

Static postural assessment system with image processing

Sistema de evaluación postural estático con procesamiento de imágenes

Britzeth M. Córdova Interiano^{*1}, Kevin Villatoro Sánchez¹, Gerardo J. Gutiérrez Camacho¹, Gerardo Velázquez Hernández¹, and D.P. Martínez-Cancino¹

¹Universidad Politécnica de Chiapas,

Carretera Tuxtla Gutierrez. - Portillo Zaragoza Km 21+500, Las Brisas, Suchiapa, Chiapas, México, 29150.

{cordovabritzeth, mck2vs8}@gmail.com, gerard.gtz@hotmail.com, {gvelazquez,dmartinez}@ib.upchiapas.edu.mx

Abstract

A good body posture means that there is a myofascial balance between the different myofascial chains, which allows activities to be carried out with greater efficiency, in addition to avoiding alterations in the human body. In the university students case, that perform constant and repetitive activities, such as remaining in a state of prolonged sitting, which together with other factors cause the development of dysfunctional postural patterns. A Static Postural Evaluation System was created capable of measure diameters and lengths of segments, angles and detect the affected myofascial chain. The objective of this system is to help the doctor in the evaluation, determine the chain of injury and record the identified postural disorder in the clinical file. The processing is done in real time, with the images obtained from the patient in a standing position from a biplanar evaluation. The analysis is quantitative and it is performed using an algorithm that detects bone identifiers through binary image processing. It was observed that the chain of injury that prevails in university students was that of inspiration and opening. This assessment tool allows the doctor to make a precise and quick postural diagnosis in order to be able to follow up accordingly, and thus provide preventive and/or corrective treatment to avoid degenerative diseases.

Keywords— binary processing, injury chain, standing

Resumen

Una buena postura corporal significa que existe un balance miofascial equilibrado entre las diferentes cadenas miofasciales, lo que permite realizar actividades con mayor eficiencia y además evitar alteraciones en el cuerpo humano. En el caso de los estudiantes universitarios, realizar actividades constantes y repetitivas como permanecer en estado de sedestación prolongada, junto a otros factores, provocan el desarrollo de patrones posturales disfuncionales. Se creó un Sistema de Evaluación Postural Estático capaz de medir diámetros y longitudes de segmentos, ángulos y detectar la cadena miofascial afectada. El objetivo de este sistema es servir de ayuda al médico en la evaluación, determinar la cadena lesional y registrar en el expediente clínico el trastorno postural identificado. El procesamiento se realiza en tiempo real, con las imágenes adquiridas del paciente en posición de bipedestación desde una evaluación biplanar. El análisis es cuantitativo y se realiza mediante un algoritmo que detecta identificadores óseos a través del procesamiento binario de imágenes. Se pudo observar que la cadena lesional que prevalece en los estudiantes universitarios fue la de inspiración y apertura. Esta herramienta de valoración permite al médico realizar un diagnóstico postural preciso y rápido para poder dar el seguimiento correspondiente, y de esta manera dar un tratamiento preventivo y/o correctivo que evite enfermedades degenerativas.

Palabras clave— procesamiento binario, cadena lesional, bipedestacion

* Autor de correspondencia

I. Introducción

La postura en un individuo es de vital importancia en la vida diaria para el buen desarrollo de sus actividades. Los seres humanos realizamos una variedad de tareas y movimientos en el transcurso del día los cuales en su mayoría se vuelven rutinarios, por lo que con el tiempo estos pueden producir:

- Alteraciones posturales: es el desarrollo de una postura anormal, una alteración postural común se define como el posicionamiento anterior de la cabeza. Esta posición lleva a hiperextensión de la cabeza sobre el cuello con retracción de la mandíbula, pudiendo causar daños en las articulaciones músculo esqueléticas [1, 2].
- Asimetrías: falta de simetría (relación entre las extremidades y partes del cuerpo).
- Desviaciones: curvatura de la columna, causados por una mala postura laboral e inactividad física.

Los problemas antes mencionados pueden ser identificados mediante simple observación y medidas antropométricas, sin embargo, el no corregir estas alteraciones traen como consecuencia el desarrollo de lesiones, problemas en los músculos, desgastes articulares o mal funcionamiento de los órganos [2].

El cuerpo sigue tres leyes: equilibrio, economía y confort, los cuales se pueden ver afectados por lo mencionado anteriormente, llevando a lo que conocemos como alteración de la postura corporal [3].

