



**UNIVERSIDAD
EAFITA**

TRABAJO INTEGRADOR FINAL

**Lesiones más frecuentes en pilotos de automovilismo profesional y rol de la
kinesiología**

Revisión bibliográfica

Año: 2022

Lic. en Kinesiología y Fisiatria

Alumno: Burgos, Juan Martin

Tutor: Lic. Nuñez Leandro

Índice

Introducción	2
Objetivo	3
Marco teórico.....	4
¿Qué es el automovilismo?	4
Demandas y exigencias propias del deporte	6
Lesiones más frecuentes	12
Rol de la kinesiología en el automovilismo	19
Discusión.....	21
Conclusión.....	23
Referencias.....	24

Introducción

El automovilismo profesional es uno de los deportes más populares del mundo, cuenta con numerosas categorías que se distribuyen a lo largo de los diferentes países e involucra a empresas, fabricantes, deportistas, ingenieros y patrocinadores. Los grandes avances en el deporte se centraron en desarrollar las últimas tecnologías en motores, aerodinámica, suspensión y neumáticos para lograr el máximo rendimiento. Todas las categorías tienen su reglamento que va a limitar las modificaciones permitidas para los chasis, motores, suspensión, combustible, etc (Instituto FIA. 2012)¹.

Sin embargo, durante todo este tiempo las investigaciones centradas en el desarrollo de los autos dejaron de lado el estudio sobre las lesiones más frecuentes que sufren los pilotos a la hora de la competencia. Hasta el año 2014, según PubMed, se han realizado 3953 estudios sobre lesiones de fútbol americano, 2699 estudios sobre lesiones de fútbol, 1271 estudios sobre lesiones de béisbol y 1111 estudios sobre lesiones de baloncesto. A pesar de este gran número de publicaciones en la literatura médica en referencia a los otros deportes importantes, hasta la fecha solo existen 5 publicaciones sobre lesiones en los deportes de motor (Wertman, G et al 2016)².

A los pilotos de automovilismo profesional se los debe tratar como atletas de alto rendimiento, no sólo por la preparación física, sino por el tiempo en el que se extiende la competencia cada fin de semana, donde durante tres días el atleta está expuesto a exigencias como el calor, el estrés cardiovascular y el aire ambiente producto de los gases que derivan de la combustión (Esmoldi, N. 2014)³.

¹ Instituto FIA. La medicina del automovilismo. París, France.2012

² Wertman G, Gaston RG, Heisel W. Upper Extremity Injuries in NASCAR Drivers and Pit Crew: An Epidemiological Study. *Orthop J Sports Med.* 2016;4(2):2325967116629427. Published 2016 Feb 12. doi:10.1177/2325967116629427

³ Esmoldi, N. Evaluación de gases dentro de habitáculos de automóviles de carrera en el automovilismo argentino. *Revista AKD.* 2014.. Vol56:
<http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/akdsept-2014.pdf>

Por lo tanto, el conocimiento de las lesiones más frecuentes, permitiría el trabajo preventivo terapéutico para optimizar el rendimiento del piloto durante la competencia y, tras ella, mejorar su capacidad de recuperación física.

Objetivo de la investigación

Objetivo general: determinar mediante una revisión bibliográfica de Sudamérica y Europa desde el año 2010 al 2021, las lesiones más frecuentes en los pilotos de automovilismo profesional y el rol de la kinesiología, donde se tendrá en cuenta las condiciones y exigencias a las que se exponen durante la competencia y así, establecer los objetivos específicos que son:

- Analizar las lesiones que se dan con mayor frecuencia
- Establecer las ventajas que se podrían generar de la participación del kinesiólogo dentro de la estructura del automovilismo.

Método

Se realizó una revisión con material extraído de bases de datos informáticas (PubMed, PEDro, AKD, Instituto FIA), donde la búsqueda se realizó mediante los siguientes términos:

PubMed:

- Racing drivers
- Racing drivers and injury
- Musculoskeletal injury

PEDro:

- Racing drivers and injury
- Motorsport
- Motorsport and injury

AKD:

- Automovilismo
- Lesiones musculoesqueléticas

Instituto FIA:

- Racing drivers
- Motorsport

Los filtros que se utilizaron a la hora de la búsqueda fueron: Año 2010 en adelante - Pilotos de automovilismo profesional

En este trabajo la búsqueda arrojó 33 papers y 2 libros de los cuales finalmente se seleccionaron 20 papers y 2 libros, que van desde el año 2010 al año 2021.

La selección de los trabajos se realizó en base al criterio del autor en el intento de responder las preguntas al problema principal de esta revisión y las preguntas parciales derivadas del mismo.

Marco teórico

¿Qué es el automovilismo?

El automovilismo deportivo es una competición o prueba de velocidad entre vehículos terrestres propulsados mecánicamente, sobre distintos tipos de pistas. Los competidores corren juntos o en solitario, en cuyo caso son cronometrados por separado. Este es uno de los deportes más populares del mundo e involucra a empresas, fabricantes, deportistas, ingenieros y patrocinadores. (Stott, A, 2018)⁴

Para el instituto FIA (Federación Internacional de Automovilismo) , el automovilismo es un término amplio que va abarcar diversos tipos de vehículos y competiciones, esta investigación hace referencia específicamente a los vehículos de cuatro ruedas. La manera más accesible de comenzar en este ámbito es a través del karting, si bien la oferta es muy variada, en general los primeros pasos en el automovilismo se realizan ingresando en el. (Instituto FIA, 2012)⁵

Este deporte , al ser uno de los espectáculos más populares del mundo, no sólo hace referencia a la velocidad, los autos y los pilotos, sino también a las marcas. Sin éstas, las escuderías no podrían funcionar, porque se necesita de mucho dinero para poder mantener operando toda la estructura que rodea al deporte (Cano Flores, 2017)⁶

La organización de una carrera conlleva múltiples actores, más allá del principal que es el piloto. Comenzando con el mayor responsable, el director de la carrera, quien es

⁴ Stott, A. (2018). Elaboración de un análisis de necesidades de S&C: pilotos de carreras y automovilismo.

⁵ Instituto FIA. La medicina del automovilismo. París, France.2012

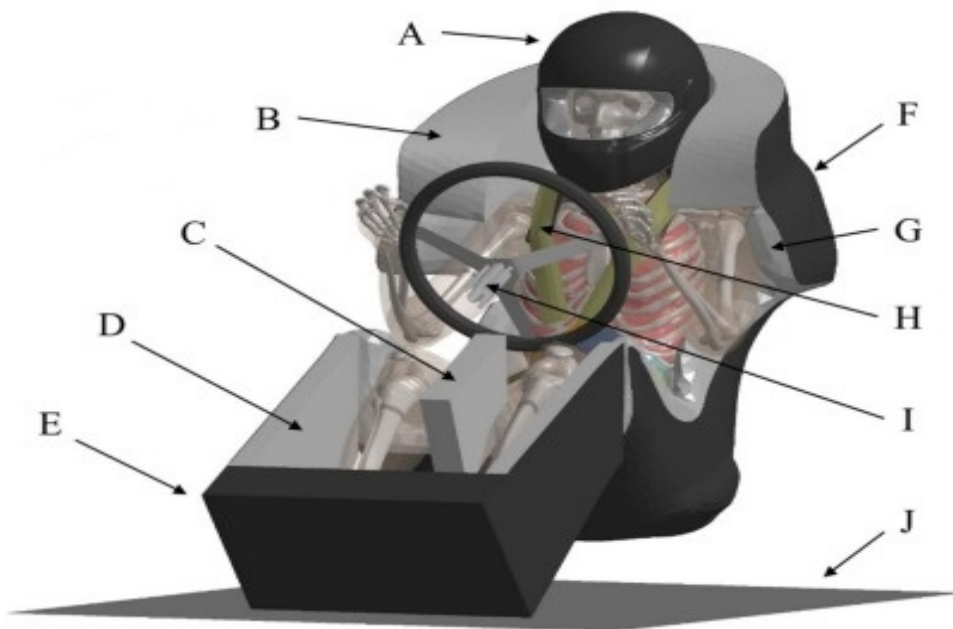
⁶ Cano Flores, Milagros, et al. Los patrocinadores en el ámbito deportivo: la fórmula uno." Revista Ciencia Administrativa, vol. 2017, no. 2, July-Dec. 2017.
<https://www.redalyc.org/pdf/3111/311148817002.pdf>

responsable de que la competencia se lleve a cabo correctamente y debe autorizar, de manera implícita o explícita, todas las acciones realizadas en el circuito. Por otro lado, tenemos a los comisarios deportivos, quienes son los jueces en cualquier controversia relativa al reglamento del evento y a los comisarios técnicos, que tienen la responsabilidad de verificar que los autos cumplan todos los requisitos técnicos reglamentarios de su serie. A todos estos, se le suman banderilleros, rescatistas, personal de boxes, y entre ellos un actor primordial, el equipo médico. El equipo médico comprende un número variable de profesionales tales como médicos, kinesiólogos, enfermeros y paramédicos, donde en función del circuito, de la carrera y del personal disponible, habrá diversas especialidades representadas el fin de semana que se dispute la carrera .(Instituto FIA, 2012).⁷

