

Trabajo Fin de Máster

MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**Influencia de la fatiga del tronco sobre la
estabilidad dinámica del tronco en pilotos y
copilotos de rallyes**

Nombre del estudiante: Fulgencio Martínez Muñoz

Nombre del tutor: David Barbado Murillo

Nombre del cotutor: Francisco José Vera García

Septiembre, 2021

RESUMEN

Los estudios realizados en medicina y ciencias del deporte en pilotos y copilotos de la modalidad automovilística de rallyes han venido a confirmar la importancia de la condición física dentro del deporte del motor. Las altas demandas neuromusculares a las que se somete el tronco durante la conducción en competición y la alta prevalencia de dolor lumbar en estos deportistas, nos hace pensar que la fuerza, la resistencia y la estabilidad de la zona central del cuerpo podrían ser cualidades físicas determinantes para optimizar su rendimiento y prevenir lesiones, como lo son en otros deportes con importante intervención de la zona central del cuerpo (“core”). En este trabajo se valoraron 3 pilotos y 1 copiloto que participan en el Campeonato de España de Rallye de asfalto y tierra. A través de un protocolo de dinamometría isocinética se evaluó conjuntamente la fuerza y resistencia de la musculatura flexo-extensora del tronco y se comprobó cómo afectaba la fatiga del tronco, inducida por estos esfuerzos isocinéticos máximos repetidos, sobre la estabilidad dinámica del tronco. Los datos obtenidos y la comparación entre ellos, pilotos y copilotos, y con otras poblaciones podrían ayudarnos en el futuro a mejorar los programas de entrenamiento y reducir la prevalencia del síndrome de dolor lumbar en estos deportistas.

Palabras claves: tronco, estabilidad, fuerza, resistencia, pilotos de rally.

INTRODUCCIÓN

Hasta no hace muchos años, se afirmaba que los deportes de motor eran uno de los deportes de más alto perfil internacional con la menor presencia de medicina y ciencias del deporte (Klarica, 2001). La condición física de los pilotos de automovilismo en general, y de rally en particular, no se investigaba, y si se hacía, la información se consideraba demasiado valiosa como para desvelarla a sus competidores. Los esfuerzos se centraban, por tanto, en mejorar el rendimiento de los automóviles.

En los últimos años se ha defendido la “ciencia del conductor”, una investigación más completa del conductor (Potkanowicz, 2013). Se ha comprobado que, durante la conducción, los pilotos de automovilismo sufren un estrés psicofisiológico similar al de atletas que practican deportes como baloncesto, fútbol o béisbol (Jacobs et al., 2002); aumentos de hasta el 93 % de la frecuencia cardiaca pico, cambios importantes en variables hormonales y metabólicas como epinefrina, norepinefrina, amoniaco y lactato (Del Rosso et al., 2016), consumos del 45 % al 79 % del VO₂ máx. (Jacobs, 2002), aumentos de la temperatura corporal con alta sudoración en poco tiempo (Walker, 2001) y alto estrés neuromuscular, especialmente en el cuello, tronco y extremidades superiores, debido a las vibraciones y a las altas fuerzas G que pueden llegar a ascender en algunas modalidades automovilísticas hasta 5G (Küçükdurmaz, 2012).

La modalidad de rallyes presenta ciertas particularidades tales como: (1) se compite en vías públicas (asfalto o tierra) cerradas al tránsito; (2) el equipo que compite está dotado por dos personas, piloto y copiloto; (3) se toma la salida de uno en uno y deben completar cada tramo en el menor tiempo posible; (4) y es un deporte mixto, donde hombres y mujeres compiten en igualdad de condiciones. Todas estas características le otorgan un atractivo especial dentro de los deportes del motor, despertando un creciente interés en las ciencias de la actividad física y el deporte, si bien la información con respecto a esta población aún es escasa. Con objeto de analizar en qué medida la modalidad de rally induce adaptaciones neuromusculares específicas, Backman et al. (2005) compararon diferentes variables de rendimiento neuromuscular en conductores de rally y de “ruedas abiertas” (i.e., Formula 1, Formula 2, Formula 3), encontrando que los conductores de rally eran más fuertes en prensión manual, flexión plantar y extensión del tronco, mientras que los conductores de “ruedas abiertas” eran más fuertes en flexión lateral y extensión del cuello. En base a las diferencias encontradas en los mencionados parámetros físicos, los investigadores concluyeron que los mismos podían ser

determinantes en dicha modalidad de rally y que, por tanto, los conductores de rally debían intensificar los entrenamientos de mano, tobillo y tronco con objeto de maximizar el rendimiento.

