

Lesiones y muertes en motociclistas: revisión paraguas

Injury and death in motorcyclists:
Umbrella review

Juan Antonio Lugo-Machado^{1a}, Diana Isabel Espinoza-Morales^{2b}, María Elena Naranjo-Medina^{1c}, Antonio Alvírez-Labrado^{2d}, Araceli Zazueta-Cárdenas^{2e}

Resumen

El uso creciente de motocicletas mejora la movilidad urbana, pero ha incrementado la morbilidad, la mortalidad y los costos por accidentes, sobre todo en países de ingresos bajos y medios. Las consecuencias incluyen traumatismo craneoencefálico, discapacidad, gastos hospitalarios y pérdida de productividad en población joven. El objetivo fue evaluar el impacto de los accidentes de motocicleta en lesiones, costos de atención y pérdidas económicas mediante una revisión paraguas (2000-2025) e identificar las intervenciones preventivas más efectivas. La revisión siguió PRISMA 2020 y se registró en PROSPERO (CRD420231103242). Dos revisores evaluaron de forma independiente revisiones sistemáticas, de alcance o narrativas sobre lesiones, factores de riesgo, intervenciones o impactos económicos; un tercer revisor resolvió discrepancias. Se excluyeron estudios primarios. La búsqueda se realizó en PubMed, Scopus, ScienceDirect, Epistemonikos, Google Scholar y BVS/LILACS. La calidad se valoró con AMSTAR 2 y los desenlaces con GRADE; cuando fue posible se hizo metaanálisis de efectos aleatorios en RevMan 5.4. De 6630 registros, 36 cumplieron criterios. El casco integral redujo lesiones y mortalidad (OR 0.40-0.65) y costos hospitalarios (> 12,000 USD por caso). Las leyes universales y campañas educativas fueron efectivas (OR 0.53-0.82); alcohol y cannabis aumentaron el riesgo de muerte (OR > 1.6). Se concluye que el casco es la medida preventiva más efectiva y costo-eficiente y se requieren políticas públicas estrictas de legislación y educación vial.

Abstract

The growing use of motorcycles has improved urban mobility, but has also increased morbidity, mortality, and accident-related costs, especially in low- and middle-income countries. The main consequences include traumatic brain injury, disability, hospital expenditures, and loss of productivity among young adults. The objective was to assess the impact of motorcycle crashes on injuries, healthcare costs, and economic losses through an umbrella review (2000-2025) and to identify the most effective preventive interventions. The review followed PRISMA 2020 guidelines and was registered in PROSPERO (CRD420231103242). Two reviewers independently assessed systematic, scoping, or comprehensive narrative reviews addressing injuries, risk factors, interventions, or economic impacts; a third reviewer resolved disagreements. Primary studies were excluded. Searches were conducted in PubMed, Scopus, ScienceDirect, Epistemonikos, Google Scholar, and BVS/LILACS. Methodological quality was appraised with AMSTAR 2 and outcomes were graded using GRADE; when possible, a random-effects meta-analysis was performed in RevMan 5.4. Of 6630 records, 36 met the inclusion criteria. Full-face helmet use significantly reduced injury and mortality (OR 0.40-0.65) and decreased hospital costs (> 12,000 USD per case). Universal helmet laws and educational campaigns were effective (OR 0.53-0.82), whereas alcohol and cannabis use increased the risk of death (OR > 1.6). In conclusion, helmets are the most effective and cost-efficient preventive measure, and strict public policies on legislation and road safety education are required.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Hospital de Especialidades No. 2, Servicio de Otorrinolaringología. Ciudad Obregón, Sonora, México

²Universidad de Sonora, Campus Cajeme, Escuela de Medicina. Ciudad Obregón, Sonora, México

ORCID: 0000-0003-4864-8546^a, 0009-0002-2629-1734^b, 0009-0002-5494-2602^c, 0009-0006-2441-4605^d, 0009-0006-4690-1412^e

Palabras clave
Accidentes
Accidentes de Tráfico
Motocicletas
Mortalidad
Heridas y Lesiones

