

Identificación de sistemas de seguimiento modernos en el análisis biomecánico del golf: una revisión sistemática

D. Darío Campo

dario.campo2@studio.unibo.it

Dr. Francesco Pegreffì

f.pegreffì@gmail.com

Dr. Adrián Moreno Villanueva

adrian.moreno@ui1.es

D. Alejandro Soler López

A.SolerLópez@um.es

Dr. José Pino Ortega

josepinoortega@um.es

INTRODUCCIÓN

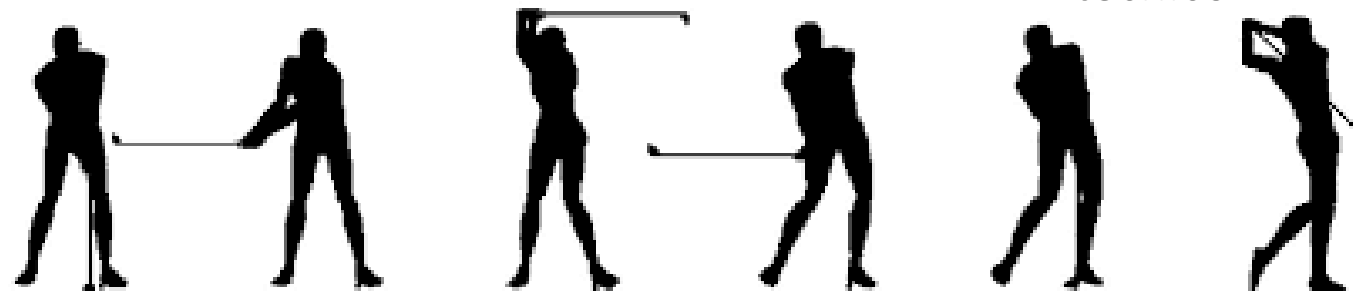
Swing de golf



Gesto técnico fundamental pero complejo, ya que requiere el movimiento de todo el cuerpo altamente coordinado que se puede dividir en 4 momentos diferentes



Importancia de análisis biomecánico para mejora y optimización del rendimiento técnico



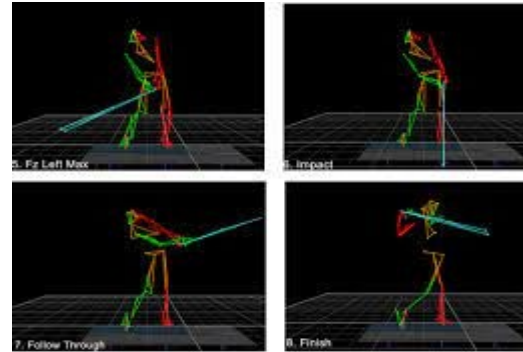
Takeaway Backswing Downswing Acceleration Follow-through

Diferentes fases en la ejecución técnica del swing de golf

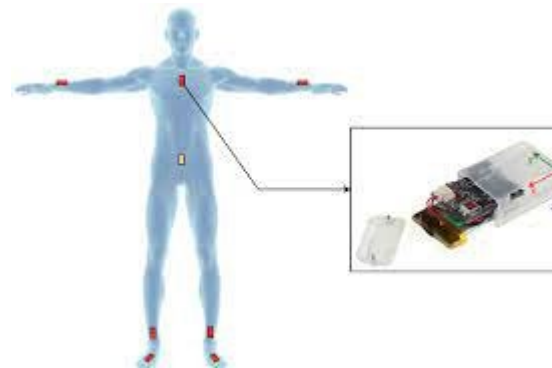
Tecnología aplicada al análisis biomecánico