Una adecuada preparación física diseñada especialmente para este colectivo supondría no solo una mejora del rendimiento, sino probablemente una reducción del riesgo de sufrir lesiones asociadas a esta modalidad. Los pilotos y copilotos de rally, tanto amateurs como profesionales, están sometidos a gran magnitud de vibraciones y golpes mecánicos en todo el cuerpo y tienen una alta prevalencia de dolores musculoesqueléticos. Aunque el estudio de Videman et al. (2000) no muestra diferencias significativas en los hallazgos degenerativos lumbares evaluados a partir de imágenes de resonancia magnética (RM) entre pilotos de rally y grupo control, el 89% de los pilotos tenían dolor lumbar en los últimos 12 meses. Otro estudio, realizados a través de cuestionarios, mostraba que un 91% de pilotos y copilotos manifestaban malestar en al menos una parte del cuerpo después de un rally; un 70 % de estas molestias se centraban en la columna lumbar (más en pilotos que en copilotos), un 54 % en la columna cervical (más en copilotos que en pilotos), un 47 % en los hombros, un 36 % en la columna torácica y un 32 % en manos y muñecas en pilotos (solo un 9 % en copilotos) (Mansfield & Marshall, 2001). La prevalencia de dolor lumbar en participantes de rallyes era más alta que la encontrada en trabajadores industriales expuestos a altas vibraciones del cuerpo entero según este estudio de Mansfield & Marshall. Más recientemente, a través de un cuestionario realizado a 137 conductores de la modalidad automovilística “coches de carrera”, se estudió los parámetros que influyen en el rendimiento en carrera y en el carácter de las lesiones resultantes. Los conductores se quejaron principalmente de dolores en la región lumbar (n=36; 26%), hombro (n=27; 20%) y cuello (n=25; 18%), y la postura del conductor y la comodidad del asiento fueron factores estadísticamente significativos asociados a los dolores en la parte inferior de la espalda y en la parte superior de las piernas (Koutras et al. 2014).

Aunque se han encontrado evidencias de que altos niveles de vibración en todo el cuerpo aumentan el riesgo de dolor lumbar y ciática en conductores (Burström et al., 2015), no se ha podido encontrar causalidad entre conducir o estar sentado profesionalmente y el dolor lumbar (Roffey et al., 2010; Gallais et al., 2006). Esta alta prevalencia de dolor lumbar en participantes de rally y la falta de evidencias sobre la condición física óptima de pilotos y copilotos, nos hace pensar que, al igual que en otras

disciplinas automovilísticas, se ha confiado todo al desarrollo técnico de los coches y a las habilidades al volante de estos deportistas, sin tener en cuenta sus necesidades físicas específicas. Nos preguntamos si estos deportistas tienen que mejorar cualidades físicas que se han relacionado con el dolor lumbar, como la estabilidad de la zona central del cuerpo (CS por las siglas en inglés de “core stability”) (McGill, 2003). El CS o la estabilidad de la zona central del cuerpo se define como la capacidad de las estructuras osteoarticulares y musculares coordinadas por el sistema de control motor, para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco, cuando este es sometido a fuerzas internas o externas (FJ Vera et al., 2015). Este concepto es utilizado en el deporte porque además de mantener la estabilidad del tronco permite la producción y transferencia de fuerzas hacia las extremidades en acciones deportivas como correr, lanzar o golpear (Kibler et al. 2006), lo que a su vez podría ser un elemento importante en la transferencia de fuerzas durante la conducción. La revisión de De Blaiser et al. (2008) proporcionó una evidencia preliminar de la relación entre las deficiencias en aspectos asociados al CS como la fuerza, la propiocepción y el control neuromuscular, con el desarrollo de lesiones de las extremidades inferiores en atletas sanos. La alteración del control del tronco es un factor que contribuye también a las lesiones del raquis lumbar (Zazulak et al., 2008). McGill (2015) considera la relación entre la fuerza de flexión y extensión del tronco como uno de los factores clave para la prevención y tratamiento del síndrome de dolor lumbar. Aunque todavía no hay evidencias claras que relacionan el CS con la mejora del rendimiento, en los deportes con altas demandas de participación de la zona central del cuerpo, como el golf o el judo, proporciona beneficios (Barbado et al. 2016; Reed et al., 2012). En base a todos estos estudios, parece razonable pensar que una mejora del conocimiento del perfil físico de la zona central del cuerpo de los pilotos y copilotos de rally podría ayudar a optimizar los programas de entrenamiento para la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones en esta población.