Para la corrección de estas alteraciones los médicos especialistas llevan a cabo diversos análisis posturales, en su mayoría análisis estáticos (pruebas que no requieren del esfuerzo de la persona).

Para la determinación de una afección se utilizan una serie de análisis que tienen como fin detectar la cadena miofascial afectada, las cuales son vías o circuitos que integran las conexiones de tres sistemas: nervioso, músculo esquelético y la fascia. Por ello, se creó un sistema que permita detectar a dichas cadenas con un solo análisis, para un diagnóstico más rápido por parte del médico, además del ahorro de pruebas que se necesitan antes para llegar a la determinación de estos.

Las cadenas miofasciales son seis, las cuales están validadas a nivel clínico. Se dividen en dos niveles: profundas, en donde entran las cadenas de extensión, flexión, apertura y cierre; y el otro nivel es superficiales, a la cual pertenecen las cadenas de inspiración y espiración.

En la actualidad el incremento de las consecuencias o afecciones por la mala postura es cada vez más notorio, por lo general afectan la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores e inferiores. Estas afecciones son: incomodidad, dolor persistente en músculos y tendones, etc. La mala postura se desarrolla a causa del daño de

las cadenas miofasciales. Estos daños suelen desarrollarse por realizar incorrectamente alguna actividad, estrés, lesiones, golpes, entre otros factores [4].

A través del sistema de análisis postural estático se indica la cadena miofascial dañada más prevaeciente, además de desplegar las medidas de segmentos, longitudes y ángulos identificados por medio del uso de marcadores óseos para que el médico pueda determinar si existen asimetrías o desniveles y pueda determinar con mayor facilidad su diagnóstico y tratamiento.

La detección de los marcadores óseos se realiza utilizando algunas técnicas como la descomposición de la imagen en sus tres capas RGB (siglas en inglés de Red, Green, Blue), para realizar el análisis en particular de la capa azul (los marcadores utilizados son de este color), identificando las regiones de mayor saturación correspondientes a los marcadores y calculando sus centroides como coordenadas específicas dentro de un plano cartesiano para obtener distancias, ángulos, segmentos y diámetros. Todo este procesamiento ha sido realizado en MATLAB.

En cuanto a técnicas fisiológicas o anatómicas se hace uso del rango articular (ROM, siglas en inglés de Range of Movement) para la detección de regiones, la cual está ligada con los marcadores de los reparos óseos y el uso de los patrones de las cadenas miofasciales, establecidos a nivel clínico.

El ROM se define como los grados de libertad de movimiento que tiene una articulación al moverse. La técnica para calcular el ROM consiste en la detección de regiones a través de ángulos determinados a nivel clínico y realizar la comparación de estos con los parámetros que presente la persona, para poder determinar que cadena miofascial presenta, la medida de los ángulos, longitudes y segmentos se obtienen por medio de los reparos óseos.

II. Materiales y Sujetos

II.1. Sujetos de prueba

Se realizó la evaluación con una muestra de 20 voluntarios (estudiantes de la Universidad Politécnica de Chiapas), con edades comprendidas entre los 18 y 25 años, sin distinción de sexo.

Para realizar la evaluación se deben seguir una serie de pasos y especificaciones:

1. El voluntario debe llevar ropa completamente negra para eliminar el ruido y segmentar mejor los puntos de interés en la imagen al hacer el procesamiento de la misma.
2. Durante toda la evaluación se debe colocar al paciente en tres planos diferentes en estado bípedo como se indica para poder realizar la captura de las

imágenes digitales que serán procesadas por el sistema. Para el plano frontal, vista ventral se colocan 18 marcadores como se muestra en la Figura 1, dentro del plano frontal, vista dorsal se sumergen 16 marcadores como se muestra en la Figura 2, y para el plano sagital derecho se utilizan 14 marcadores colocados como se muestra en la Figura 3.