Cada vehículo, sea cual sea la categoría, cuenta con medidas de seguridad .Dentro de la jaula de supervivencia, el asiento del piloto y los lados de la cabina están diseñados para sostener al piloto en los siguientes puntos anatómicos claves: cabeza, hombros, pelvis y piernas, como se muestra en la **figura 1**. (William B.2020) ⁸

Figura 1. Protección del piloto

A- Casco, B- Envoltorio de la cabeza, C- Separador de rodilla, D- Protector lateral, E-Recinto de piernas, F-Carcasa de fibra de carbono, G - Espuma interior, H- Arnés de cinturón de seguridad, I- Columna de dirección, J- Base de trineo.



⁷ Instituto FIA. La medicina del automovilismo. París, France.2012

⁸ William B. Decker , Derek A. Jones , Karan Devane , Matthew L. Davis , John P. Patalak & F. Scott Gayzik (2020): Simulation-based assessment of injury risk for an average male motorsport driver, Traffic Injury Prevention,DOI:10.1080/15389588.2020.1802021

Fuente: William B. 2020.

https://www.researchgate.net/publication/343958417_Simulation-based_assessment_of_injury_risk_for_an_average_male_motorsport_driver

Hoy en día, los pilotos de automovilismo disponen de una gama mucho más perfeccionada de dispositivos y artículos de protección personal que en el pasado, estos, además son evaluados constantemente para establecer si cumplen o no con las condiciones que se necesitan para correr en la élite del automovilismo. (Instituto FIA, 2012).⁹

Demandas y exigencias propias del deporte

Actualmente, el automovilismo es una disciplina que requiere desarrollar una combinación de variables fisiológicas y cualidades específicas para rendir al más alto nivel. También se deben considerar las necesidades del individuo, ya que cada atleta tiene sus propias fortalezas y debilidades. Si bien la planificación para mejorar un área de rendimiento de forma aislada puede ser sencilla, casi nunca es el caso cuando se busca desarrollar la preparación integral de un atleta. (Issurin, 2010).¹⁰

Muchos autores, tales como Issurin (2010), Esmoldi (2011), Reid MB, Lightfoot J (2019), plantearon que para ser competitivo, independientemente de la categoría en la que participe el piloto, debe estar en forma.

Hoy las grandes fuerzas G son habituales. La fuerza G es una medida de aceleración basada en la que podría producir la gravedad de la Tierra en un objeto cualquiera. (Pollock Rd.2021)¹¹. Las investigaciones han puesto de manifiesto que los pilotos al volante de los actuales vehículos, que compiten en circuitos a altas velocidades, corren durante todo el trayecto con niveles de MET superiores a 13 (MET es la abreviatura, en inglés, de "equivalente metabólico", una medida que indica el coste energético de la actividad física para el organismo). Tales niveles de gasto metabólico equivalen al de un atleta olímpico

⁹ Instituto FIA. La medicina del Automovilismo. París, France.2012

¹⁰ Issurin, VB Nuevos Horizontes para la Metodología y Fisiología de la Periodización del Entrenamiento. Medicina Deportiva 2010: 40(3); 189-206

¹¹ Pollock RD, Hodkinson PD, Smith TG. Oh G: The x, y and z of human physiological responses to acceleration. Exp Physiol. 2021 Dec;106(12):2367-2384. doi: 10.1113/EP089712. Epub 2021 Nov 17. PMID: 34730860.

actual al correr un maratón, así como a participar en una carrera de natación de 1.500 metros o a jugar un partido de tenis a nivel profesional. (Instituto FIA, 2012)¹²

El automovilismo expone a los conductores a factores de estrés ambientales que pueden provocar fatiga y limitar el rendimiento. Por lo tanto, es útil documentar las variables de aptitud física de los conductores de automovilismo de élite existentes, para guiar a otros conductores en la preparación para la competencia y limitar la incidencia de lesiones relacionadas con la fatiga. Las carreras de autos imponen factores de estrés ambientales únicos a los conductores. Estos factores estresantes impactan directamente en las respuestas fisiológicas, a menudo de diferente magnitud en cada tipo de atleta (Reid MB, Lightfoot J. 2019).¹³

Para McKnight PJ & et al (2019)¹⁴ el calor es un desafío importante en las carreras de autos. La temperatura del aire dentro de la cabina de un auto de carreras cerrada es de 50 ° C a 65 ° C y puede alcanzar los 82 ° C. Además, la mayoría de las carreras se llevan a cabo en superficies de concreto o asfalto que absorben la luz solar y acumulan calor. Esto aumenta la temperatura ambiente y contribuye a la carga de calor para todos los atletas de deportes de motor. En segundo lugar, la pérdida de calor por parte del atleta está impedido por capas de ropa de seguridad ignífuga obligatoria. Como resultado, el uniforme impide la pérdida de calor por parte de los atletas, elimina la exposición de la piel para la evaporación del sudor y deteriora la termorregulación por mecanismos convectivos y radiantes. Esto predispone al conductor a un estrés por calor no compensable.

Reid MB y Lightfoot J (2019)¹⁵ señalan que la calidad del aire se ve comprometida por los gases que se eliminan por el escape de los autos de carrera. El CO₂ ambiental puede aumentar de manera aguda la concentración de carboxihemoglobina circulante de los atletas de deportes de motor. Después de una carrera, se han reportado concentraciones en los conductores de hasta el 15% al 18%; esto constituye una intoxicación moderada por CO₂ que puede causar dolor de cabeza, letargo y fatiga. La intoxicación grave por CO₂ (> 20% - 25%) tiene consecuencias más graves, que incluyen confusión, isquemia cardíaca y

¹² Instituto FIA. La medicina del Automovilismo. París, France.2012

¹³ Reid MB, Lightfoot JT. The Physiology of Auto Racing. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2548-2562. doi: 10.1249/MSS.0000000000002070.

¹⁴ McKnight PJ, Bennett LA, Malvern JJ, Ferguson DP. V̇O₂peak, Body Composition, and Neck Strength of Elite Motor Racing Drivers. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2563-2569. doi: 10.1249/MSS.0000000000001961.

¹⁵ Reid MB, Lightfoot JT. The Physiology of Auto Racing. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2548-2562. doi: 10.1249/MSS.0000000000002070.

pérdida del conocimiento, mientras que niveles superiores al 60% pueden ser fatales. Afortunadamente, no se ha documentado intoxicación grave por CO₂ en atletas de deportes de motor. Por lo tanto, así también lo observo Esmoldi, N (2011)¹⁶ en su investigación, donde afirma que existe una mala calidad de aire ambiente producto de los gases derivados de la combustión, (notándose en la saturación de O₂ en sangre del piloto que llega a saturar alrededor de 92-93 % de O₂ en sangre).