Por tanto, dado que la importancia del tronco podría ser fundamental para los pilotos y copilotos de rally, el objetivo de este estudio es analizar el perfil de fuerza, la resistencia y la estabilidad del core. Para ello, a través de un protocolo de dinamometría isocinética diseñado por García-Vaquero et al. (2020) se evaluó conjuntamente la fuerza y resistencia de la musculatura flexo-extensora del tronco. Asimismo, se comprobó, a través de un protocolo de fatiga diseñado por Vaquero, R. (2014), cómo afecta la fatiga del tronco inducida por estos esfuerzos isocinéticos máximos repetidos sobre la

estabilidad dinámica del tronco evaluado mediante el paradigma del asiento inestable. Asimismo, se cuantificó el periodo de recuperación después del esfuerzo de fatiga y se determinó las diferencias en estos parámetros biomecánicos entre pilotos y copilotos en comparación con datos que reporta la literatura, obtenidos con el mismo protocolo, en una población joven, físicamente activa que no tiene experiencia en conducción en modalidades deportivas.

MÉTODO

Participantes

Tabla 1. Características de los pilotos y copilotos de rallye valorados en el estudio.

	SEXO	EDAD	ALTURA (cm)	PESO (kg)	RANKING
PILOTO 1	HOMBRE	23	178	63,0	Campeón mundial Junior de Rallyes (2019). Campeón de España de Rallyes de grupo N (2016).
PILOTO 2	HOMBRE	39	178	87,0	Campeonato de España de Rallyes (Piloto oficial).
PILOTO 3	HOMBRE	27	179	78,0	Campeón de España de Resistencia (2015). Campeonato de España de Rallyes (Piloto oficial).
COPILOTO	MUJER	28	163	54,2	Tercer puesto del Campeonato de España de Rallyes en asfalto (2019).

En este estudio participaron 3 pilotos y 1 copiloto que compiten actualmente en el Campeonato de España de rallyes de asfalto y tierra. Los criterios de inclusión fueron los siguientes 1) adultos jóvenes de entre 20 y 40 años; 2) que fueran pilotos o copilotos de rallyes con una experiencia profesional de al menos 3 años y que participasen en el campeonato de España de rallyes de asfalto y tierra. Los participantes fueron excluidos si 1) presentaban dolor inducido o exacerbado por los procedimientos de la prueba; 2) tenían problemas médicos conocidos previamente, principalmente trastornos posturales o dolor lumbar; y 3) se habían sometido a una cirugía de la columna vertebral, el tronco o los isquiotibiales. Antes de realizar el protocolo experimental, los participantes firman el consentimiento informado necesario para participar en el estudio.

Protocolo experimental

Antes de realizar el protocolo experimental, los participantes completaron un cuestionario sobre su trayectoria deportiva (rallyes y otras modalidades deportivas), su preparación física y estado de salud. Se tomaron medidas antropométricas: altura, masa y la altura del tronco (desde el trocánter mayor del fémur al acromion de la escápula), necesario para calcular la altura del CG sentado ($0,626 \times$ altura del tronco), parámetro a utilizar en la prueba de asiento inestable.

El protocolo experimental involucró esfuerzos máximos de flexión-extensión del tronco en un dinamómetro isocinético que se llevaron a cabo entre una prueba de estabilidad dinámica de tronco pre y post test.

Se animó a los participantes a no realizar una sesión de entrenamiento en las 24 horas previas a la prueba.