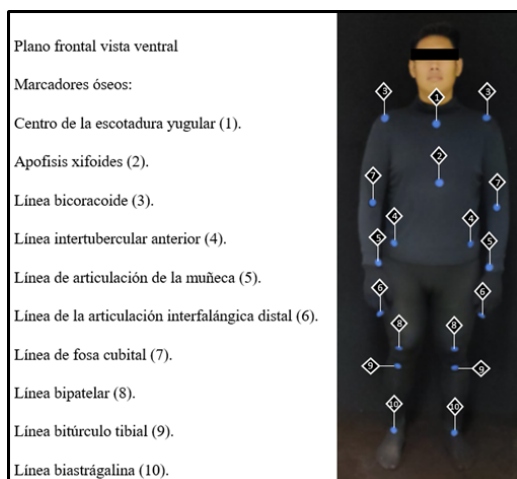


Figura 1: Marcadores del plano frontal, vista ventral

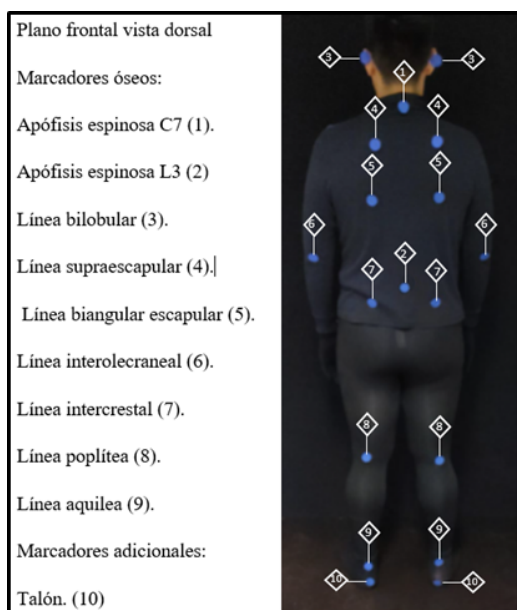


Figura 2: Marcadores del plano frontal, vista dorsal

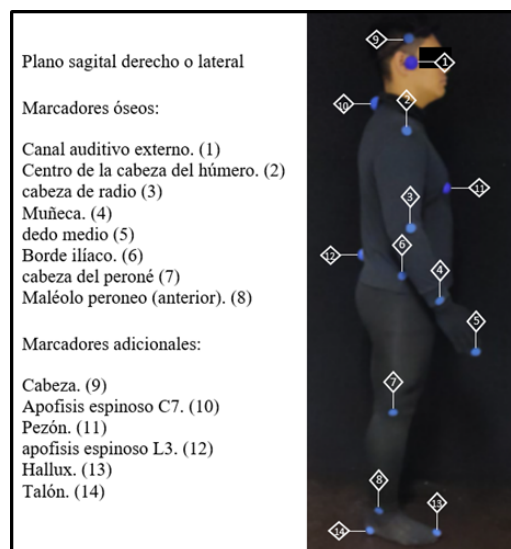


Figura 3: Marcadores del plano frontal, vista sagital

con el fin de eliminar el mayor ruido posible en las imágenes.

- Tiene 250 cm de alto y 170 cm de ancho, esto se debe al ángulo de apertura que alcanza la cámara y la altura promedio que puede alcanzar un humano.
- Las medidas a considerar para una buena toma de imágenes y la obtención de resultados correctos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Medidas necesarias en el área

Espacio a considerar	Medida
Distancia cámara-escenario	246 cm
Distancia cámara-paciente	218 cm
Altura de tela (fondo)	250 cm
Altura de cámara	104 cm
Apertura de cámara (ancho del fondo o tela)	170 cm

Las luces utilizadas son lámparas LED, situadas a 90° por encima de la cámara (webcam Full HD - Logitech - C 922 con su respectivo trípode) la cual se usa para la toma de imágenes digitales que son procesadas por el algoritmo.

III. Desarrollo

III.1. Descripción del algoritmo y base de datos

La identificación de la cadena miofascial prevaeciente se llevó a cabo a través de diversas etapas de algoritmos descritas a continuación:

II.2. Escenario

El escenario tiene ciertas especificaciones:

- Está compuesto por una base de madera negra y un marco completamente forrado con tela negra mate,