Captura de movimiento en 3D



Plataforma de fuerza



Sensores inerciales

METODOLOGÍA



PRISMA	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	COHERENCIA PALABRAS DE BÚSQUEDA
P	<ul style="list-style-type: none"> - Golfistas profesionales - Edad > 14 años - Sin restricción de género 	<ul style="list-style-type: none"> - Lesionados (o lesión - Amateur 	"golf" OR "golfer"
I	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de rendimiento biomecánico - Utilizan sensores inerciales o tecnología de realidad virtual 	<ul style="list-style-type: none"> - Rehabilitación o post-cirugía - No utilizaron sensores inerciales ni tecnología de realidad virtual 	"technique" OR "movement" OR "shot" OR "swing"
C	-	-	-
O	Variables de rendimiento biomecánico en el swing de golf (aceleraciones, ángulos, rangos de movimiento...)	Sin variables de rendimiento biomecánico	"technology" OR "track*" OR "biomechanical" OR "assessment" OR "data analysis" OR "data collect" OR "sensor" OR "movement analysis"
S	Investigación original y de texto completo	Ensayos, propuestas, editoriales, capítulos de libros y resúmenes de conferencias	-

28/12/2022



RESULTADOS

Figure 1. PRISMA 2020 Flow diagram for new systematic review which included searches of databases and registers only

