
ARTÍCULO PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de un sistema de captura de movimiento sin marcadores físicos basado en aprendizaje profundo para el estudio biomecánico de la tortuga “*lepidochelys olivácea*”

Evaluation of a motion capture system without physical markers based on deep learning for the biomechanical study of the turtle “*lepidochelys olivácea*”

Juan Nicolás Quiñones Romero¹
Christian Felipe Yanez Leño²
Ricardo Antonio Buitrago Bernal³
Jorge Reynolds Pombo⁴
Fundación Clínica Shaio

Recibido: 09.09.2021
Aceptado: 28.10.2021

¹ nicolas.quinones2107@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9767-7821>

² felipe.yanezl@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0002-7969-5479>

³ ricardo.buitrago@shaio.com
<http://orcid.org/0000-0002-2602-5455>

⁴ jorgereynolds@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5490-697>

Resumen

La biomecánica de una especie puede indicar muchas variables de comportamiento y movimiento. Idealmente si se puede aprovechar el movimiento normal del animal pues se generarían soluciones inmensas para conocer y caracterizar las especies. Para esto es necesario generar un sistema de captura de movimiento más asequible para los biólogos o ingenieros debido a que estas caracterizaciones deben ser en campo es decir en el hábitat natural del animal, por lo que se planteó implementar un sistema de captura de movimiento que por medio de cámaras e inteligencia artificial que evalúe el comportamiento biomecánico de la especie usuario.

Palabras clave: biomecánica, sistema de captura de movimiento, inteligencia artificial

Abstract

The biomechanics of a species can tell us behavioral and movement variables. Ideally, if we can take advantage of the normal movement of the animal, it would generate immense solutions to know and characterize the species. For this it is necessary to generate a motion capture system more affordable for biologists or engineers because these characterizations must be in the natural habitat of the animal. For this investigation, it was proposed to implement a motion capture system that uses cameras and artificial intelligence that evaluates the biomechanical behavior of this species.

Keywords: Biomechanics, Motion Capture System, Artificial Intelligence.

Introducción

El movimiento de los animales tiene como fin encontrar fuentes de energía en forma de alimento, reproducirse, sobrevivir y satisfacer necesidades vitales (Alexander, 2006). En el momento en que se mueven generan energía cinética que cambia según la aceleración del cuerpo (Equipo de expertos, 2018). La biomecánica es una ciencia que permite estudiar estos movimientos simples y complejos por medio de áreas como ingeniería, anatomía, mecánica y fisiología (Bustillos, 2013). Por lo que se plantea el uso de las redes neuronales profundas, pues permiten realizar análisis biomecánico sin necesidad de un laboratorio especializado ni marcadores físicos, en donde un algoritmo es capaz de identificar puntos de referencia con el fin encontrar la cinemática de un cuerpo, para esto es necesario una o más cámaras con estimación de pose, es decir un enfoque que nos ayuda a capturar una secuencia de imágenes para un análisis robusto con ayuda de técnicas de aprendizaje supervisado o transferido (Cronin, 2021). Esto se comprueba por medio de estudios anteriores, pues existen uno realizado en humanos que tuvo en cuenta 400 muestras en 2D para entrenar un algoritmo con aprendizaje profundo el cual fue capaz de colocar marcadores en articulaciones inferiores con un error de 2.92%, es decir un error máximo de 1cm de precisión (Cronin *et al.*, 2019). Además hay registros de un estudio biomecánico implementado en un Lagarto Bauplan que gracias a sus características de velocidad, estabilidad y eficiencia mientras escala superficies fue un modelo atractivo para los investigadores, ellos desarrollaron un robot capaz de escalar superficies irregulares, verticales o inclinadas por lo que usaron un robot con 10 grados de libertad que incluye el movimiento de columna, hombros y pies inspirados en el animal por lo que fue necesario entrenar una red neuronal con el fin de encontrar variables como la velocidad de conducción, ángulos del pies y rango de movimiento de extremidades y columna vertebral. En este se registró un error de 3.04%, es decir con una diferencia de 0.34% de error respecto a investigaciones similares pero aplicadas en humanos (T. Schultz *et al.*, 2021). Todo lo anterior fue desarrollado por medio de DeepLabCut, un método abierto de estimación de pose 2D y 3D que trabaja con redes neuronales profundas que logra igualar la precisión de etiquetado humano con entrenamiento de entre 50 y 200 frames (DeepLabCut, 2021).