Para evaluar la estabilidad del *core*, los participantes realizaron una prueba de control postural del tronco mientras estaban sentados en un asiento inestable con los brazos cruzados sobre el pecho (Barbado, Elvira, Dieën y Vera-García, 2016). El asiento era una estructura de madera con soportes para piernas y pies y un hemisferio de resina de poliéster unida al fondo (radio del hemisferio: 35 cm; altura del asiento con respecto al punto más bajo del hemisferio: 12 cm) mediante un grifo de Velcro. El reposapiés se ajustó a cada participante para asegurar una flexión de rodilla de 90° . Los muslos y las piernas del participante se amarraron al asiento para evitar cualquier movimiento de las extremidades inferiores. Para evaluar el desplazamiento del centro de presión (CoP) sentado, el asiento se colocó sobre una plataforma de fuerza (Kistler, Suiza, Modelo 9286AA), ubicada en una mesa rígida y estable a 0,9 m sobre el nivel del suelo. La plataforma de fuerza tenía una frecuencia de registro de 1000 muestras/s y se calibró antes de cada medición. A través de un software, la imagen se proyectó en la pared 2 m delante de los participantes para proporcionar información visual del desplazamiento de la CoP de los participantes en tiempo real. Además, el software proporcionó un punto de referencia que describía una trayectoria circular que giraba en sentido contrario a las agujas del reloj. La amplitud del desplazamiento del punto objetivo correspondió al ángulo de inclinación del centro de masa de la parte superior del cuerpo de un participante de 4° (Winter, 2009). El punto objetivo tardó 20 s en completar un ciclo (0,05 Hz). Se pidió a los participantes que ajustaran su CoP al punto objetivo en cada ensayo tanto como fuera posible. Se sostuvo el asiento inestable entre las pruebas con un soporte de madera

para evitar el efecto de aprendizaje y/o la fatiga. La prueba postural de control del tronco consistió en cinco repeticiones de 70 s, con 30 s de descanso entre cada repetición, y se realizó en tres ocasiones: 1) 15 min antes del pretest en el período de familiarización; 2) antes del protocolo de fatiga (pretest); 3) de 1 a 2 minutos después del protocolo de fatiga (postest).

La fatiga se indujo utilizando un dinamómetro isocinético Biodex System 4 Pro™ y un accesorio de extensión/flexión de espalda de doble posición (Biodex Corporation, Shirley, NY, EE. UU.), fijado al eje de rotación del dinamómetro. Esta prueba consistió en cuatro series de 15 repeticiones máximas consecutivas y concéntricas del tronco en flexión-extensión a 120°/s, con 1 min de descanso entre series. Se eligió la velocidad antes mencionada porque se considera segura para la columna lumbar (Winter, 2009) y fiable para medir el trabajo mecánico (Langrana et al., 1984). Cada repetición comenzó desde la posición de flexión. Para realizar la prueba, el participante se sentó en el accesorio de extensión/flexión de espalda, con la columna en posición neutra, una flexión de cadera y rodilla de 90°, muslos paralelos al piso, brazos cruzados sobre el pecho y el eje del dinamómetro de rotación alineada con las espinas ilíacas anterosuperiores (García-Vaquero, Barbado, Juan-Recio, López-Valenciano, & Vera-García, 2020). Cada participante fue fijado en esta posición mediante almohadillas ajustables colocadas en el sacro, tronco superior y parte anterior de la tibia y por correas de Velcro inextensibles ubicadas en la parte superior del tronco (a través del pecho), muslos y pelvis. Esta posición se tomó como referencia (posición 90°) antes de iniciar la prueba. Con el fin de aislar el movimiento de la columna lumbar para evitar la flexión-extensión de la cadera, el rango de movimiento sagital del tronco se limitó a 50° de flexión-extensión: desde 30° de flexión de tronco (120°) a 20° de extensión de tronco (70°). Antes del protocolo de fatiga, cada participante realizó un calentamiento consistente en dos series de 15 abdominales y dos series de 15 extensiones de espalda, con 30 s de descanso entre series.

Análisis de datos

En primer lugar, los datos de la plataforma de fuerza fueron filtrados con un filtro paso bajo a 10 Hz (4° orden, Butterworth). En segundo lugar, para evaluar la capacidad de los participantes para ajustar su CoP al punto objetivo, se calculó el error radial medio (MRE = media de la magnitud del vector CoP desde el punto objetivo) y la velocidad media (MV) para los últimos 60 s de cada repetición.