La vibración es característica de varios componentes de los autos de carrera durante el funcionamiento. Estas vibraciones se transmiten al conductor y pueden tener consecuencias fisiológicas. En primer lugar, las vibraciones localizadas transmitidas a través del volante pueden interferir con la función de la parte superior del cuerpo al predisponer a los músculos a calambres, promover la fatiga muscular y causar síntomas osteo ligamentosos o trastornos nerviosos en las manos y los brazos. En segundo lugar, se sabe que la vibración de todo el cuerpo estimula los aumentos reflejos en la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco, el consumo de oxígeno y la ventilación por minuto. Cada uno de estos cambios cardiopulmonares se ha documentado en pilotos atletas en condiciones de carrera. Es posible que estas respuestas, al menos en parte, estén mediadas por mecanorreflejos inducidos por vibraciones (Reid MB, Lightfoot J. 2019)¹⁷

El instituto FIA (2012)¹⁸ hizo referencia a cómo los cambios en la velocidad o la dirección de un auto de carreras pueden someter al conductor a la fuerza G a lo largo de cualquier eje. En el plano horizontal, la fuerza G a lo largo del eje lateral es proporcional al radio de la esquina y la velocidad del automóvil; el frenado y la aceleración generan fuerza G a lo largo del eje longitudinal que es proporcional a la tasa de cambio de velocidad. En el eje vertical, la fuerza G es inducida por cambios en la configuración de la vía, por ejemplo, al subir una loma o tomar una curva inclinada la magnitud de las fuerzas G aplicadas al conductor son sustanciales. En los autos que desarrollan una carga aerodinámica, las fuerzas laterales pueden superar los 5g durante las curvas y el frenado.

Reid MB, Lightfoot J (2019)¹⁹ observaron que resistir la fuerza G es una de las mayores exigencias físicas de un piloto de automovilismo. La cabeza y el cuello son particularmente vulnerables a la fuerza g. Considere la cabeza de un conductor promedio que, con casco de

¹⁶ Esmoldi, N. Experiencia TC-Pista 2011. Revista AKD. 2012. Vol50: http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_50.pdf

¹⁷ Reid MB, Lightfoot JT. The Physiology of Auto Racing. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2548-2562. doi: 10.1249/MSS.0000000000002070.

¹⁸ Instituto FIA. La medicina del automovilismo. París, France. 2012

¹⁹ Reid MB, Lightfoot JT. The Physiology of Auto Racing. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2548-2562. doi: 10.1249/MSS.0000000000002070

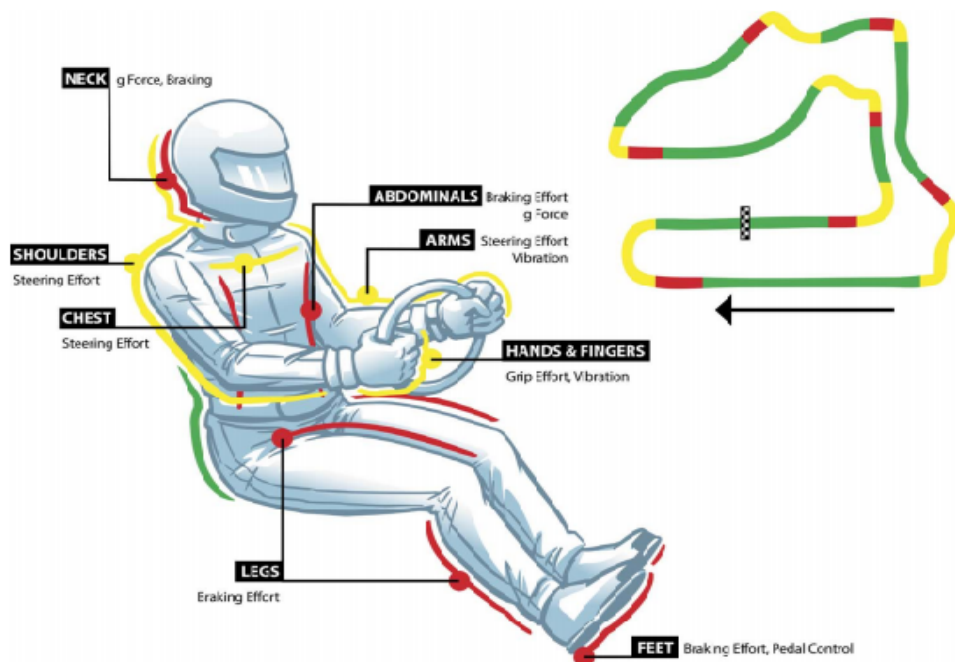
carrera, pesa aproximadamente 6,4 kg., al frenar o tomar una curvas, la cabeza más el casco crea una carga lateral efectiva de 251 N a la que deben oponerse los músculos del cuello y la cintura escapular .

A todo esto se le suman las demandas de tiempo del deporte que son extenuantes. La duración de la temporada y la frecuencia de las carreras plantean desafíos continuos para los atletas. Las temporadas típicas duran de 7 a 10 meses con una carrera que se lleva a cabo cada 1 a 2 semanas y poco tiempo libre para los atletas. Por ejemplo, el programa anual de NASCAR incluye solo uno o dos descansos de fin de semana de febrero a noviembre. Los horarios de viaje para series de carreras internacionales pueden atravesar múltiples zonas horarias, interrumpiendo la cronobiología y el sueño. Los atletas tienen un tiempo limitado para entrenar y acondicionar entre carreras; esto puede afectar la recuperación del estrés de la competencia, especialmente después de una lesión (Reid MB,Lightfoot J. 2019)²⁰.

El estrés físico es un desafío importante en las carreras de automovilismo. Los conductores deben superar las demandas físicas del control del automóvil, la carga gravitacional y la vibración mecánica. Estas tareas requieren un trabajo sostenido por parte de los principales grupos de músculos del tronco y las extremidades (**Figura 2**), que aumentan el consumo de oxígeno de todo el cuerpo y la demanda cardiovascular. Con el tiempo, este esfuerzo predispone a los conductores a la fatiga, lo que puede afectar el rendimiento y la seguridad.

Figura 2. Grupos de músculos utilizados en las carreras. Izquierda: grupos de músculos y sus funciones principales; los colores corresponden a zonas de la pista donde se utilizan los músculos. Derecha: tareas físicas primarias del conductor; el mapa de ruta muestra un recorrido que se conduce en el sentido de las agujas del reloj; las zonas están delineadas para la aceleración (verde), frenado (rojo), y giro (amarillo); los colores corresponden a los grupos de músculos en el diagrama del conductor.

²⁰ Reid MB, Lightfoot JT. The Physiology of Auto Racing. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2548-2562. doi: 10.1249/MSS.0000000000002070



Fuente: ReidMB, Lightfoot J. 2019.

https://www.researchgate.net/publication/334095460_The_Physiology_of_Auto_Racing_A_Brief_Review

Reid MB y Lightfoot J (2019)²¹, informaron que la tasa metabólica de los conductores aumenta sustancialmente durante las carreras de autos. Las estimaciones indirectas en la literatura van desde 5.3 a 13 MET en una variedad de poblaciones de conductores y entornos de deportes de motor. Estos valores MET igualan los costos metabólicos de los deportes más tradicionales, por ejemplo, baloncesto 8.0, fútbol 10.0 y boxeo 12.8, y sugieren que las carreras de autos imponen demandas energéticas sustanciales al conductor. La evidencia más autorizada para este concepto es la de McKnight PJ & et al (2019)²², este grupo midió el consumo ($\dot{V}O_2$) en siete pilotos profesionales experimentados. Los datos obtenidos en la pista se compararon con las mediciones de laboratorio de $\dot{V}O_2$ máx. durante la cicloergometría (media = 3,5 L min). Al igual que con frecuencia cardíaca, la $\dot{V}O_2$ de los conductores en una pista determinada era directamente proporcional a la velocidad media por vuelta; velocidades promedio más rápidas significó un $\dot{V}O_2$ más alto. Sin embargo, $\dot{V}O_2$ difieren notablemente entre las pistas, con un promedio de 2,76 L min (79% $\dot{V}O_2$ máx.) en el autódromo y 1,56 L min (45% $\dot{V}O_2$ máx.) en la pistas de carreras de velocidad. Estos hallazgos confirman que las carreras imponen demandas

