

# IDENTIFICACIÓN DE OJO ABIERTO O CERRADO PARA EJERCICIOS FACIALES SUPERVISADOS DIGITALMENTE

Laura Pérez<sup>a</sup>, Víctor Méndez<sup>b</sup>, Francisco J. Renero<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad de las Américas Puebla, San Andrés Cholula, Puebla,  
[laura.perezha@udlap.mx](mailto:laura.perezha@udlap.mx)

<sup>b</sup>Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Santa María Tonanzintla, Puebla,  
[paco@inaoep.mx](mailto:paco@inaoep.mx), [victor.mendez@inaoep.mx](mailto:victor.mendez@inaoep.mx)

## RESUMEN

El éxito o fracaso de la rehabilitación de la parálisis facial depende de la disciplina del paciente para realizar ejercicios en casa, los cuales no pueden ser supervisados por el terapeuta. En este trabajo proponemos una herramienta digital para monitorear digitalmente los ejercicios de rehabilitación para parálisis facial y que provea retroalimentación al paciente sobre la ejecución de los ejercicios, además de informar al profesional de la salud los resultados. El ejercicio abordado es el abrir y cerrar los ojos, debido a que en la parálisis facial puede afectarse esta capacidad. El estado del ojo abierto o cerrado se realizó en MATLAB a partir de vídeos de personas ejecutando dicha acción.

**Palabras clave:** Parálisis facial, rehabilitación, procesamiento de imágenes

## ABSTRACT

The success or failure of the rehabilitation of facial palsy is strongly related to the patient's discipline to perform exercises at home, which cannot be supervised by the therapist. In this work we propose a digital tool for remote monitoring of rehabilitation exercises for facial palsy that provides feedback to the patient on the execution of the exercises, besides of informing the results to the health professional. The exercise addressed is THE opening and THE closing OF the eyes, as facial palsy affects this ability. The eye state, close or open, was made in MATLAB from videos of people performing THIS EYE FUNCTION.

**Key words:** Facial palsy, rehabilitation, image processing

## 1. INTRODUCCIÓN

La parálisis de Bell es una forma de parálisis facial temporal caracterizada por la pérdida o disminución de la función sensorial y motora del nervio facial, séptimo par craneano, en un lado de la cara. La parálisis de Bell suele presentarse cuando el nervio que controla los músculos faciales está hinchado, inflamado o comprimido. Se considera que una infección viral causa este trastorno, sin embargo, la causa más común es idiopática. [1]

Los síntomas de la parálisis de Bell pueden variar entre las personas y dependen de la gravedad que se presenta, la cual puede ir desde una debilidad leve hasta una parálisis total. Las personas que presentan parálisis de Bell suelen presentar una caída del párpado y de la comisura de la boca, babeo, sequedad del ojo, deterioro del gusto y lagrimeo excesivo de un ojo. Otros síntomas que pueden presentarse son molestias alrededor de la mandíbula y detrás del oído, zumbido en uno o ambos oídos, dolor de cabeza, hipersensibilidad al sonido del lado afectado, deterioro en el habla, mareos y dificultad para comer o beber. [1]

La relevancia de este trabajo se debe a que la incidencia de parálisis facial sólo en México es de aproximadamente 20 casos nuevos por cada 100,000 habitantes al año, del cual el 30% suele desarrollar secuelas permanentes que requieren tratamiento quirúrgico. [2]

Actualmente, para realizar la rehabilitación, los pacientes con parálisis facial deben asistir al centro de rehabilitación para recibir la misma. Para lograr una reducción en el tiempo de recuperación el fisioterapeuta suele establecer rutinas de ejercicios a realizar en casa, sin embargo, para que el resultado sea el deseado es necesario que los ejercicios se realicen adecuadamente y de esa manera no se incremente el tiempo de recuperación o se refuercen patrones no deseados. [3]

Dentro de los ejercicios normalmente utilizados en la rehabilitación de parálisis facial se encuentran cerrar ojos, arrugar nariz, mandar un beso, arrugar la frente, entre otros. Algunos de los ejercicios se presentan en la Figura 1.



Figura 1. Ejercicios comúnmente utilizados en la rehabilitación de parálisis facial

Es debido a lo anterior que el objetivo de este trabajo consiste en asistir en el proceso de rehabilitación al proporcionar retroalimentación digital que permita controlar la actividad muscular y supervisar los ejercicios realizados en casa, para de esa manera, proporcionar información al terapeuta y al paciente sobre el tiempo de ejecución del ejercicio, el número de repeticiones que se realizan y si es posible detener la rehabilitación debido a que ya se logró la recuperación del paciente.

## 2. METODOLOGÍA

Se propone una metodología para analizar el estado del ojo durante la ejecución del ejercicio de cerrar y abrir ojos, para de esa manera proporcionar información al terapeuta sobre la

similitud entre ambos ojos y el tiempo de cerrado y apertura. La Figura 2 muestra un diagrama a bloques que ilustra el procedimiento.

