

El Impacto de la Fatiga Visual Digital en la Productividad y la Salud Ocular

Dado el crecimiento masivo en el uso de dispositivos digitales en los últimos años, muchos millones de personas de todas las edades están en riesgo de sufrir los síntomas de la fatiga visual digital (FVD) [1], una enfermedad que ha estado relacionada con problemas de visión desde 1987 debido al uso prolongado de dispositivos digitales [2]. Después de la implementación del confinamiento debido a la COVID-19, hubo un aumento significativo en el uso de dispositivos digitales [3], así como un deterioro gradual de la salud ocular en todas las categorías de edad [4]. Es por esto, que la fatiga visual digital representa un riesgo significativo para la salud, afectando la productividad de millones de usuarios, lo que hace necesarias soluciones innovadoras para mitigar sus efectos adversos en la fuerza laboral.

También llamada síndrome de visión por computadora (CVS, por sus siglas en inglés), afecta a un gran número de personas, lo que conlleva a una disminución significativa en la productividad laboral y, por ende, tiene un impacto económico importante en la sociedad actual [4]. La FVD no solo provoca molestias físicas, como sequedad ocular y dolores de cabeza, sino que también puede afectar negativamente la calidad del trabajo realizado frente a las pantallas digitales [1]. Aunque los síntomas suelen ser transitorios, la condición puede causar molestias significativas y frecuentes para los afectados, lo que puede tener consecuencias económicas importantes cuando los usuarios de computadoras en entornos laborales se ven afectados debido a errores aumentados y a la necesidad de tomar descansos más frecuentes [1]. Según una encuesta realizada a optometristas estadounidenses, el 14.25\% de los pacientes que visitaron una clínica de optometría experimentaban síntomas relacionados con el uso de computadoras [4].

En este contexto, los lentes electrónicos controlados por señales electromiografías (EMG) han surgido como una solución innovadora prometedora en el campo de la ingeniería biomédica [5]. Básicamente, son unos lentes automáticos que permiten modificar a voluntad del usuario la potencia óptica, permitiendo así ver a cualquier distancia deseada. Estos dispositivos ofrecen una potencial solución tanto para la fatiga visual digital como para enfermedades oftalmológicas crónicas como la presbicia [5]. Al estudiar la relación cuantitativa de potencia óptica entre el sistema natural del ojo y los lentes automáticos controlados por EMG, se busca comprender cómo estos dispositivos pueden mitigar la FVD y mejorar la calidad de vida de los usuarios, teniendo así un impacto en la sociedad.

Avances en el desarrollo de lentes automáticos controlados por señales EMG puede aliviar considerablemente los síntomas asociados a la Fatiga Visual Digital [5]. La capacidad de ajustar automáticamente y a voluntad la potencia óptica de los lentes automáticos según las necesidades visuales del usuario no solo mejora presuntamente la comodidad, sino que también reduce la fatiga ocular, permitiendo a las personas continuar con sus actividades diarias sin interrupciones debidas a la incomodidad visual [5]. Esto, a su vez, llevaría a una mayor productividad en el trabajo y una mejora en la calidad del tiempo de ocio, lo que se

traduce en un aumento de la eficiencia económica y una mejor calidad de vida para los individuos.

En el caso de la presbicia, una condición visual relacionada con la dificultad para enfocar objetos cercanos debido a la pérdida de flexibilidad del cristalino con el envejecimiento, los lentes automáticos controlados por señales EMG ofrecen una solución prometedora [5]. Al ajustar automáticamente la potencia de los lentes según las necesidades visuales del usuario, estos dispositivos pueden proporcionar una visión clara tanto de cerca como de lejos, eliminando la necesidad de cambiar constantemente entre gafas para diferentes distancias [5]. Esto no solo mejora la comodidad y la conveniencia para las personas afectadas, sino que también les permite llevar a cabo sus actividades diarias de manera más efectiva y sin obstáculos visuales.

La importancia social de estas innovaciones biomédicas es clara. Al ofrecer soluciones eficaces y accesibles para la Fatiga Visual Digital (FVD) y la presbicia, se eleva significativamente la calidad de vida de las personas. Esto les permite no solo participar activamente en la sociedad, mantener empleos productivos y disfrutar plenamente de sus vidas personales, sino también contribuir de manera más significativa al bienestar general [5]. Además, al disminuir la carga económica vinculada al tratamiento de estas condiciones, se liberan recursos financieros que pueden ser canalizados hacia otras áreas de la atención médica. Esto no solo beneficia a un mayor número de personas en la sociedad, sino que también promueve la equidad y la accesibilidad en el sistema de salud, generando un impacto positivo en la comunidad en su conjunto [3].