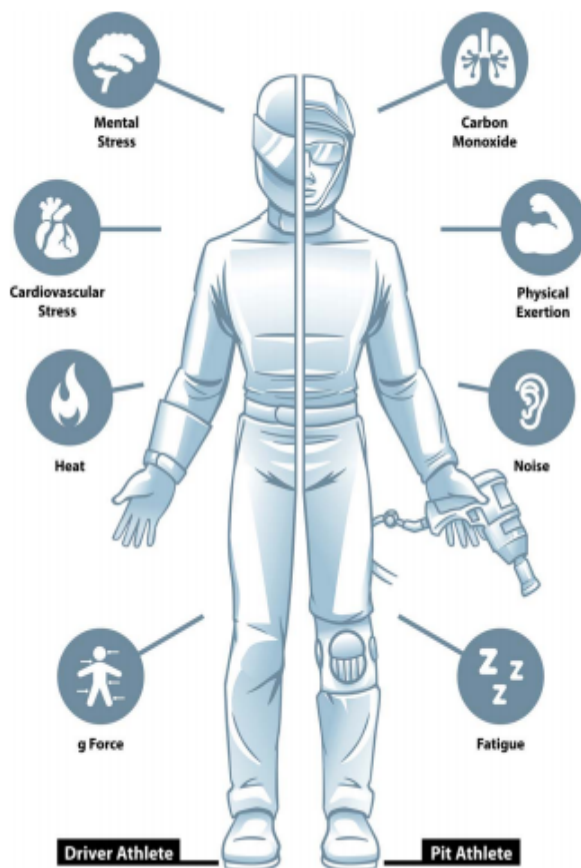
²¹ Reid MB, Lightfoot JT. The Physiology of Auto Racing. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2548-2562. doi: 10.1249/MSS.0000000000002070

²² McKnight PJ, Bennett LA, Malvern JJ, Ferguson DP. $\dot{V}O_2$ peak, Body Composition, and Neck Strength of Elite Motor Racing Drivers. Med Sci Sports Exerc. 2019 Dec;51(12):2563-2569. doi: 10.1249/MSS.0000000000001961.

metabólicas sustanciales del atleta conductor y muestran que las carreras en autódromos son más exigentes físicamente que carreras de velocidad.

Por lo tanto , conocer todas las demandas y exigencias que genera el automovilismo en los pilotos (**Figura 3**), nos va a ayudar a comprender y establecer relación con las lesiones más frecuentes.

Figura 3. Demandas y exigencias en las carreras de autos. La imagen muestra ocho factores estresantes que afectan a los corredores y a los atletas de boxes (mitad derecha); La fuerza G afecta solo a los conductores; los demás factores estresantes afectan tanto al piloto como a los atletas de boxes.



Fuente: Reid MB, Lightfoot J. 2019.

https://www.researchgate.net/publication/334095460_The_Physiology_of_Auto_Racing_A_Brief_Review

Lesiones más frecuentes

Wertman y colaboradores (Wertman et al. 2016)²³ realizaron un estudio epidemiológico descriptivo de las lesiones más frecuentes en miembros superiores que aquejan a los pilotos de automovilismo , en este caso de la categoría NASCAR. En esta , 14 pilotos sufrieron 19 lesiones. En orden de mayor a menor frecuencia, se vio en primer lugar la prevalencia de las neuropraxias, seguido de fractura de radio distal/ escafoides. En menor proporción hubo tendinitis de muñeca, resorte CMC (carpometacarpiano), TFCC (desgarro del complejo de fibrocartilago triangular), desgarro FDP / FDS (flexor profundo de los dedos; flexor superficial de los dedos), SLAC (colapso avanzado escafolunar),epicondilitis medial y fractura del metacarpiano del pulgar (**Tabla 1**).

Tabla 1. Lesiones más frecuentes en miembro superior

Injury	n
<i>Driver (14 / 19)</i>	
Neuropraxia	5
Distal radius/scaphoid fracture	5
<i>Other (9 injuries)</i>	
Wrist tendinitis	2
CMC spring	2
TFCC	1
FDP/FDS laceration	1
SLAC	1
Medial epidcondylitis	1
Thumb metacarpal fracture	1

Fuente: Wertman et al.2016. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4765815/>

Se cree que la exposición prolongada a las vibraciones causa posibles afecciones de tipo neuropático, como el síndrome de vibración mano-brazo. Además, la duración promedio de una carrera de NASCAR es de aproximadamente 4 horas; los conductores están sujetos a períodos prolongados de agarre y, por lo tanto, propensos al síndrome del túnel

²³ Wertman G, Gaston RG, Heisel W. Upper Extremity Injuries in NASCAR Drivers and Pit Crew: An Epidemiological Study. Orthop J Sports Med. 2016;4(2):2325967116629427. Published 2016 Feb 12. doi:10.1177/2325967116629427

carpiano/cubital. Por lo tanto, no es inusual ver secuelas neurológicas en los conductores de NASCAR. En consecuencia, el 26% de las molestias de las extremidades superiores son de naturaleza neuropática, como el síndrome del túnel carpiano/cubital y los neuromas. En 2012, se reportaron 102 accidentes ocurridos durante la NASCAR Sprint Cup Series. Como se anticipó, estos resultan en lesiones relacionadas con el impacto. Los choques resultaron en el 32% de las lesiones sufridas en los conductores, que comúnmente causan fracturas del escafoides y el radio distal. Las lesiones por impacto en el carpo que resultan en fracturas son altas para este pequeño subconjunto de individuos (Wertman et al.2016)²⁴.

En otro estudio Sanderson M y colaboradores (Sanderson M et al.2020)²⁵ realizaron un análisis longitudinal prospectivo de lesiones comunes y uso excesivo en conductores profesionales de carreras de larga distancia, donde los resultados que obtuvieron fueron que el 40% de los casos se encontraron en el aparato locomotor, específicamente en el miembro superior. Al igual que la investigación de Wertman y colaboradores²⁶, está, manifestó que el piloto de automovilismo, producto de las demandas a las que se expone, tales como la fuerza G, la vibración y el estrés físico se producen diferentes patologías a nivel de la extremidades superiores. Los resultados obtenidos coincidieron en la prevalencia de las lesiones de muñeca/ mano, hombro, trastornos cervicales y las lumbalgias inespecíficas.

En cuanto a las lesiones de muñeca/mano los conductores se quejaron de dolores musculares y parestesias al final de cada carrera. Se registraron en más de un conductor neuromas y síndrome compartimental de esfuerzo en muñeca/mano. Las lumbalgias inespecíficas fueron después de la muñeca y mano la lesión más frecuente en este estudio, en donde registraron que la posición del piloto y la duración de la carrera influye directamente en esta lesión. Y por último, en cuanto a los trastornos cervicales, los conductores manifestaron molestias en la zona. Sanderson M y colaboradores²⁷ afirmaron que los movimientos repetitivos de las manos sobre el volante aumentan las demandas para

²⁴ Wertman G, Gaston RG, Heisel W. Upper Extremity Injuries in NASCAR Drivers and Pit Crew: An Epidemiological Study. *Orthop J Sports Med.* 2016;4(2):2325967116629427. Published 2016 Feb 12. doi:10.1177/2325967116629427

²⁵ Sanderson M, Mohr B, Abraham MK. The Emergent Evaluation and Treatment of Hand and Wrist Injuries: An Update. *Emerg Med Clin North Am.* 2020 Feb;38(1):61- 79. doi: 10.1016/j.emc.2019.09.004.