Se analizaron 8 vídeos de personas sin parálisis facial realizando el movimiento de abrir y cerrar ojos, entre 4 y 5 repeticiones, las instrucciones eran iniciar con los ojos abiertos y viendo hacia la cámara. Después de realizar la grabación del vídeo se realizó el análisis del ejercicio.

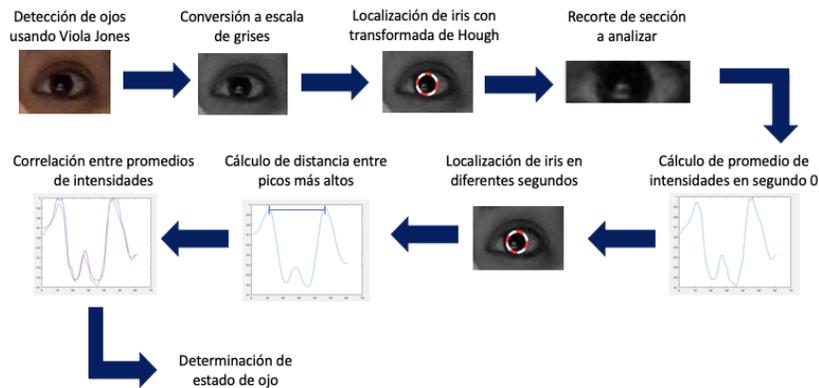


Figura 2. Flujo de procesamiento para la determinación del estado del ojo.

El primer paso consiste en la detección de los ojos en el primer *frame* del vídeo mediante el método de Viola Jones, posteriormente se convierte la imagen a escala de grises para facilitar el procedimiento y continuar a la localización del iris mediante la transformada de Hough, una vez que se localiza el iris se realiza un recorte del área del ojo que se desea analizar, ésta corresponde al iris y la esclerótica.

Debido a que se comienza con los ojos abiertos se obtiene un promedio de las intensidades de la sección recortada y se grafica para observar la forma con el ojo abierto. Posteriormente se obtienen tres características que permitirán determinar el estado final del ojo en cada *frame*, la primera corresponde a la localización de iris, la segunda a la distancia entre los picos más altos y la última a la correlación entre cada *frame* contra el primero.

Una vez que se obtienen las tres estrategias se utiliza el diagrama de flujo, mostrado en la Figura 3. Para establecer el estado final del ojo se utiliza una correlación entre el *frame* que se está analizando contra el primer *frame* mayor a 0.74 para determinar que el ojo se encuentra abierto y menor a 0.20 para indicar que está cerrado.



Figura 3. Diagrama de flujo para determinación de estado del ojo

De igual manera se analizó la ejecución del ejercicio en personas que han sufrido parálisis facial, para ello se obtuvo la correlación de un ojo contra el otro y la intensidad mínima de cada ojo. Este análisis se realizó con el objetivo de determinar qué factores serían de relevancia proporcionar como retroalimentación al terapeuta.

### 3. RESULTADOS

Las Tablas 1, 2 y 3 presentan la matriz de confusión en la determinación del estado del ojo utilizando las estrategias de localización del iris, distancia entre picos y correlación, respectivamente.

Tabla 1. Matriz de confusión de localización de iris

144	Abierto	Cerrado
Abierto	74	10
Cerrado	0	60

Utilizando la localización del iris se determinó que el ojo estaba cerrado cuando realmente estaba abierto en 10 ocasiones, debido a que algunas personas no abrían el ojo completamente, lo que resultaba en que no se encontrara el iris.

Tabla 2. Matriz de confusión de distancia entre picos

144	Abierto	Cerrado
Abierto	85	0
Cerrado	20	39

Mediante la estrategia de distancia entre picos se determinó que el ojo estaba abierto cuando realmente se encontraba cerrado en 20 ocasiones, la causa de esto se encuentra relacionado a factores como la iluminación, debido a que al no ser uniforme al cerrar los ojos las gráficas presentan formas que no permiten una correcta determinación del estado del ojo.

Tabla 3. Matriz de confusión de correlación

144	Abierto	Cerrado
Abierto	77	7
Cerrado	0	60

El uso de la correlación permitió determinar el estado del ojo de manera correcta en 137 ocasiones y en 7 ocasiones se indicó que el ojo estaba cerrado cuando realmente estaba abierto. El motivo de este error se debe a que en ocasiones las personas presentan movimiento al realizar el ejercicio, lo que ocasiona que las gráficas se recorran y la correlación disminuya.

La Tabla 4 presenta el uso de las tres estrategias en conjunto, basándose en el diagrama previamente mostrado (ver Figura 3), se puede observar que se determinó que el ojo estaba cerrado cuando realmente estaba abierto en 4 ocasiones.