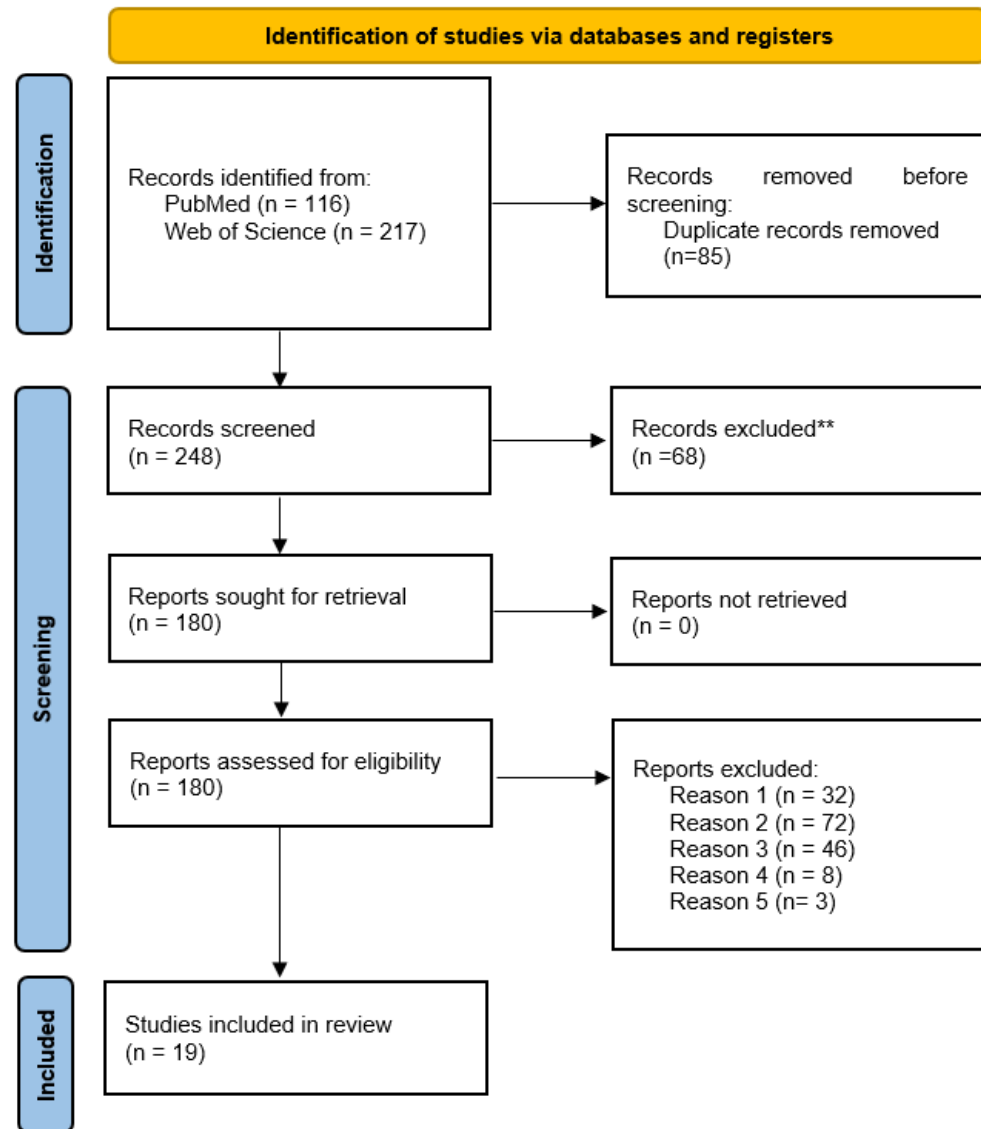
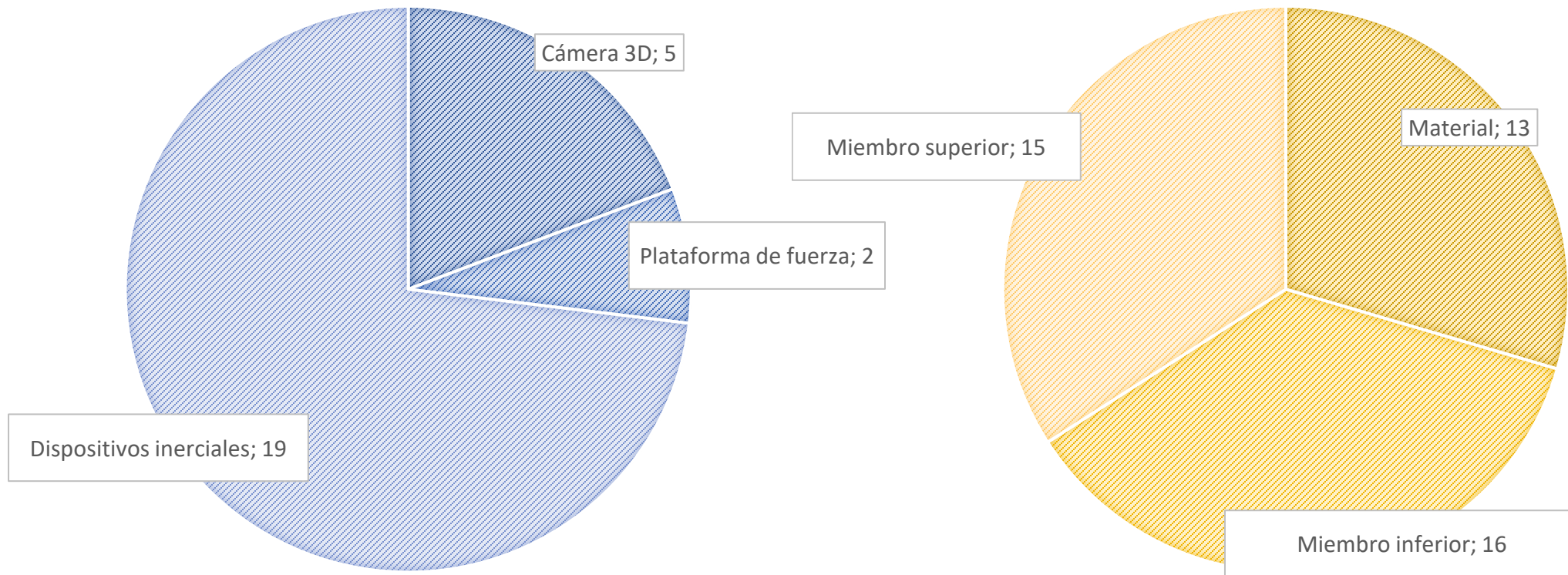




Table 2. STROBE assessment criteria

Study (n = 19)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total score	Quality
Ball and Best (1)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	8	High
Choi et al (6)	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	8	High
Chu et al (7)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	High
Fuyu et al (10)	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7	Low
Gulgin et al (14)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	High
Hooker et al (15)	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	8	High
Khuyagbaatar et al (18)	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	8	High
Kim and So (19)	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	7	Low
Kwon et al (20)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	High
Marsan et al (21)	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	8	High
Mears et al (23)	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9	High
Meister et al (24)	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7	Low
Severin et al (31)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9	High
Sinclair et al (32)	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	8	High
Tinmark et al (33)	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	8	High
Todd et al (34)	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	8	High
Tucker et al (35)	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7	Low
Verikas et al (36)	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7	Low
Zhang and Shan (37)	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	6	Low
Total item scores	19	14	8	19	19	19	19	8	13	11		