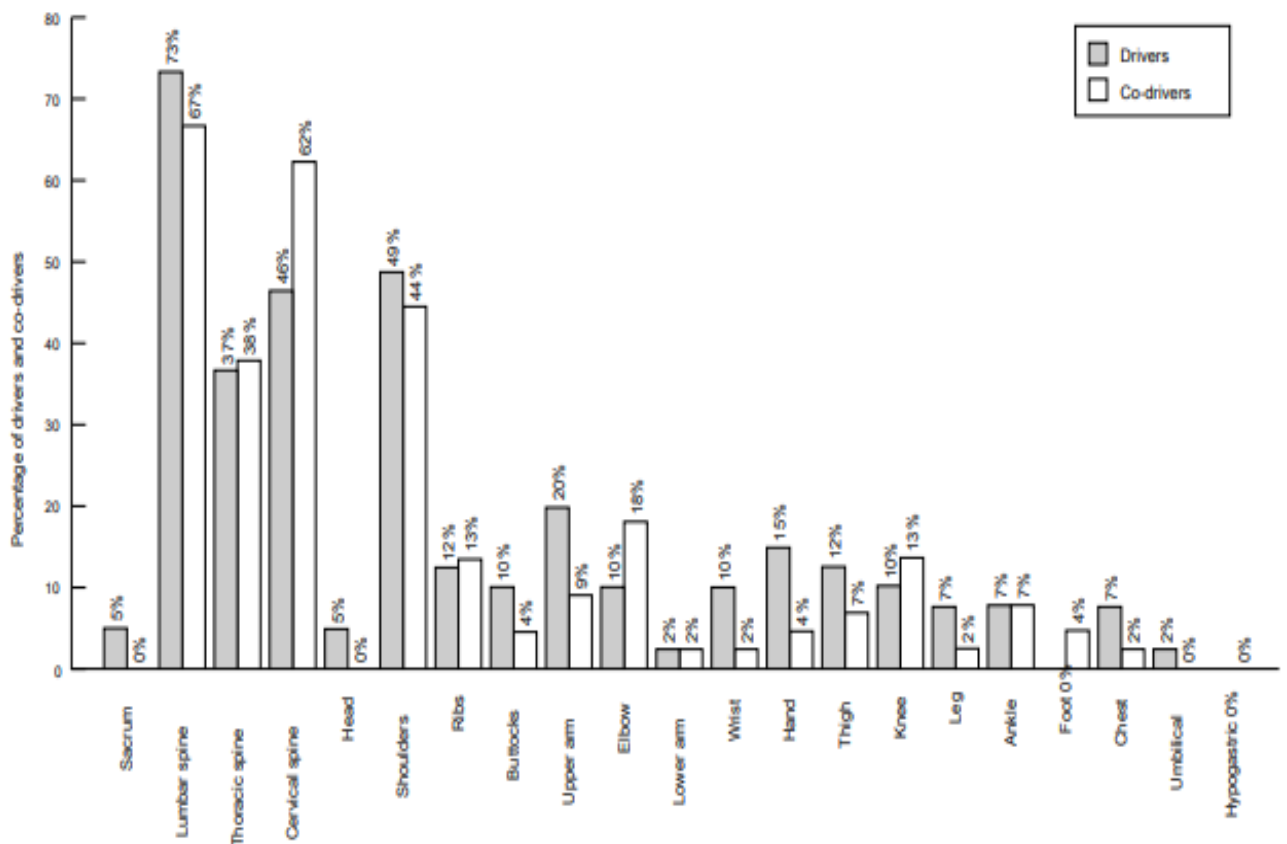
²⁶ Wertman G, Gaston RG, Heisel W. Upper Extremity Injuries in NASCAR Drivers and Pit Crew: An Epidemiological Study. *Orthop J Sports Med.* 2016;4(2):2325967116629427. Published 2016 Feb 12. doi:10.1177/2325967116629427

²⁷ Sanderson M, Mohr B, Abraham MK. The Emergent Evaluation and Treatment of Hand and Wrist Injuries: An Update. *Emerg Med Clin North Am.* 2020 Feb;38(1):61- 79. doi: 10.1016/j.emc.2019.09.004.

la estabilización de la región del cuello y hombros, aumentando así el riesgo de problemas cervicales. El esfuerzo visual aumenta la tensión de los músculos del cuello, sostener un objeto vibratorio produce contracciones musculares en los músculos proximales del cuello-hombros para estabilizar la mano y el objeto, lo que ejerce un efecto de fatiga sobre el cuello.

El estudio de Mansfield y Marshall ²⁸ incluyó 41 pilotos de rallies por etapas que compitieron en 10 carreras en la temporada y otros 4 que compitieron como piloto y copiloto. En este estudio el objetivo fue investigar la prevalencia de síntomas de lesiones musculoesqueléticas. Los resultados que obtuvieron fueron muy interesantes, los pilotos manifestaron en mayor porcentaje los siguientes síntomas, el 76% en columna lumbar, 49% hombros, 46% columna cervical, 37% columna torácica, 20% brazo, 15% mano, 12% costillas y 10% muñeca (**Tabla 2**).

Tabla 2. Gráfico de prevalencia de dolor, molestias o malestar después de un rally para 41 pilotos (Color gris).

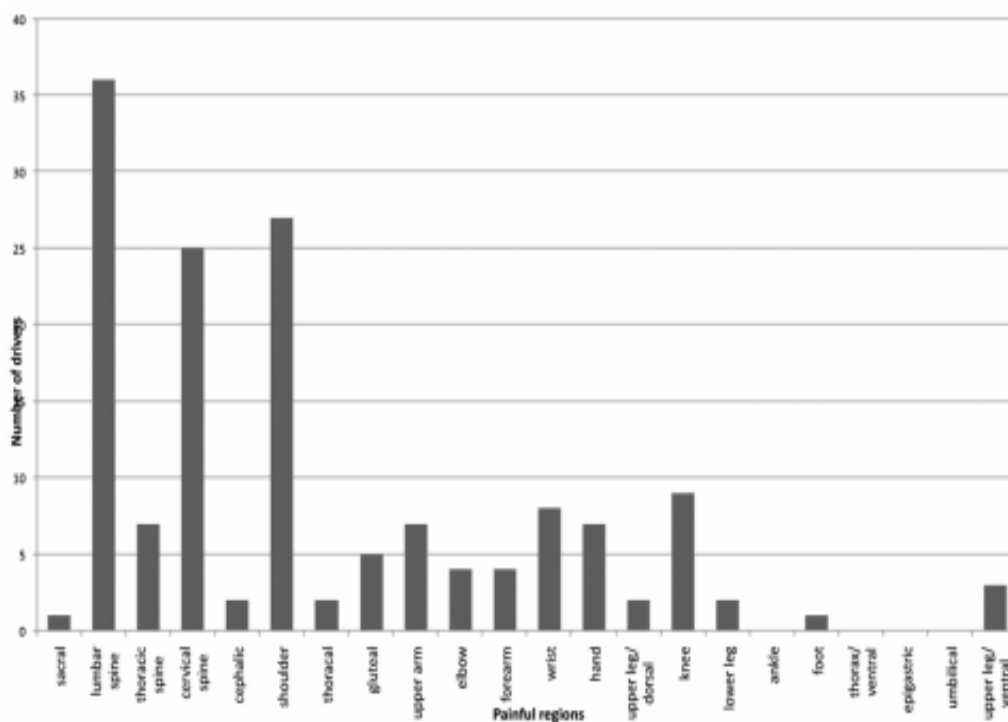


²⁸ Mansfield NJ, Marshall JM. Symptoms of musculoskeletal disorders in stage rally drivers and co-drivers British Journal of Sports Medicine 2010;35:314-320. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.35.5.314>

Fuente: Mansfield y Marshall. 2010. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724397/>

El malestar en las demás regiones fue informado por menos del 13% de los pilotos investigados. Este estudio muestra una alta prevalencia (70%) de dolor lumbar y malestar en los pilotos de rally después de la competencia, el cual coincide con el estudio realizado por Christos Koutras, MD y colaboradores (2014)²⁹, donde los mismos, de Marzo a Diciembre de 2011 examinaron 137 conductores mediante una entrevista. Los resultados indicaron que los pilotos se quejaron principalmente de dolores en las regiones lumbar 36%, hombro 27% y cuello 25% (**Tabla 3**). Los resultados muestran regiones similares a las mencionadas en el estudio de Mansfield y colaboradores (2010)³⁰ anteriormente, con la mayor parte del dolor en la espalda baja, el cuello, el hombro, la parte superior de la espalda y la mano/muñeca.