Para cuantificar la fuerza muscular, se calcularon el momento máximo de fuerza (MMF) y el trabajo máximo durante una repetición (TM) para los esfuerzos de flexión y extensión. Estas variables también se normalizaron con respecto a la masa (NMMF y NTM) de cada participante. Además, basándose en el estudio de Mayer et al. (1995), se utilizó la ratio de trabajo máximo (RTM = trabajo máximo de la última serie * 100 / trabajo máximo en toda la serie) y la ratio de fatiga final (RFF= trabajo medio de las tres últimas repeticiones de la última serie * 100 / trabajo máximo en toda la serie) para evaluar la resistencia a la flexión y extensión del tronco.

Análisis estadístico

Se calcularon los estadísticos descriptivos (media y la desviación típica) de las variables obtenidas de la plataforma de fuerzas, MRE y MV del desplazamiento de la CoP para las cinco series, antes y después del protocolo de fatiga. Asimismo, se calcularon los estadísticos descriptivos de las variables de fuerza (MMF, TM, NMMF y NTM) y de resistencia (RTM y RFF) para los esfuerzos de flexión y extensión a través de las cuatro series de la prueba isocinética máxima de tronco de flexión-extensión. Dado el tamaño muestral, no se pudo realizar ningún análisis inferencial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Backman, J., Häkkinen, K., Ylinen, J., Häkkinen, A., & Kyröläinen, H. (2005). Neuromuscular performance characteristics of open-wheel and rally drivers. *Journal of strength and conditioning research*, 19(4), 777.
- Barbado, D., Lopez-Valenciano, A., Juan-Recio, C., Montero-Carretero, C., van Dieën, J. H., & Vera-Garcia, F. J. (2016). Trunk stability, trunk strength and sport performance level in judo. *PloS one*, 11(5), e0156267.
- Baur, H., Müller, S., Hirschmüller, A., Huber, G., & Mayer, F. (2006). Reactivity, stability, and strength performance capacity in motor sports. *British journal of sports medicine*, 40(11), 906-911.
- Baur, H., Müller, S., Pilz, F., Mayer, P., & Mayer, F. (2010). Trunk extensor and flexor strength of long-distance race car drivers and physically active controls. *Journal of sports sciences*, 28(11), 1183-1187.

- Biering-Sørensen, F. I. N. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Burström, L., Nilsson, T., & Wahlström, J. (2015). Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. *International archives of occupational and environmental health*, 88(4), 403-418.
- Cibulka, M. T., Sinacore, D. R., Cromer, G. S., & Delitto, A. (1998). Unilateral hip rotation range of motion asymmetry in patients with sacroiliac joint regional pain. *Spine*, 23(9), 1009-1015.
- Del Rosso, S., Abreu, L., Webb, H. E., Zouhal, H., & Boullosa, D. A. (2016). Stress markers during a rally car competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 605-614.
- Ebben, W. (2010). Strength and conditioning for stock car racing. *Strength & Conditioning Journal*, 32(5), 16-27.
- Gallais, L., & Griffin, M. J. (2006). Low back pain in car drivers: a review of studies published 1975 to 2005. *Journal of sound and vibration*, 298(3), 499-513.
- García-Vaquero, M. P., Barbado, D., Juan-Recio, C., López-Valenciano, A., & Vera-García, F. J. (2020). Isokinetic trunk flexion–extension protocol to assess trunk muscle strength and endurance: Reliability, learning effect, and sex differences. *Journal of Sport and Health Science*, 9(6), 692-701.
- GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators (2018). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet (London, England)*, 392(10159), 1789–1858.
- Granata, K. P., & Gottipati, P. (2008). Fatigue influences the dynamic stability of the torso. *Ergonomics*, 51(8), 1258-1271.
- Hori, M., Hasegawa, H., & Takasaki, H. (2021). Comparisons of hamstring flexibility between individuals with and without low back pain: systematic review with meta-analysis. *Physiotherapy theory and practice*, 37(5), 559-582.