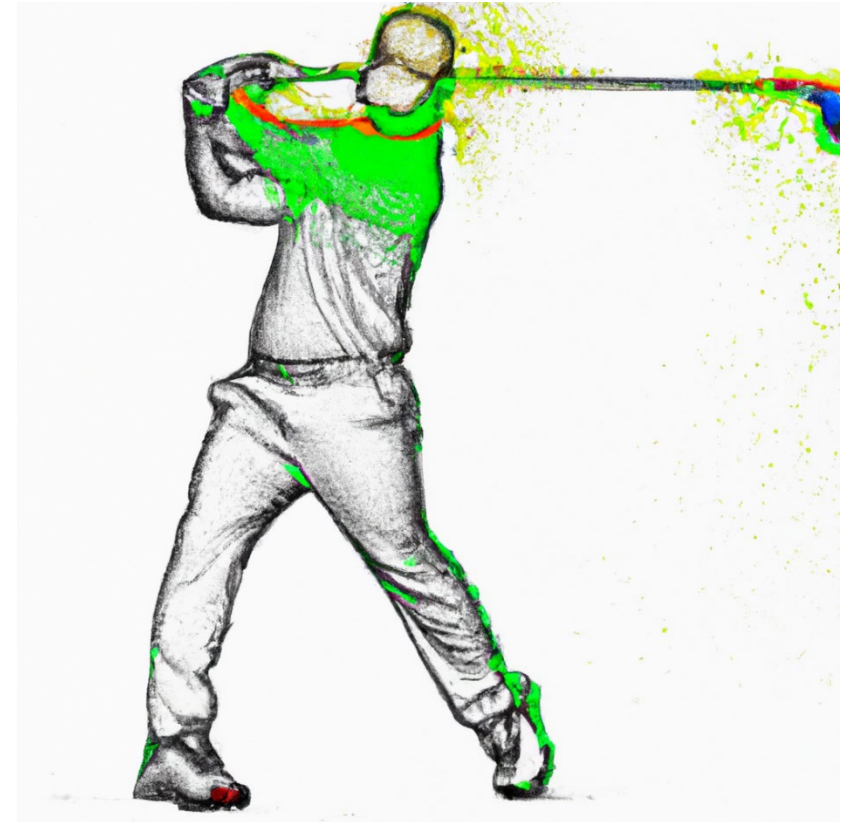


DISCUSIÓN

Cinemática de la parte superior e inferior del cuerpo

Dieciséis de los 19 artículos revisados investigaron la cinemática de la parte superior e inferior del cuerpo en el swing de golf. Esto incluye mediciones de ángulos articulares, velocidades y sincronización de movimientos.

Los puntos antropométricos más comunes en los que se colocaron marcadores reflectantes son la séptima vértebra cervical (C7), el esternón y la muñeca para la parte superior del cuerpo; los huesos metatarsianos, el trocánter, la espina ilíaca anterosuperior y la rodilla para la parte inferior del cuerpo.



Dinámica del palo de golf

Trece de los 19 artículos examinados investigaron la dinámica del palo de golf durante el swing. Esto incluye mediciones de la velocidad de la cabeza del palo, la trayectoria y el ángulo de ataque.

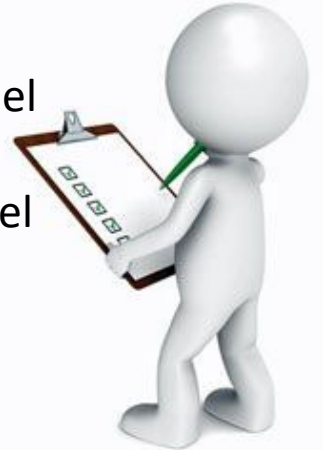
Al comprender la dinámica del palo de golf, los investigadores pueden comprender mejor cómo los cambios en la mecánica del swing o en el equipamiento pueden afectar al rendimiento.