Tabla 3. Porcentaje de conductores que sintieron dolor en una región específica del cuerpo



²⁹ Koutras C, Buecking B, Jaeger M, Ruchholtz S, Heep H. Musculoskeletal injuries in auto racing: a retrospective study of 137 drivers. *Phys Sportsmed.* 2014;42(4):80-86. doi:10.3810/psm.2014.11.2094

³⁰ Mansfield NJ, Marshall JMSymptoms of musculoskeletal disorders in stage rally drivers and co-drivers *British Journal of Sports Medicine* 2010;35:314-320. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.35.5.314>

Fuente: Christos Koutras, MD. 2014.

https://www.researchgate.net/publication/268787963_Musculoskeletal_Injuries_in_Auto_Racing_A_Retrospective_Study_of_137_Drivers

Los investigadores manifestaron que la postura del conductor y la comodidad del asiento fueron estadísticamente significativas para dolores de espalda y piernas; y la duración de la carrera fue relevante para las molestias de cuello y hombros.

Al igual que las investigaciones anteriores , realizadas por Mansfield 2010 , Wertman en 2012 , Christos Koutras en 2014 y Sanderson en 2020 , Ebben y colaboradores (2012)³¹ , realizaron un estudio en donde se evaluaron cuarenta conductores profesionales de autos stock con una edad promedio de 35 años de 27 estados de los Estados Unidos. Veinte sujetos corrieron en pistas de tierra y veinte sujetos corrieron en pistas de asfalto.

En el presente estudio, el 43% de los sujetos tenían lesiones en las extremidades superiores, específicamente problemas de muñeca / mano , dolor de hombro, dolor de espalda .

En este estudio se informó que la fuerza física tiene un papel potencial en la prevención de lesiones en las carreras de automóviles. Con base en los resultados del presente estudio, las lesiones de carreras de autos stock como las asociadas con la espalda, el cuello, el hombro, la mano, la articulación de la rodilla y la articulación del hombro y algunos músculos pueden reducirse trabajando la fuerza y el acondicionamiento físico .El entrenamiento del tren superior y el core fue la demanda física más importante identificada por el 37,5% de los pilotos.(Ebben, 2012)³²

De esta manera, a través de las investigaciones plasmadas determinamos y sintetizamos cuales son las lesiones más frecuentes en estos deportistas (**Tabla 4**). La tabla muestra en orden de mayor a menor frecuencia las lesiones que sufren los pilotos de automovilismo.

³¹ Ebben WP, SuchomeI TJ. Physical demands, injuries, and conditioning practices of stock car drivers. J Strength Cond Res. 2012 May;26(5):1188-98. doi: 10.1519/JSC.0b013e31822d5306

³² Ebben WP, SuchomeI TJ. Physical demands, injuries, and conditioning practices of stock car drivers. J Strength Cond Res. 2012 May;26(5):1188-98. doi: 10.1519/JSC.0b013e31822d5306

Tabla 4. Lesiones más frecuentes

Estudio	Lesión	Región
-Wertman et al.2016 -Mansfield y Marshall. 2010 -Ebben WP et al. 2012 -Christos Koutras, MD et al. 2012 -Sanderson M et al. 2020	Neuropraxias: <ul style="list-style-type: none"> ● Síndrome del túnel carpiano/cubital ● Síndrome de vibración mano-brazo ● Neuromas ● Síndrome compartimental de esfuerzo 	Muñeca - Mano
-Mansfield y Marshall. 2010 -Christos Koutras, MD et al. 2012 - Sanderson M et al. 2020	Lumbalgia inespecífica	Columna lumbar
-Mansfield y Marshall. 2010 -Ebben WP et al. 2012 -Christos Koutras, MD et al. 2012 - Sanderson M et al. 2020	Alteraciones de hombro	Hombro
-Mansfield y Marshall. 2010 -Ebben WP et al. 2012	Trastornos cervicales	Columna cervical

-Christos Koutras, MD et al. 2012 - Sanderson M et al. 2020		
-Wertman et al.2016 -Christos Koutras, MD et al. 2012	Fracturas del escafoides	Mano
-Wertman et al.2016 -Christos Koutras, MD et al. 2012	Fracturas de radio distal	Muñeca
-Wertman et al.2016 -Mansfield y Marshall. 2010 -Ebben WP et al. 2012 -Sanderson M et al. 2020	Tendinitis de muñeca	Muñeca
-Mansfield y Marshall. 2010	Trastornos Torácicos	Columna Torácica
-Wertman et al.2016	Resorte CMC (carpometacarpiano)	Mano
-Wertman et al.2016	TFCC (desgarro del complejo de fibrocartílago triangular)	Muñeca
-Wertman et al.2016	Desgarro FDP / FDS (flexor profundo de los dedos; flexor superficial de los dedos)	Mano
-Wertman et al.2016	SLAC (colapso avanzado escafolunar)	Mano
-Wertman et al.2016	Epicondilitis medial	Codo
-Wertman et al.2016	Fractura del metacarpiano del pulgar	Mano

Rol de la kinesiología en el automovilismo

Determinadas las lesiones más frecuentes que sufren los pilotos de automovilismo, deben hacer hincapié en el trabajo preventivo, tanto antes, durante y después de la competencia. Durante el 2011 Esmoldi, N (2011)³³, realizó una investigación en el TC pista donde planteó el actuar del kinesiólogo durante los 3 días de carrera.

El plan de trabajo consistía en un primer día de carrera (entrenamiento y clasificación), donde el kinesiólogo concurría a la carrera para evaluar el estado general del piloto. Se trabajará sobre la sintomatología referida del piloto más los hallazgos en la evaluación. Dentro del autódromo se comienza con el calentamiento precompetitivo, elongación, crioterapia, electroestimulación, ultrasonido y en caso que se necesite se coloca un tapping neuromuscular. Además el profesional de salud deberá encargarse de la hidratación del piloto. (Esmoldi N, 2011)³⁴

Durante el segundo día de carrera (entrenamiento, clasificación y serie) se va a realizar el mismo procedimiento del día uno, especificando el tratamiento sobre la sintomatología del piloto y los hallazgos en la evaluación. Este es el día de mayor actividad para lo cual el kinesiólogo deberá estar atento a la sintomatología del piloto y a la hidratación. (Esmoldi N 2011)³⁵

Y por último el día de la carrera. Se comienza con el trabajo precompetitivo: Precalentamiento, elongación y relajación del piloto. Serie: Evaluación del piloto post serie y trabajo sobre la sintomatología, elongación de músculos de la cintura escapular, cuello, extremidades inferiores y, de ser posible, 10 min. de bicicleta fija o elíptico.

Asimismo Stott (2018)³⁶, elaboró un análisis respecto a las necesidades de los pilotos en la pre competencia y durante ella para evitar la aparición de lesiones. Sugirió una serie de estrategias a tener en cuenta, entre ellas, administrar la dosis de cada componente del entrenamiento, desde el entrenamiento de resistencia hasta el desarrollo del sistema de energía y el trabajo de calidad del movimiento en el transcurso de cada ciclo de

³³ Esmoldi, N. Experiencia TC-Pista 2011. Revista AKD. 2012. Vol50: http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_50.pdf

³⁴ Esmoldi, N. Experiencia TC-Pista 2011. Revista AKD. 2012. Vol50: http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_50.pdf

³⁵ Esmoldi, N. Experiencia TC-Pista 2011. Revista AKD. 2012. Vol50: http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_50.pdf

³⁶ Stott, A. (2018). Elaboración de un análisis de necesidades de S&C: pilotos de carreras y automovilismo.

entrenamiento y el año de carrera, manejar la carga y el volumen en el transcurso de cada semana previo a la competencia, explorar y determinar estrategias para combatir las exigencias que imponen al cuerpo largos períodos de viaje y competición. Esto puede incluir investigar el acceso y la disponibilidad de instalaciones adecuadas durante el viaje, y los métodos para garantizar que los requisitos nutricionales de los conductores también se puedan cumplir con facilidad en cualquier lugar del mundo en el que estén entrenando o compitiendo y por último administrar la dosis de entrenamiento para permitir una reducción efectiva a través de la manipulación de las modalidades y el volumen de entrenamiento para garantizar que el conductor esté en óptimas condiciones cuando se trata de la competencia.(Stott A , 2018)³⁷

Ambos autores , tanto Esmoldi en 2011 como Stott en 2018, hicieron hincapié en la importancia de la calidad del movimiento, haciendo referencia a que dado que los pilotos pasan la mayor parte del tiempo de competencia sentados, más bien acostados, tener una buena calidad de movimiento es clave a la hora de competir , esto requiere altos niveles de flexibilidad, fuerza y capacidad de movimiento. Asegurar la calidad del movimiento también es clave para prevenir lesiones relacionadas con la postura, con la posición comprometida en la que se encuentran los conductores mientras están en el automóvil. El trabajo preventivo de la movilidad, nos va a garantizar reducir el riesgo de lesiones.