1. Descomposición de la imagen en sus tres capas RGB: la imagen a colores (3D) adquirida del paciente en un plano se descompone en sus tres capas RGB quedando tres imágenes (2D) que representan la saturación de cada color: rojo, verde y azul.
2. Identificación de los marcadores óseos en la imagen: la capa azul de la imagen se analiza ya que los marcadores son de este color. Se realiza la binarización de la imagen para obtener una matriz lógica (de ceros y unos), donde las regiones blancas (unos) representan la ubicación de los marcadores en la imagen.
3. Cálculo de los centroides de los marcadores óseos: apartir de la imagen binarizada se realiza el etiquetado de cada región de interés para obtener los centroides de cada una, como la ubicación de la columna y el renglón del mismo.
4. Cálculo de longitudes y diámetros: los centroides de las regiones de interés se toman como puntos, similar a como se hace en un plano cartesiano, utilizando la fórmula de distancia entre dos puntos para la obtención de las longitudes y diámetros de los segmentos.
5. Cálculo de ángulos: se desarrolló una función para el cálculo de los ángulos a partir de la fórmula de producto punto para ángulos internos de un triángulo. Este triángulo se forma a partir de la imagen con los vértices en los marcadores.
6. Detección de la cadena miofascial prevaleciente: una vez obtenidos todos los ángulos se comparan con los rangos de la referencia clínica para la clasificación de cada cadena y se identifica la que tenga mayor prevalencia.

Para el almacenamiento de los datos del paciente tanto personales como los resultados del estudio se elaboró una base de datos que permite generar un historial de los mismos, esta se hizo mediante un localhost, a través del sistema MySQLserver la cual está enlazada a la interfaz del sistema.

III.2. Técnicas y métodos utilizados

La elaboración del software consistió en realizar un algoritmo compuesto de un conjunto de códigos realizados en el software MATLAB 2021a.

El sistema trabaja a través del procesamiento de imágenes mediante la detección de los marcadores óseos, para el desarrollo de este se hizo uso de diferentes métodos y técnicas como es el caso de la descomposición de la imagen en sus tres capas RGB, la cual consiste en la descomposición y separación de una imagen digital en sus capas de RGB para realizar el análisis en particular de la capa azul (los marcadores utilizados son de este color).

Del mismo modo se aplicó la técnica de binarización de imagen para obtener una matriz lógica que permite realizar la identificación de las regiones con mayor saturación correspondiente a los marcadores, guardando dicha información para poder obtener la ubicación de los marcadores (centroides) a través del “método región props” que consiste en medir propiedades de regiones de imagen binarizada para obtener las coordenadas de los centros de cada identificador ubicadas dentro de un plano cartesiano mediante la técnica del etiquetado de objetos.

Esto permite aplicar la técnica de distancia entre dos puntos para posteriormente obtener los ángulos, segmentos y longitudes y una función creada para obtener los ángulos usando el producto escalar.

Del mismo modo, se utilizó una función en línea *im-line* para poder visualizar la polilínea (vista en el plano sagital) además de la segmentación de las longitudes y diámetros medidos, y la función de la aplicación de exportar para guardar los resultados en formato PDF. Las cadenas miofasciales se obtienen a través de la comparación de los ángulos obtenidos por el sistema contra los de la referencia clínica.

III.3. Interfaz

La interfaz de usuario se realizó en la app designer de MATLAB, cuenta con ocho ventanas (Figura 4) que en conjunto permiten la operación del sistema junto con el algoritmo y la base de datos, las cuales son descritas a continuación:

- Ventana de inicio: esta ventana incluye el nombre del sistema y el acceso a dos secciones: inicio de sesión e información.
- Ventana de información: contiene información sobre el software, como ¿qué es? ¿cómo funciona? y los resultados que se obtienen.
- Ventana de selección de usuario: dentro de esta se selecciona el tipo de usuario correspondiente (Administrador, médico y enfermera), que tiene asignado en la base de datos un ID diferente para cada uno. Una vez seleccionado se redirige a la ventana de inicio de sesión.
- Ventana de inicio de sesión: esta da la bienvenida y permite ingresar el usuario (debe coincidir con el ID previamente seleccionado) y contraseña. Los privilegios son diferentes para cada tipo de usuario. Al ingresar el usuario y contraseña correctos, permite ingresar a otra ventana que da las opciones correspondientes.
- Ventana de opciones médico y administrador: tiene tres opciones, la primera permite dar de alta a los pacientes, la segunda permite analizar al paciente (redireccionamiento a la ventana de análisis) y la

tercera permite volver a la ventana de inicio.

- Ventana de opciones enfermera: tiene dos opciones, una de ellos permite dar de alta a los pacientes y la otra volver a la ventana de inicio.
- Ventana de registro: la función de esta es capturar y almacenar los datos del paciente en la base de datos.
- Ventana de análisis: está en conjunto con sus pestañas, permite realizar y visualizar los resultados del análisis. A este privilegio tienen acceso únicamente el médico y el administrador.