Resultados medidos

Los resultados medidos por las plataformas de fuerza incluyen la anchura de la postura, la transferencia de peso, la fuerza vertical de reacción del suelo y el centro de presión (COP).

Estos datos se comparan con la velocidad del cabeceo del palo (CHS) como variable principal para determinar el rendimiento del swing de golf



Los estudios sugieren que CHS puede aumentarse cambiando rápidamente el COP mediolateral antes de los 40 milisegundos antes del impacto.

Es importante evitar mover el COP más allá del soporte base y mantener el ángulo transversal del palo por debajo de 180° para evitar que la precisión del tiro se vea comprometida.



García-López, J., et al. (2014). The effect of changing the center of pressure location on the clubhead speed in golf swings. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), 175-182.



Limitaciones de las plataformas de fuerza

Aunque las plataformas de fuerza pueden proporcionar datos valiosos para analizar el rendimiento del swing de golf, no deben ser el único dispositivo de evaluación.

La integración de datos cinemáticos y biomecánicos a través de otros dispositivos es necesaria para obtener una imagen completa del rendimiento del jugador.



Hume, P., et al. (2005). Biomechanical factors associated with golf swing efficiency. *Sports Medicine*, 35(5), 429-449..

Análisis 3D del swing de golf

Para evaluar el rendimiento del swing de golf, se utilizan tres parámetros: la rotación de la pelvis y el torso superior (factor X), la oblicuidad de la pelvis (factor O) y la oblicuidad del hombro (factor S).

La mejor manera de analizar la biomecánica del swing es mediante análisis 3D. Los marcadores retroreflectantes ubicados en varias partes anatómicas pueden medir la velocidad angular, la rotación axial y los ángulos de las articulaciones, proporcionando datos precisos sobre el movimiento del jugador durante el swing.