En el post carrera, Esmoldi (2011)³⁸, realizó la evaluación del piloto, y planteó la necesidad de realizar crioterapia inmediata y fisioterapia acorde a los resultados de la evaluación.. En cambio, Stott (2018)³⁹, coincidió con realizar un trabajo regenerativo post competencia, pero centrandose en que si a esto se le suma la larga temporada de competición, las enormes demandas de viajes, los tiempos de viaje a menudo prolongados y otros desafíos logísticos, significa que el plan de gestión de carga para los pilotos de debe estar bien pensado y ser muy flexible. Debe permitir que se desarrollen múltiples factores sin priorizar uno o perder de vista el objetivo principal de maximizar el rendimiento en el automóvil durante los fines de semana de carrera.

³⁷ Stott, A. (2018). Elaboración de un análisis de necesidades de S&C: pilotos de carreras y automovilismo.

³⁸ Esmoldi,N. Experiencia TC-Pista 2011.Revista AKD. 2012.Vol50:
http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_50.pdf

³⁹ Stott, A. (2018). Elaboración de un análisis de necesidades de S&C: pilotos de carreras y automovilismo.

A partir de los resultados que obtuvieron Esmoldi N (2011)⁴⁰ y Stott A (2018)⁴¹ se pone en evidencia la necesidad de la incorporación del kinesiólogo en el automovilismo; lo que aporta y asegura la educación y capacitación de las medidas de prevención de lesiones en general. Las intervenciones kinésicas siguen siendo escasas dentro de las diferentes categorías del automovilismo. Es importante seguir empoderando el rol del kinesiólogo en la práctica deportiva, no sólo interviniendo en lesiones o patologías, sino más bien desde una figura con mayor accionar en programas específicos de entrenamiento para prevenir la aparición de lesiones. Además el registro de la práctica diaria y el control de la técnica de ejecución de los programas propuestos serán fundamentales en nuestra tarea kinésica. Se deben enfocar aún más en nuestras patologías más frecuentes para prevenirlas. Si existen alteraciones como la Lumbalgia inespecífica, el trabajo del core ayudará a prevenir esta por ejemplo. Lo mismo con las neuropraxias, los trastornos cervicales o las alteraciones a nivel de la articulación del hombro, que habla aún más de la atención que necesitan los pilotos y lo importante que es la presencia del kinesiólogo en el automovilismo durante la pre competencia, en la competencia y posterior a ella. Las evaluaciones permiten conocer las capacidades físicas del piloto, lo cual conociendo las fortalezas y debilidades, podemos trabajar sobre ellas y lograr una mejora del rendimiento deportivo.

Discusión

Esta investigación, realizada con 20 papers y 2 libros, determinó finalmente las lesiones más frecuentes en los pilotos de automovilismo profesional. Si bien existen diversas lesiones, logramos establecer las más habituales en donde el factor que las provoca no es uno en particular, sino un conjunto de factores a los que el piloto de automovilismo profesional está expuesto durante la actividad deportiva. Entre ellos el calor, donde la temperatura del aire dentro de la cabina de un auto de carreras cerrada es de 50 °C a 65 °C y puede alcanzar los 82 °C; la vibración, estas se transmiten al conductor y pueden tener consecuencias fisiológicas, que puede ser transmitida a través del volante y puede interferir con la función de la parte superior del cuerpo al predisponer a los músculos a fatiga muscular y en cambio la vibración de todo el cuerpo estimula los aumentos reflejos en la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco, el consumo de oxígeno y la ventilación por minuto; la fuerza G, resistir esta fuerza es una de las mayores exigencias físicas de un piloto de

⁴⁰ Esmoldi, N. Experiencia TC-Pista 2011. Revista AKD. 2012. Vol50: http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_50.pdf

⁴¹ Stott, A. (2018). Elaboración de un análisis de necesidades de S&C: pilotos de carreras y automovilismo

automovilismo, en donde la cabeza y el cuello son particularmente vulnerables; la duración de la temporada y la frecuencia de las carreras plantean desafíos continuos para los atletas. Las temporadas típicas duran de 7 a 10 meses con una carrera que se lleva a cabo cada 1 a 2 semanas y poco tiempo libre para los atletas y por último el estrés físico. Muchos de los investigadores tales como Wertman et al (2016)⁴², Mansfield y Marshall (2010)⁴³, Christos Koutras, MD et al. (2012)⁴⁴ y Stott A (2018)⁴⁵ manifestaron que la postura del conductor y la comodidad dentro del auto fueron estadísticamente significativas a la hora de determinar las mismas.

Los principales hallazgos respecto de las lesiones más frecuentes dentro del deporte fue en primer lugar las neuropraxias en muñeca y mano, sobre la cual coincidieron muchos autores como Wertman et al (2016)⁴⁶, Mansfield y Marshall (2010)⁴⁷ y Christos Koutras, MD et al. (2012)⁴⁸, entre ellas el síndrome del túnel carpiano/cubital, síndrome de vibración mano-brazo, neuromas y síndrome compartimental de esfuerzo, todas generadas por los factores a los que es expuesto el piloto a la hora de competir. A esto se le suma en segundo lugar la lumbalgia inespecífica, en tercer lugar las alteraciones de hombro y en cuarto lugar los trastornos cervicales.

Si bien se logró establecer cuáles eran las lesiones más frecuentes dentro del automovilismo profesional, las demandas y exigencia que te genera este deporte los hace aún más propensos a sufrir una diversa variedad de lesiones. Por esta razón, era muy importante establecer el rol de la kinesiología dentro del mismo, el cual es de suma importancia a la hora de prevenir radicando en realizar programas de intervención terapéutica que promuevan hábitos saludables y prevengan las lesiones, haciendo énfasis en el entrenamiento preventivo previo a cada competencia y de esta forma evitar lesiones.

⁴² Wertman G, Gaston RG, Heisel W. Upper Extremity Injuries in NASCAR Drivers and Pit Crew: An Epidemiological Study. *Orthop J Sports Med.* 2016;4(2):2325967116629427. Published 2016 Feb 12. doi:10.1177/2325967116629427

⁴³ Mansfield NJ, Marshall JM Symptoms of musculoskeletal disorders in stage rally drivers and co-drivers *British Journal of Sports Medicine* 2010;35:314-320. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.35.5.314>

⁴⁴ Koutras C, Buecking B, Jaeger M, Ruchholtz S, Heep H. Musculoskeletal injuries in auto racing: a retrospective study of 137 drivers. *Phys Sportsmed.* 2014;42(4):80-86. doi:10.3810/psm.2014.11.2094

⁴⁵ Stott, A. (2018). Elaboración de un análisis de necesidades de S&C: pilotos de carreras y automovilismo.

⁴⁶ Wertman G, Gaston RG, Heisel W. Upper Extremity Injuries in NASCAR Drivers and Pit Crew: An Epidemiological Study. *Orthop J Sports Med.* 2016;4(2):2325967116629427. Published 2016 Feb 12. doi:10.1177/2325967116629427

⁴⁷ Mansfield NJ, Marshall JM Symptoms of musculoskeletal disorders in stage rally drivers and co-drivers *British Journal of Sports Medicine* 2010;35:314-320. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.35.5.314>

⁴⁸ Koutras C, Buecking B, Jaeger M, Ruchholtz S, Heep H. Musculoskeletal injuries in auto racing: a retrospective study of 137 drivers. *Phys Sportsmed.* 2014;42(4):80-86. doi:10.3810/psm.2014.11.209

La incumbencia del mismo abarca tanto la pre competencia conociendo las capacidades físicas del piloto y previniendo las debilidades, durante la misma competencia, ayudando al piloto a contrarrestar desde el lado kinésico todos los factores a los que se expone y posterior a ella, trabajando de forma regenerativa ya pensando en la siguiente competencia, y así lograr una mejora del rendimiento deportivo.