Figura 4: Ventanas del sistema

Las pestañas son las siguientes:

- Pestañas de segmento: en esta se puede encender la cámara y tomar las fotos de los tres planos diferentes (plano ventral, dorsal y sagital) en tiempo real, así como visualizar la fotografía capturada y la binarización de la imagen.
- Pestaña de ángulos: permite calcular y procesar los ángulos de cada plano y compararlos para detectar la cadena miofascial afectada.
- Pestaña de resultados para cada uno de los planos: dentro de estas pestañas se pueden visualizar los resultados correspondientes al plano (longitud de segmentos, diámetro de segmentos y ángulos) además de los ejes que contienen las imágenes con las longitudes y diámetros de los segmentos.
- Pestaña de diagnóstico de la cadena afectada: permite visualizar el resultado de la cadena miofascial prevaliente.

Cada pestaña de esta ventana permite generar un PDF con los resultados obtenidos.

IV. Pruebas

La validación del proyecto se realizó en un ambiente controlado y supervisado por un especialista en el área.

Se valora en dos partes: la primera consiste en validar la parte cuantitativa, donde se realiza la comparación entre los resultados de las mediciones obtenidas por el sistema contra las obtenidas mediante el software Kinovea (software homologado y evaluado por el mercado). Esta comparación ayuda a ver si los resultados de las medidas obtenidas por el sistema desarrollado (diámetros, longitudes de los segmentos y ángulos) son correctos o se encuentran dentro de un parámetro aceptable.

Una vez obtenidos los resultados del sistema, se evaluó la similitud con los resultados obtenidos con el software Kinovea y se realizó la comparación de resultados para obtener la diferencia entre ambos con la ayuda de la prueba T pareada.

La segunda parte consiste en la comparación de los resultados de la cadena miofascial afectada dados por el sistema de forma cuantitativa y el diagnóstico determinado por el médico de forma cualitativa ya que los médicos en México aún no cuentan con un sistema de análisis cuantitativo para la detección de patrones tónicos posturales (cadenas miofasciales).

V. Resultados

Los resultados se pueden ver a través de los datos estadísticos obtenidos de las pruebas realizadas.

Al observar el comportamiento de los resultados entre el sistema y Kinovea, se obtuvieron diferencias mínimas en las mediciones en un rango ± 2 centímetros en los diámetros de segmentos del plano frontal vista dorsal, como se puede observar en la Figura 5.

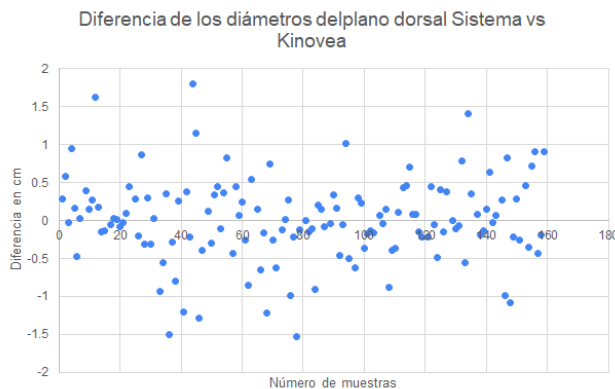


Figura 5: Diferencia de diámetros de segmentos en el plano frontal vista dorsal entre el sistema y Kinovea

Así mismo se aplicó la prueba T pareada y se observó que los datos obtenidos son equitativos. Teniendo cada

prueba T por variable se observó que 42 de las 46 variables evaluadas presentaron una hipótesis nula ($T < t$), lo que corresponde a un 91 % de efectividad o compatibilidad y las medidas de varianza son muy similares, por lo tanto, arrojan resultados precisos.

En cuanto a la comparación entre el resultado de la cadena miofascial que da el sistema y el diagnóstico del médico se hizo una comparación de aciertos, por lo que no se realizó una prueba estadística como tal, sino que se hizo una comparación de resultados y se obtuvo el número de aciertos. Se obtuvieron 20 aciertos de 20 pruebas evaluadas, lo que corresponde al 100 %, es decir, los resultados entre el sistema y el diagnóstico del especialista fueron equivalentes. Clínicamente los hallazgos reportados en el software coinciden con las pruebas clínicas convencionales ortopédicas, como se observa en la Figura 6.