- Jacobs, P. L., Olvey, S. E., Johnson, B. M., & Cohn, K. (2002). Physiological responses to high-speed, open-wheel racecar driving. *Medicine and science in sports and exercise*, *34*(12), 2085-2090.
- Joseph, L., Standen, M., Paungmali, A., Kuisma, R., Silitertpisan, P., & Pirunsan, U. (2020). Prevalence of musculoskeletal pain among professional drivers: A systematic review. *Journal of occupational health*, *62*(1), e12150.
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, *36*(3), 189-198.
- Klarica, A. J. (2001). Performance in motor sports. *British journal of sports medicine*, *35*(5), 290-291.
- Koutras, C., Buecking, B., Jaeger, M., Ruchholtz, S., & Heep, H. (2014). Musculoskeletal injuries in auto racing: a retrospective study of 137 drivers. *The Physician and Sportsmedicine*, *42*(4), 80-86.
- Küçükduymaz, F. (2012). Driver as a high level athlete. In *Sports Injuries* (pp. 1121-1123). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Langrana, N. A., Lee, C. K., Alexander, H., & Mayott, C. W. (1984). Quantitative assessment of back strength using isokinetic testing. *Spine*, *9*(3), 287-290.
- Lindsay, D. M., & Horton, J. F. (2006). Trunk rotation strength and endurance in healthy normals and elite male golfers with and without low back pain. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, *1*(2), 80.
- Lu, M. L. (2020). Prevention of musculoskeletal pain among professional drivers. *Journal of Occupational Health*, *62*(1), e12170.
- Mansfield, N. J., & Marshall, J. M. (2001). Symptoms of musculoskeletal disorders in stage rally drivers and co-drivers. *British journal of sports medicine*, *35*(5), 314-320.
- Mayer, T., Gatchel, R., Betancur, J., & Bovasso, E. (1995). Trunk muscle endurance measurement: isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects. *Spine*, *20*(8), 920-925.
- McGill, S. (2015). *Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation*. Human Kinetics.

- McKnight, P. J., Bennett, L. A., Malvern, J. J., & Ferguson, D. P. (2019). V̇O₂peak, Body Composition, and Neck Strength of Elite Motor Racing Drivers. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(12), 2563–2569.
- Nesser, T. W., Huxel, K. C., Tincher, J. L., & Okada, T. (2008). The relationship between core stability and performance in division I football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1750-1754.
- Potkanowicz, E. S., & Mendel, R. W. (2013). The case for driver science in motorsport: a review and recommendations. *Sports medicine*, 43(7), 565-574.
- Raschner, C., Platzer, H. P., & Patterson, C. (2013). Physical characteristics of experienced and junior open-wheel car drivers. *Journal of sports sciences*, 31(1), 58-65.
- Recio, C. J. (2017). *Características de test para la valoración de la musculatura del tronco* (Doctoral dissertation, Universidad Miguel Hernández).
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures. *Sports medicine*, 42(8), 697-706.
- Roffey, D. M., Wai, E. K., Bishop, P., Kwon, B. K., & Dagenais, S. (2010). Causal assessment of occupational sitting and low back pain: results of a systematic review. *The Spine Journal*, 10(3), 252-261.
- Sadler, S. G., Spink, M. J., Ho, A., De Jonge, X. J., & Chuter, V. H. (2017). Restriction in lateral bending range of motion, lumbar lordosis, and hamstring flexibility predicts the development of low back pain: a systematic review of prospective cohort studies. *BMC musculoskeletal disorders*, 18(1), 1-15.
- Van Dieën, J. H., Luger, T., & van der Eb, J. (2012). Effects of fatigue on trunk stability in elite gymnasts. *European journal of applied physiology*, 112(4), 1307-1313.
- Vaquero, R.-Cristóbal (2014)., R., Juan-Recio, C., Barbado, D., & Vera-García, F.J. Effects of fatigue induced by repeated maximal isokinetic trunk efforts on trunkcore stability. *Trabajo Final de Máster. UMH. Elche*.
- Vera-Garcia, F. J., Elvira, J. L., Brown, S. H., & McGill, S. M. (2007). Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability

against sudden trunk perturbations. *Journal of electromyography and kinesiology*, 17(5), 556-567.

Videman, T., Simonen, R., Usenius, J. P., Österman, K., & Battie, M. C. (2000). The long-term effects of rally driving on spinal pathology. *Clinical Biomechanics*, 15(2), 83-86.

Walker, S. M., Dawson, B., & Ackland, T. R. (2001). Performance enhancement in rally car drivers via heat acclimation and race simulation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 128(4), 701-707.

Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons.

Zazulak, B., Cholewicki, J., & Reeves, P. N. (2008). Neuromuscular control of trunk stability: clinical implications for sports injury prevention. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 16(8), 497-505.