Keywords
Accidents
Accidents, Traffic
Motorcycles
Mortality
Wounds and Injuries

Fecha de recibido: 16/07/2025

Fecha de aceptado: 17/09/2025

Comunicación con:

Juan Antonio Lugo Machado
✉ juan.lugo.imss@gmail.com
☎ 644 413 4590

Cómo citar este artículo: Lugo-Machado JA, Espinoza-Morales DI, Naranjo-Medina ME, *et al.* Lesiones y muertes en motociclistas: revisión paraguas. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2026;64 (1):e6744. doi: 10.5281/zenodo.17477609

Introducción

En las últimas décadas, el uso de motocicletas ha aumentado de forma significativa tanto en países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo, lo cual convierte a estos vehículos en un elemento clave para la movilidad urbana. Sin embargo, esta tendencia ha traído consigo una preocupante alza en la morbilidad, mortalidad, costos económicos y consecuencias sociales derivadas de los accidentes viales.¹ La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la literatura científica alertan que los motociclistas representan una proporción creciente de las muertes por tránsito a nivel global, especialmente en contextos de bajo y mediano ingreso.²

El impacto de estos siniestros es multifactorial. Desde el punto de vista clínico, se ha documentado que las lesiones craneoencefálicas son una de las consecuencias más frecuentes y graves de los choques en motocicleta.¹ A nivel económico, los accidentes generan costos directos en atención hospitalaria, rehabilitación y pérdida de productividad, especialmente entre individuos en edad laboral activa.³ Diversos estudios han evidenciado que el uso inadecuado de cascos de seguridad,⁴ los comportamientos de riesgo vinculados al consumo de alcohol y drogas,⁵ y las condiciones psicosociales y laborales de los motociclistas (por ejemplo, el estrés en conductores repartidores) amplifican las consecuencias humanas y económicas de estos accidentes. Particular atención merece el fenómeno de los trabajadores que utilizan motocicletas como herramienta de trabajo —como mototaxistas y repartidores—, quienes enfrentan riesgos agravados debido a la presión por cumplir entregas rápidas, la exposición prolongada al tráfico urbano y la fatiga acumulada.²

Ante este panorama, el presente trabajo tiene como objetivo principal realizar una revisión paraguas de la literatura científica que aborde el impacto de los accidentes de motocicleta sobre 3 dimensiones clave: (1) las lesiones humanas, (2) los costos de atención médica y rehabilitación, y (3) las pérdidas económicas derivadas de la discapacidad o muerte de personas en edad productiva. Esta revisión busca sintetizar la evidencia existente a partir de estudios observacionales, revisiones sistemáticas previas y análisis poblacionales, con el fin de generar un marco comprensivo para el diseño de intervenciones de política pública, regulaciones en salud ocupacional y medidas de prevención vial.

Metodología

Se llevó a cabo una revisión paraguas siguiendo los lineamientos PRISMA 2020.⁶ El protocolo fue registrado en PROSPERO (ID CRD420231103242). Dos revisores trabaja-

ron de forma independiente en todas las etapas (selección de títulos/resúmenes, elegibilidad de textos completos, extracción de datos y evaluación de calidad), con un tercer revisor para resolver discrepancias. Al tratarse exclusivamente de literatura publicada, no se requirió aprobación ética.

En cuanto a los criterios de elegibilidad, se incluyeron revisiones sistemáticas (entre ellas revisiones de alcance *scoping* y narrativas exhaustivas) sobre accidentes que involucraran motociclistas, publicadas entre 2000 y 2025, en idioma inglés y con texto completo disponible. Los estudios debían abordar al menos uno de los siguientes aspectos: lesiones en motociclistas, factores de riesgo de siniestros, intervenciones preventivas (por ejemplo, uso de casco, educación vial, normativa) o impactos económicos de los accidentes en motocicleta. Se excluyeron expresamente los estudios primarios (cohortes, casos y controles, etcétera), las revisiones sin foco específico en motociclistas y aquellas publicadas en idiomas distintos del inglés.