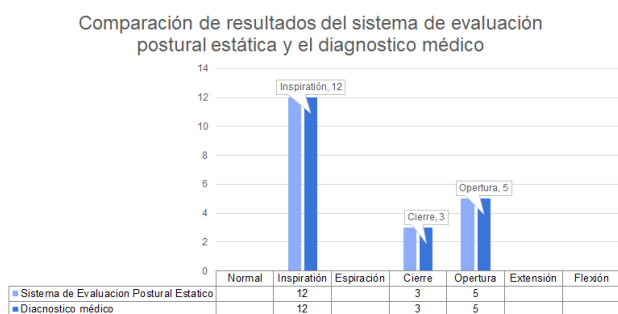


Figura 6: Comparación de resultados del sistema de evaluación postural estática y el diagnóstico médico

Se identificaron como cadenas miofasciales más frecuentes las de cadena de inspiración en un 60 % y la cadena de apertura en un 25 %, los resultados en la prueba estadística realizada a 20 estudiantes de la Universidad Politécnica de Chiapas, reflejados en el gráfico permite observar que predominó la cadena de inspiración seguida de la apertura como se ve en la Figura 7.

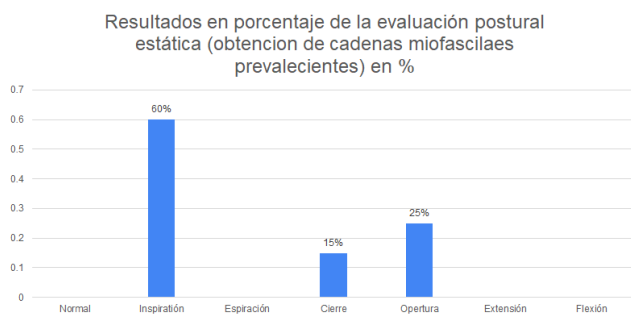


Figura 7: Resultados en porcentaje de la evaluación postural estática

VI. Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede afirmar que el sistema desarrollado permite al médico establecer un diagnóstico postural más rápido y eficiente, minimizar el tiempo de revisión y evolución en cada paciente, lo que en promedio conlleva de dos a tres sesiones. Con el uso de este programa es posible abordar a los pacientes desde la primera sesión, siendo más puntuales hacia la causa que provoca las alteraciones posturales encontradas y ofrecer de esta manera un tratamiento más seguro y eficaz.

En cuanto al sistema, podemos decir que, al cumplirse la hipótesis nula, los datos entre el sistema y el software con el que se comparó (Kinovea) son similares, además de la validación por el médico especialista. Por lo tanto el sistema cuenta con un buen porcentaje de confiabilidad.

El sistema permite identificar la cadena lesional que prevalece para establecer el patrón postural disfuncional, por lo que es un excelente apoyo diagnóstico para la evaluación postural.

Una de las áreas de desarrollo del sistema es su uso e implementación por varios especialistas, como ayuda para clínica en el diagnóstico y evolución, y no requerir en la mayoría de los casos someter al paciente a radiación; otra de las áreas es en el uso del sistema para estudios ergonómicos que impliquen posturas anómalas.

Además de contribuir a la economía del paciente, ya que, al requerir menos sesiones para la identificación del diagnóstico, representa menos costo por consulta.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Politécnica de Chiapas y al servicio médico universitario por permitir la implementación del sistema dentro de sus instalaciones.

Referencias

- [1] Francisco Wanderley Garcia de Paula e Silva, Alexandra Mussolino de Queiroz y Kranya Victoria Díaz-Serrano. «Alteraciones posturales y su repercusión en el sistema estomatognático». En: *Acta odontológica venezolana* 46.4 (2008), págs. 517-522.
- [2] ANGEL GABRIEL Estévez-Pedraza et al. «Sistema electrónico para reeducación postural estática en tiempo real». En: *Revista mexicana de ingeniería biomédica* 38.1 (2017), págs. 390-401.
- [3] Yesica Regina Yeannes, Roberto Bagnoli y Marco Tramontano. «CONCEPTOS DE POSTUROLOGIA». 2012.

- [4] Luisa Fernanda Diaz Rodríguez, Yesica Niño Rodríguez y Ana Elizabeth Pedraza Martínez. «Análisis postural en odontólogos: Origen para una propuesta de intervención enfocada en hábitos de vida saludables». Tesis doct. Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2019.