En este estudio se busca estudiar la tortuga *Lepidochelys Olivácea* ya que hace parte de los reptiles más antiguos y cuentan con un caparazón fuerte para proteger sus órganos internos, así como su corazón de 3 cámaras, dos aurículas en la parte superior y un gran ventrículo en la inferior, una característica usualmente no presente en nosotros los humanos pues si contamos con dos ventrículos (Wyneken, 2004). Esta característica cardiaca hace las tortugas sean un material biológico llamativo a estudiar pues existen casos en los que bebés nacen con Hipoplasia, es decir, el lado de izquierdo del corazón no se forma completamente durante el embarazo por lo que estructuras como el ventrículo izquierdo, válvula mitral y la aorta ascendente no se desarrollan completamente ocasionando que no se bombee sangre oxigenada adecuadamente al resto del cuerpo generando síntomas como coloración azulada en la piel, pulso débil, dificultad respiratoria y palpitaciones. Esta anomalía mortal no tiene cura, pero existen cirugías que ayudan a restaurar el funcionamiento del corazón y en algunos casos es necesario un trasplante de órgano (U.S. Department of Health & Human Services, 2020).

El 3% de los bebés que nacen en EE. UU sufren anomalías adquiridas durante el desarrollo intrauterino de los cuales el 33.33% pertenecen a anomalías estructurales cardíacas (The Nemours Foundation/KidsHealth., 2007), en donde hay un rango de probabilidad de presentar hipoplasia de ventrículo izquierdo entre el 1.4% y el 3.8% pero ellos representan el motivo de mortalidad cardiológica en un 23% durante la primera semana de vida, un dato estadístico que disminuye al 15% cuando se alcanza la cuarta semana de vida (Rodríguez & González., 2021).

Desarrollo

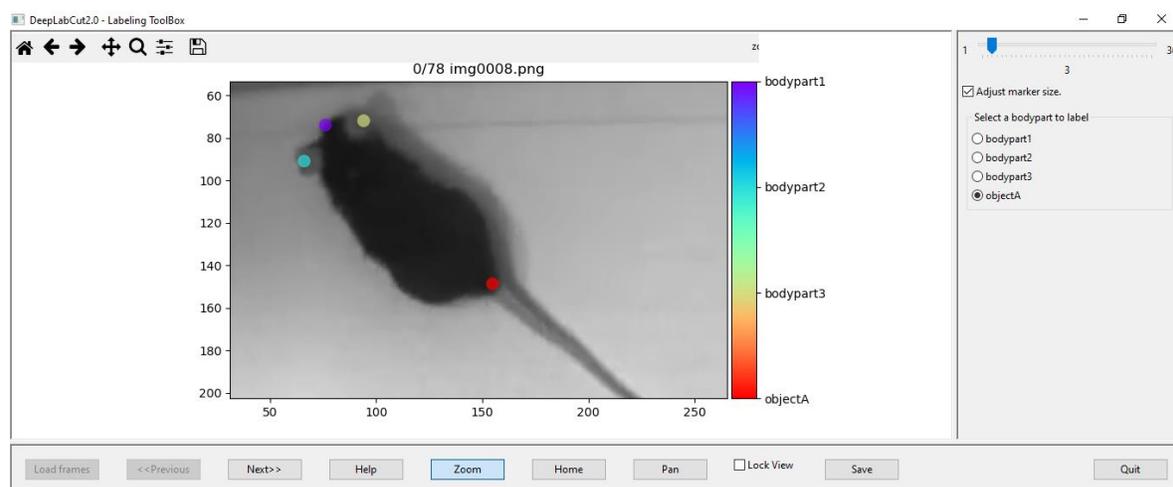
En base a lo anterior se plantea usar un sistema de captura de movimiento sin marcadores por aprendizaje transferido. Este algoritmo de inteligencia artificial es modificado o entrenado para identificar patrones y etiquetas entre imágenes extraídas de videos, las etiquetas son colocadas manualmente para indicar un punto de referencia anatómico como la cabeza, cola, caparazón y patas de la tortuga, al realizar este procedimiento es necesario contar con un banco de imágenes, así, la técnica de aprendizaje automático puede aprender de manera robusta a identificar la escama frontoparietal, el punto de intersección entre la longitud estándar del