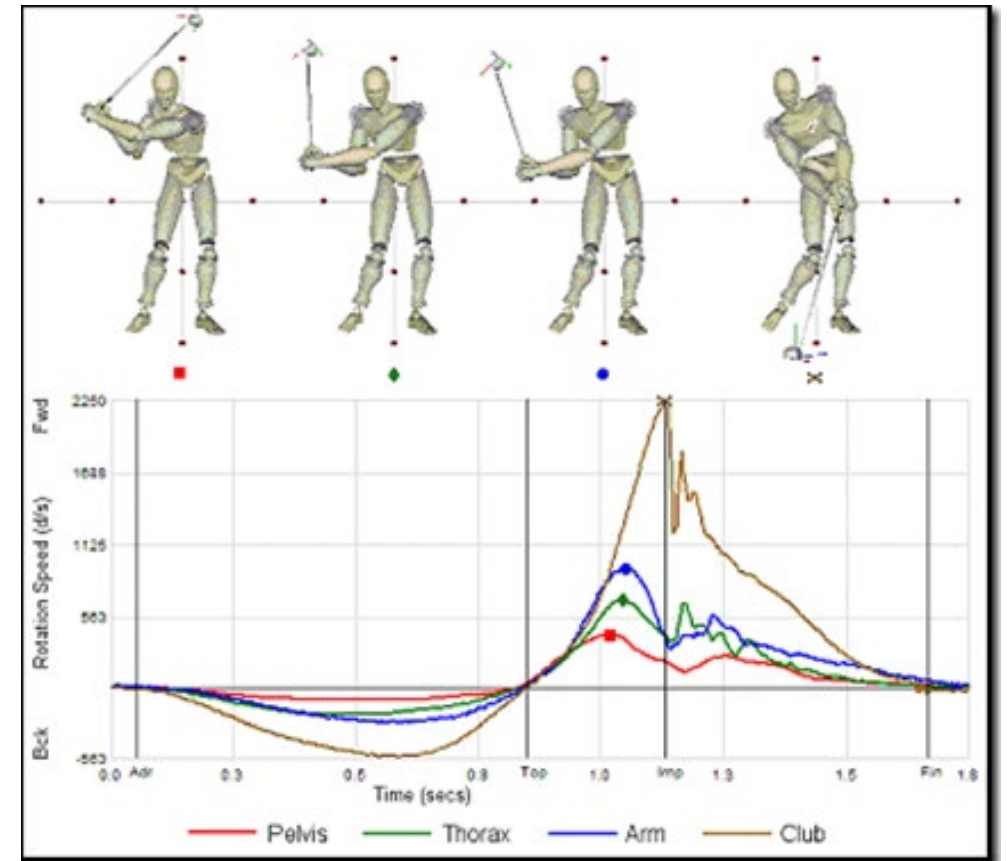


Análisis de seguimiento 3D

El ángulo de separación entre la cadera y los hombros al inicio del downswing se denomina factor X.

Existe una relación positiva el "factor X" y la CHS. Convirtiendo al "factor X" en un predictor sólido de la CHS.

Sin embargo, también destacan la importancia de considerar otros factores como el "factor S", la coordinación torax-pelvis y el estilo del swing para comprender los mecanismos subyacentes de esta correlación.



Gluck G, Bendo J, Spivak J. The lumbar spine and low back pain in golf: A literature review of swing biomechanics and injury prevention. The spine journal: official journal of the North American Spine Society. 2007; 8:778-788. doi: 10.1016/j.spinee.2007.07.388

Hume PA, Keogh J, Reid D. The Role of Biomechanics in Maximising Distance and Accuracy of Golf Shots: Sports Medicine. 2005;35(5):429-449. doi:10.2165/00007256-200535050-00005.

CONCLUSIONES



Las plataformas de fuerza y los sensores electromagnéticos 3D no son suficientes para proporcionar un análisis completo de la biomecánica del swing.



Por otro lado, las tecnologías 3D pueden basarse en un mayor número de marcadores colocados en diferentes partes anatómicas. Para analizar la velocidad angular, la rotación axial y el ángulo de las articulaciones es necesario colocar los marcadores retrorreflectantes en:

Esternón
C7
Bilateralmente en las muñecas
Bilateralmente en ASIS
Bilateralmente en PSIS,
Bilateralmente en los trocánteres,
Bilateralmente en los huesos metatarsianos
En la cabeza del palo de golf.





Los datos obtenidos mediante estas tecnologías pueden ser muy útiles para entrenadores y atletas profesionales en la mejora de su rendimiento en el golf.



BIBLIOGRAFÍA



- Ball K, Best R. Centre of pressure patterns in the golf swing: Individual-based analysis. *Sports Biomechanics*. 2012;11(2):175-189. doi:10.1080/14763141.2012.673007.
- Choi A, Lee IK, Choi MT, Mun JH. Inter-joint coordination between hips and trunk during downswings: Effects on the clubhead speed. *Journal of Sports Sciences*. 2016;34(20):1991-1997. doi:10.1080/02640414.2016.1149603.
- Chu Y, Sell TC, Lephart SM. The relationship between biomechanical variables and driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*. 2010;28(11):1251-1259. doi:10.1080/02640414.2010.507249.
- Fuyu M, Lee HM, Chen PY, Chou LW, Wei SH. A biomechanical approach to investigate swing characteristics in elite golfers. *Journal of the Chinese Medical Association*. 2019;82(7):589-594. doi:10.1097/JCMA.000000000000121.
- García-López, J., et al. (2014). The effect of changing the center of pressure location on the clubhead speed in golf swings. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), 175-182.