Conclusión

La finalidad de esta investigación es analizar las lesiones más frecuentes que sufren los pilotos de automovilismo profesional y cuál es el rol del kinesiólogo en el deporte.

Existe una amplia variedad de lesiones en estos deportistas, existe evidencia contundente que respalda que ciertas lesiones tales como las neuropraxias, entre ellas el síndrome del túnel carpiano/cubital, síndrome compartimental de esfuerzo, síndrome de vibración mano-brazo y neuromas, las lumbalgias inespecíficas, las alteraciones de hombro y los trastornos cervicales se dan con mayor frecuencia por sobre otras, producto de los factores a los que están expuestos durante la competencia. La gran mayoría de los pilotos han sufrido lesiones durante la práctica o competencia deportiva.

Es necesario plantear nuevos retos de investigación sobre esta temática que abarque diferentes líneas como rehabilitación, programas de prevención y programa rehabilitación. Se requiere un análisis más en profundidad para explicar por qué las lesiones ocurren preferentemente en algunos circuitos de competencia u otros factores de riesgo. Será entonces, a raíz de los resultados obtenidos cuando se podrán plantear estrategias de intervención para reducir estas lesiones y los factores de riesgo en los pilotos de automovilismo. Sería importante que futuras investigaciones pudieran describir aún más la relación que existe entre estas lesiones y los factores a los que son expuestos los deportistas.

La tarea del kinesiólogo en este deporte es muy importante, y quedó comprobado. Actualmente son muy pocos los pilotos que trabajan con un kinesiólogo, por esta razón establecidas las lesiones frecuentes debemos hacer hincapié en la importancia que tiene el mismo en el deporte y de esta forma promocionar la prevención de lesiones y la rehabilitación de las mismas

Referencias

- Baur H, Muller S, Pilz F, Mayer P, Mayer F. Trunk extensor and flexor strength of long-distance race car drivers and physically active controls. *J Sports Sci.* 2010 Sep;28(11):1183-7. doi: 10.1080/02640414.2010.484066
- Bovenzi M, Schust M, Menzel G, Prodi A, Mauro M. Relationships of low back outcomes to internal spinal load: a prospective cohort study of professional drivers. *Int Arch Occup Environ Health.* 2015 May;88(4):487-99. doi:10.1007/s00420-014-0976-z.
- Cano Flores, Milagros, et al. Los patrocinadores en el ámbito deportivo: la fórmula uno." *Revista Ciencia Administrativa*, vol. 2017, no. 2, July-Dec. 2017. <https://www.redalyc.org/pdf/3111/311148817002.pdf>
- Ebben WP, Suchomel TJ. Physical demands, injuries, and conditioning practices of stock car drivers. *J Strength Cond Res.* 2012 May;26(5):1188-98. doi: 10.1519/JSC.0b013e31822d5306
- Esmoldi, N. Evaluación de gases dentro de habitáculos de automóviles de carrera en el automovilismo argentino. *Revista AKD.* 2014.. Vol56: <http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/akdsept-2014.pdf>
- Esmoldi, N. Experiencia TC-Pista 2011. *Revista AKD.* 2012. Vol50: http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_50.pdf
- Instituto FIA. *La medicina del Automovilismo.* París, France. 2012
- Issurin, VB. Nuevos Horizontes para la Metodología y Fisiología de la Periodización del Entrenamiento. *Medicina Deportiva* 2010: 40(3); 189-206

- Koutras C, Buecking B, Jaeger M, Ruchholtz S, Heep H. Musculoskeletal injuries in auto racing: a retrospective study of 137 drivers. *Phys Sportsmed*. 2014;42(4):80-86. doi:10.3810/psm.2014.11.2094
- Larson AN, McIntosh AL. The epidemiology of injury in ATV and motocross sports. *Med Sport Sci*. 2012;58:158-172. doi:10.1159/000338728
- Mansfield NJ, Marshall JM. Symptoms of musculoskeletal disorders in stage rally drivers and co-drivers *British Journal of Sports Medicine* 2010;35:314-320. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.35.5.314>
- McKnight PJ, Bennett LA, Malvern JJ, Ferguson DP. V̇O₂peak, Body Composition, and Neck Strength of Elite Motor Racing Drivers. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 Dec;51(12):2563-2569. doi: 10.1249/MSS.0000000000001961.
- Owena, N, Kinga H, Lambb, M. Literature review of race driver fatigue measurement in endurance motorsport. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.260>
- Pollock RD, Hodkinson PD, Smith TG. Oh G: The x, y and z of human physiological responses to acceleration. *Exp Physiol*. 2021 Dec;106(12):2367-2384. doi: 10.1113/EP089712. Epub 2021 Nov 17. PMID: 34730860.
- Potkanowicz ES, Mendel RW. The case for driver science in motorsport: a review and recommendations. *Sports Med*. 2013 Jul;43(7):565-74. doi: 10.1007/s40279-013-0040-2.
- Raschner C, Platzer HP, Patterson C. Physical characteristics of experienced and junior open-wheel car drivers. *J Sports Sci*. 2013;31(1):58-65. doi: 10.1080/02640414.2012.720703. Epub 2012 Aug 31.
- Reid MB, Lightfoot JT. The Physiology of Auto Racing. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 Dec;51(12):2548-2562. doi: 10.1249/MSS.0000000000002070.
- Sanderson M, Mohr B, Abraham MK. The Emergent Evaluation and Treatment of Hand and Wrist Injuries: An Update. *Emerg Med Clin North Am*. 2020 Feb;38(1):61-79. doi: 10.1016/j.emc.2019.09.004.
- Stoll J, Risch L, Cassel M, et al 261 Injuries in long distance racecar drivers: a longitudinal study of pre-participation examinations *British Journal of Sports Medicine* 2021;55:A101-A102.
- Stott, A. Elaboración de un análisis de necesidades de S&C: pilotos de carreras y automovilismo. *Medicina deportiva* .2018.
- Wertman G, Gaston RG, Heisel W. Upper Extremity Injuries in NASCAR Drivers and Pit Crew: An Epidemiological Study. *Orthop J Sports Med*. 2016;4(2):2325967116629427. Published 2016 Feb 12. doi:10.1177/2325967116629427

- William B. Decker , Derek A. Jones , Karan Devane , Matthew L. Davis , John P. Patalak & F. Scott Gayzik (2020): Simulation-based assessment of injury risk for an average male motorsport driver, Traffic Injury Prevention, DOI:10.1080/15389588.2020.1802021
- Christos Koutras, MD. 2014. Tabla 3 . Porcentaje de conductores que sintieron dolor en una región específica del cuerpo.
https://www.researchgate.net/publication/268787963_Musculoskeletal_Injuries_in_Auto_Racing_A_Retrospective_Study_of_137_Drivers
- Mansfield y Marshall. 2010. Tabla 2. Gráfico de prevalencia de dolor, molestias o malestar después de un rally para 41 pilotos .
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724397/>
- Reid MB, Lightfoot J. 2019. Figura 3. Demandas y exigencias en las carreras de autos
https://www.researchgate.net/publication/334095460_The_Physiology_of_Auto_Racing_A_Brief_Review
- Reid MB, Lightfoot J. 2019. Figura 2. Grupos de músculos utilizados en las carreras.
https://www.researchgate.net/publication/334095460_The_Physiology_of_Auto_Racing_A_Brief_Review
- Wertman et al. 2016. Tabla 1. Lesiones más frecuentes en miembro superior.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4765815/>
- William B. 2020. Figura 1. Protección del piloto.
https://www.researchgate.net/publication/343958417_Simulation-based_assessment_of_injury_risk_for_an_average_male_motorsport_driver