caparazón respecto al ancho en línea recta del mismo y las partes centrales ubicadas en las muñecas de sus 4 patas de la tortuga en imágenes que no haya visto anteriormente. Una vez se cuente con los datos extraídos, se realizara el análisis de la marcha de la tortuga donde se destacan características como longitud de paso y zancada, cadencia, velocidad, línea de progresión y ángulo de patas con el propósito de estudiar la posibilidad de implantar un material piezoeléctrico, para generar energía limpia pues este tiene la capacidad de generar voltaje a partir de un esfuerzo mecánico, es decir, cuando el material es sufre una tensión, compresión, flexión, torsión o quiebre, hay una diferencia de potencial que aparece en la superficie del mismo (Montoya *et al.*, 2017).

Conclusiones

Debido a la importancia del estudio biomecánico de las especies se planteó el desarrollo de un equipo a partir de inteligencia artificial para el uso en campo, este a partir de imágenes es capaz de identificar puntos anatómicos en un cuerpo. Con esta información extraída por DeepLabCut es posible hacer el análisis biomecánico de marcha del individuo por lo que se dice que a la fecha este método es el óptimo para dar solución a este problema pues uso de las redes neuronales por aprendizaje supervisado y/o transferido permite hacer un estudio completo, confiable y verificable.

Figura 1. Interfaz de Etiquetado.



En la figura 1 se muestra un ejemplo en ratones de cómo es la interfaz en donde se realiza el etiquetado manual, en esta se recomienda el usar zoom para tener mejor precisión al momento de poner los marcadores que pueden cambiar de tamaño según la necesidad. Todo lo anterior está programado en Python donde el programa utiliza un video en formato MP4 para que el usuario especifique la cantidad de muestras o imágenes a utilizar para el etiquetado por medio de marcadores que también son configurados según su cantidad y respectivos nombres. Este procedimiento se debe realizar por lo menos en 200 imágenes pues etiquetar este número de frames permite que el programa aprenda a realizar el etiquetado de manera confiable y automática en videos nuevos.

Referencias bibliográficas

Alexander, R. (2006). Principles of animal locomotion. Princeton, N.J: Princeton University Press.

Cronin, N., 2021. Using deep neural networks for kinematic analysis: Challenges and opportunities. Journal of Biomechanics, 123, pp.1-6.

Cronin, N., Rantalainen, T., Ahtiainen, J., Hynynen, E. and Waller, B., 2019. Markerless 2D kinematic analysis of underwater running: A deep learning approach. Journal of Biomechanics, 87, pp.75-82.

Equipo de expertos. (2018). Qué es la energía cinética. Universidad Internacional de Valencia.
Montoya, J., Escobar, L. and Ángulo, G., 2017. Generación de energía eléctrica mediante el uso de material piezoeléctrico.

Rodríguez, A., & González, A. (2021). Hipoplasia de ventrículo izquierdo - La web de las Cardiopatías Congénitas. Retrieved 16 September 2021. https://cardiopatiascongenitas.net/introcc/tipos_cc/hvi

S. Bustillos. (2013). Biomecánica de Los Animales. Retrieved 16 September 2021. <https://es.scribd.com/presentation/173551305/Biomecanica-de-Los-Animales>

T. Schultz, J., K. Beck, H., Haagensen, T., Proost, T. and J. Clemente, C. (2021). Using a biologically mimicking climbing robot to explore the performance landscape of climbing in lizards. Biorxiv.

The Mathis Lab of Adaptive Motor Control. (2021). DeepLabCut — The Mathis Lab of Adaptive Motor Control.

The Nemours Foundation/KidsHealth. (2007). Anomalías congénitas. Retrieved 16 September 2021, from <https://www.rchsd.org/health-articles/anomalias-congnitas>

U.S. Department of Health & Human Services. (2020). Facts about Hypoplastic Left Heart Syndrome.

Wyneken, J. (2004). La anatomía de las tortugas marinas. Miami: U. S Department Of Commerce.