- Geisler PR. Golf. In: Shamus E, Shamus J, editors. Sports injury prevention and rehabilitation. New York: McGraw-Hill, 2001.
- Gluck G, Bendo J, Spivak J. The lumbar spine and low back pain in golf: A literature review of swing biomechanics and injury prevention. The spine journal: official journal of the North American Spine Society. 2007; 8:778-788. doi: 10.1016/j.spinee.2007.07.388
- Gulgin H, Armstrong C, Gribble P. Weight-bearing hip rotation range of motion in female golfers. N Am J Sports Phys Ther. 2010;5(2):55-62.
- Hooker QL, Shapiro R, Malone T, Pohl MB. Modifying stance alters the peak knee adduction moment during a golf swing. International Journal of Sports Physical Therapy. 2018;13(4):588-594. doi:10.26603/ijspt20180588
- Hume PA, Keogh J, Reid D. The Role of Biomechanics in Maximising Distance and Accuracy of Golf Shots: Sports Medicine. 2005;35(5):429-449. doi:10.2165/00007256-200535050-00005



- Khuyagbaatar B, Purevsuren T, Kim YH. Kinematic determinants of performance parameters during golf swing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2019;233(5):554-561. doi:10.1177/0954411919838643
- Kim TG, So WY. Comparison of knee characteristics between professional and amateur golfers during the downswing. *Technology and Health Care*. 2017;25(2):299-310. doi:10.3233/THC-161266
- Kwon YH, Como CS, Singhal K, Lee S, Han KH. Assessment of planarity of the golf swing based on the functional swing plane of the clubhead and motion planes of the body points. *Sports Biomechanics*. 2012;11(2):127-148. doi:10.1080/14763141.2012.660799
- Marsan T, Thoreux P, Bourgain M, Rouillon O, Rouch P, Sauret C. Biomechanical analysis of the golf swing: Methodological effect of angular velocity component on the identification of the kinematic sequence. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2019;21(2):115-120. doi:10.5277/ABB-01318-2019-02
- Mears AC, Roberts JR, Forrester SE. Matching golfers' movement patterns during a golf swing. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2018;8(12). doi:10.3390/app8122452



- Meister DW, Zhao B, Rogers AP. Golf_Swing_Biomechanics. Vol 27.; 2011:242-251.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009) Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- O'Reilly M, Caulfield B, Ward T, Johnston W, Doherty C. Wearable Inertial Sensor Systems for Lower Limb Exercise Detection and Evaluation: A Systematic Review. Sports Med. 2018;48(5):1221-1246. doi:10.1007/s40279-018-0878-4
- Rico-González M, Pino-Ortega J, Clemente FM, Los Arcos A. Guidelines for performing systematic reviews in sports science. Biology of Sport. 2022;39(2). doi:10.5114/biol sport.2022.106386
- Severin AC, Tackett SA, Barnes CL, Mannen EM. Three-dimensional kinematics in healthy older adult males during golf swings. Sports Biomechanics. Published online 2019. doi:10.1080/14763141.2019.1649452



- Sinclair J, Currigan G, Fewtrell DJ, Taylor PJ. Biomechanical correlates of club-head velocity during the golf swing. In: International Journal of Performance Analysis in Sport. Vol 14. Centre for Performance Analysis; 2014:54-63. doi:10.1080/24748668.2014.11868702
- Tinmark F, Hellström J, Halvorsen K, Thorstensson A. Elite golfers' kinematic sequence in full-swing and partialswing shots. Sports Biomechanics. 2010;9(4):236-244. doi:10.1080/14763141.2010.535842
- Todd SD, Wiles JD, Coleman DA, Brown MB. Partial swing golf shots: scaled from full swing or independent technique? Sports Biomechanics. 2020;19(3):353-365. doi:10.1080/14763141.2018.1480727
- Tucker CB, Anderson R, Kenny IC. Is outcome related to movement variability in golf? Sports Biomechanics. 2013;12(4):343-354. doi:10.1080/14763141.2013.784350
- Verikas A, Parker J, Bacauskiene M, Olsson MC. Exploring relations between EMG and biomechanical data recorded during a golf swing. Expert Systems with Applications. 2017; 88:109-117. doi: 10.1016/j.eswa.2017.06.041
- Zhang X, Shan G. Where do golf driver swings go wrong? Factors influencing driver swing consistency. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 2014;24(5):749-757. doi:10.1111/sms.12061