El enfoque de ingeniería biomédica, énfasis de la carrera de bioingeniería, se vincula con este proyecto como la convergencia interdisciplinaria entre la medicina y la ingeniería electrónica. Esta fusión permite transformar la tecnología electrónica en dispositivos óptimos para interactuar con seres humanos y tratar enfermedades. La bioingeniería abarca un espectro amplio, empleando avances científicos y tecnológicos para resolver problemas vinculados con la vida de los organismos, mientras que la ingeniería biomédica se centra exclusivamente en cuestiones relacionadas con la vida humana. Mi énfasis en ingeniería biomédica se fundamenta en la utilización de las herramientas de ingeniería para mejorar la calidad de vida de las personas mediante investigaciones médicas, el desarrollo de dispositivos y medicamentos, entre otros aspectos.

Este proyecto de grado consiste en una investigación sobre la fatiga ocular en individuos que utilizan lentes automáticos controlados por señales EMG durante periodos prolongados frente a pantallas digitales. El objetivo es cuantificar la relación de potencia óptica entre el sistema natural conformado por el cristalino y el sistema artificial constituido por el lente automático, con el propósito de determinar su influencia en la fatiga ocular. Mi formación como bioingeniero en la PUJ me proporcionó conocimientos sobre los principios de la ingeniería electrónica, incluyendo temas de electrónica analógica y control de sistemas. Esta base me permitió comprender el sistema híbrido que investigo y reconocer que los procesos fisiológicos del cuerpo humano pueden conceptualizarse como sistemas dinámicos. Los lentes automáticos constituyen un sistema híbrido al combinar actuadores naturales y artificiales, y además, funcionan con retroalimentación biológica a través de

señales EMG, lo que implica un control cerrado mediante señales biológicas para regular el sistema.

Mi formación en ingeniería biomédica también me ha proporcionado una comprensión de la fisiología de los sistemas desde una perspectiva biológica y matemática, lo que ha agudizado mi interés en los modelos relacionados con estos sistemas. Mi aspiración siempre ha sido contribuir al trabajo de los médicos, y considero que este proyecto de grado me brinda la oportunidad de realizar investigaciones científicas en el campo de la medicina, lo cual encuentro enormemente gratificante como estudiante investigador.

En conclusión, los lentes electrónicos controlados por señales EMG representan una innovación tecnológica prometedora para abordar la Fatiga Visual Digital y la presbicia, ofreciendo una mejora significativa en la calidad de vida de las personas afectadas. Estos dispositivos no solo alivian los síntomas asociados con la FVD, sino que también proporcionan una solución conveniente y efectiva para la presbicia, mejorando así la comodidad y la funcionalidad visual de los usuarios [5]. Además de su impacto directo en la salud ocular, estos avances tecnológicos tienen ramificaciones económicas y sociales importantes. Al mejorar la productividad laboral y la calidad del tiempo de ocio de las personas, se promueve un aumento en la eficiencia económica y una mejor calidad de vida para los individuos, contribuyendo así al progreso global de la sociedad [1]. La convergencia entre la medicina y la ingeniería electrónica, como se refleja en este proyecto, representa un paso significativo hacia un futuro donde la tecnología no solo mejora la salud humana, sino que también enriquece la experiencia de vida en diversos aspectos. Este proyecto ilustra el potencial transformador de la bioingeniería y su capacidad para abordar desafíos de salud pública de manera innovadora y efectiva. Al centrarse en la mejora de la calidad de vida de las personas a través de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, este énfasis demuestra el valor intrínseco de la intersección entre la medicina y la ingeniería, brindando soluciones tangibles y significativas para problemas de salud del mundo real. En última instancia, este proyecto no solo representa un logro académico personal, sino también un paso adelante hacia un futuro donde la innovación y la colaboración entre disciplinas transforman la forma en que enfrentamos los desafíos de salud y mejoran la vida de las personas en todo el mundo.

Referencias:

- [1]. A. L. Sheppard y J. S. Wolffsohn, «Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration,» *BMJ open ophthalmology*, vol. 3, n.o 1, e000146, 2018. doi: 10.1136/bmjophth-2018-000146.
- [2]. I. Mylona, M. N. Glynatsis, G. D. Floros y S. Kandarakis, «Spotlight on Digital Eye Strain,» *Clin Optom (Auckl)*, vol. 15, págs. 29-36, feb. de 2023. doi: 10.2147/OPTO.S3 89114.
- [3]. A. Mataftsi, A. K. Seliniotaki, S. Moutzouri et al., «Digital eye strain in young screen users: A systematic review,» *Preventive medicine*, vol. 170, pág. 107 493, 2023. doi: 10.1016/j.ypmed.2023.107493.
- [4]. A. Alamri, K. A. Amer, A. A. Aldosari et al., «Computer Vision Syndrome: Symptoms, Risk Factors, and Practices,» *J Family Med Prim Care*, vol. 11, n.o 9, págs. 5110-5115, sep. de 2022, Epub ahead of print. doi: 10.4103/jfmprc.jfmprc_1627_21.
- [5]. G. Yamhure, A. Fajardo, C. Paez-Rueda, G. Perilla y M. Pérez, «On the controllability assessment of biofeedback eyeglasses used in Presbyopia treatment,» *Displays*, pág. 102 497, 2023, issn: 0141-9382.