Tabla 4. Matriz de confusión de las tres estrategias en conjunto

144	Abierto	Cerrado
Abierto	81	4
Cerrado	0	60

En el análisis de la correlación entre ambos ojos en personas con parálisis facial se determinó que ésta es alta siempre que los ojos se mantienen abiertos y disminuye al cerrarlos o abrirlos debido a que el ojo que no sufrió parálisis facial se cierra antes que el que sufrió la parálisis y en ocasiones el ojo afectado no llega a cerrarse, dependiendo de la gravedad de la misma. Al abrir los ojos el ojo del lado que no está afectado se abre después que el ojo afectado. La Figura 4 muestra el cierre de ojos, mientras que la Figura 5 muestra la apertura de una persona con parálisis facial.

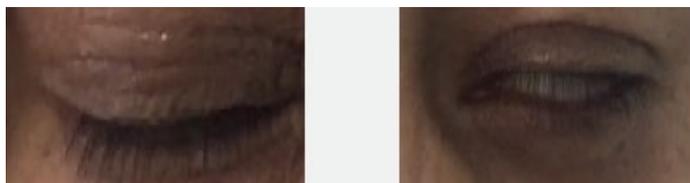


Figura 4. Cierre de ojos

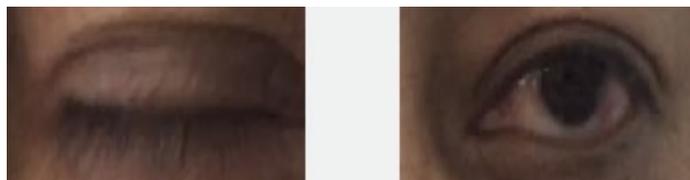


Figura 5. Apertura de ojos

#### 4. DISCUSIÓN

A partir de las matrices de confusión presentadas para cada estrategia se puede obtener la especificidad, sensibilidad y exactitud que presenta cada estrategia. El uso de la localización del iris muestra una sensibilidad del 88%, especificidad del 100% y exactitud del 93%. La

estrategia basada en la distancia entre los picos más altos presenta la menor especificidad de todas con un valor de 66.1%, en sensibilidad muestra el 100% y en exactitud 86.1%.

La estrategia para determinar el estado del ojo basada en la correlación de cada *frame* contra el segundo cero presenta los mejores resultados al tener una sensibilidad de 91.6%, una especificidad de 100% y una exactitud de 95.1%. Finalmente, para determinar el estado del ojo de una manera más exacta es necesario utilizar el diagrama presentado anteriormente, que permite relacionar las tres estrategias, al hacer uso del mismo se presenta una sensibilidad del 95.2%, especificidad del 100% y exactitud del 97.2%.

El análisis del ejercicio realizado por una persona con parálisis facial permitió determinar que el lado afectado se cierra antes que el lado no afectado y en ocasiones no logra cerrarse, además se logró observar el signo de Bell al realizar el ejercicio. Sin embargo, aún es necesario analizar una mayor cantidad de personas que padecen parálisis para lograr hacer una generalización.

## 5. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los vídeos obtenidos de personas sin parálisis facial se logró determinar la forma que sigue un ojo abierto al graficar las intensidades y la diferencia de tiempo máximo que puede presentarse entre ambos ojos al realizar el ejercicio, sin embargo, es necesario ampliar el tamaño de la muestra para obtener mejores resultados.

Las personas que presentan parálisis facial presentan un daño en el nervio facial lo que les impide realizar movimientos como abrir y cerrar los ojos, se analizó este movimiento y se observó que el ojo que sufrió la parálisis suele cerrarse después y en ocasiones no logra hacerlo completamente, el grado de cerrado del ojo depende del nivel de parálisis que se presente. Al abrir los ojos el ojo afectado se abre antes.

El análisis del ejercicio con un mayor número de personas que presentan parálisis facial permitirá determinar qué información es relevante para informar al terapeuta sobre el progreso del paciente en la rehabilitación. Actualmente, se considera que el grado de simetría en la cara, el tiempo de ejecución del movimiento, el estado del ojo y una comparación entre ambos ojos proporcionarían información de utilidad.

## 6. REFERENCIAS

- [1] NIH. (2016). Parálisis de Bell. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. Recuperado el 12 de junio de 2019 de [https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/paralisis\\_de\\_bell.htm](https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/paralisis_de_bell.htm)
- [2] González, M. (2018). Clínica de parálisis facial y nervio periférico. *Gob.* Retrieved on May 14, 2019 de <https://www.gob.mx/salud/hospitalgea/acciones-y-programas/clinica-de-paralisis-facial-y-nervio-periferico>

- [3] Méndez, V. (2016). *Software asistente para ejecución de ejercicios terapéuticos en pacientes con parálisis facial* (Tesis de maestría). Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica Y Electrónica, Santa María Tonanzintla, Puebla.