinical

laboratory equipment, especially in the areas of biochemistry

and hematology. Additionally, he is taking extracurricular courses to further immerse himself in the fields of clinical engineering and management.



N. Unsihuay was born in Lima, Peru, in 2001. From an early age she was part of the "Mini Academy of Science and Technology" (MACTEC), where she had her first contact with science. She is currently a biomedical engineering student in the joint program of PUCP and UPCH. During her academic years she carried out her first research in the LIBRA laboratory, which motivated her to explore various

fields of biomechanics and biosensors. She has participated in innovative projects, such as the biomechanical analysis of stuttering, real-time detection of kidney ultrasounds using artificial intelligence, and the integration of biosensors in cosmetic products. In the future, she aspires to specialize in Signal Engineering and Medical Imaging.