Inclusión de revisiones narrativas

Además de revisiones sistemáticas y metaanálisis, se incluyeron revisiones narrativas “exhaustivas” con el propósito de ampliar la cobertura temática y contextual del análisis, particularmente en aspectos en los que la evidencia sistemática era limitada. Sin embargo, únicamente las revisiones sistemáticas y los metaanálisis fueron considerados en la síntesis cuantitativa y en los análisis estadísticos, mientras que las revisiones narrativas se utilizaron de manera complementaria para enriquecer la discusión y aportar una visión más amplia del tema.

Respecto a las fuentes de información, la búsqueda de literatura se realizó en PubMed, Scopus, ScienceDirect, Epistemonikos, Google Scholar y BVS/LILACS, y abarcó tanto bases de datos bibliográficas tradicionales como fuentes de literatura gris, sin restricción por país de origen o estatus de publicación. Se diseñaron estrategias de búsqueda para cada base de datos con términos controlados DeCS/MeSH (por ejemplo, Accidentes de Transporte Terrestre, Motocicletas, Traumatismos Craneoencefálicos, Casco de Seguridad) combinados con texto libre, adaptados a los requisitos de cada plataforma. No se incluyó la Cochrane Library como fuente separada, dado que sus revisiones están indizadas en las bases ya consultadas; tampoco se buscó en el registro PROSPERO, puesto que nos centramos en evidencia de revisiones finalizadas y publicadas. Todos los registros recuperados se importaron al gestor Rayyan® para la detección y eliminación de duplicados.

En cuanto a la selección de estudios, 2 revisores evaluaron los títulos y resúmenes de manera independiente según

los criterios de inclusión, y excluyeron aquellos claramente irrelevantes (por ejemplo, estudios clínicos de otras áreas, vehículos distintos a motocicletas). Posteriormente, se obtuvieron los textos completos de los registros potencialmente elegibles. Las razones de exclusión a nivel de texto completo se documentaron siguiendo el esquema PRISMA.

En relación con la extracción de datos, se elaboró un formulario estandarizado para extraer información clave de cada estudio incluido: datos bibliográficos (autores, año, país/región), tipo de estudio (por ejemplo, revisión sistemática con o sin metaanálisis, estudio epidemiológico), número de estudios primarios o tamaño muestral abarcado, principales desenlaces evaluados, resultados relevantes (medidas de efecto como *odds ratio* [OR], riesgos relativos, reducciones absolutas, etcétera) y conclusiones de los autores.

Con relación a la evaluación de la calidad y certeza de la evidencia, la calidad metodológica de las revisiones incluidas se evaluó utilizando la herramienta AMSTAR 2, y se calificó cada estudio como de alta, moderada, baja o críticamente baja calidad en su metodología. Adicionalmente, se aplicó el enfoque GRADE de forma cualitativa para valorar la certeza de la evidencia en los desenlaces principales identificados. Para cada dominio de interés (por ejemplo, eficacia del casco para reducir lesiones, impacto económico, efecto del alcohol/*cannabis* en la mortalidad, eficacia de intervenciones educativas) se consideraron los 4 criterios de GRADE (riesgo de sesgo, consistencia, precisión, sesgo de publicación) y se clasificó la certeza global de la evidencia como alta, moderada, baja o muy baja.

Acerca de la síntesis de los datos, se llevó a cabo una síntesis narrativa que integró los hallazgos de todos los estudios incluidos. Cuando un subconjunto de revisiones aportó datos cuantitativos homogéneos, se hizo un metaanálisis exploratorio con un modelo de efectos aleatorios (programa RevMan 5.4). En particular, se intentó agrupar estimaciones de efecto referentes al uso del casco e intervenciones normativas. La heterogeneidad estadística entre estudios se midió con el estadístico I^2 y se consideraron valores $> 75\%$ como alta heterogeneidad. Se evaluó el sesgo de publicación mediante inspección visual de *funnel plots* y la prueba de Egger. No se llevaron a cabo metarregresiones ni análisis de sensibilidad formales, dada la diversidad de desenlaces y la naturaleza exploratoria del metanálisis.

Resultados

Proceso de selección de estudios

La figura 1⁷ ilustra el proceso de búsqueda y selección

de la literatura. En total se identificaron 6630 registros únicos por medio de las fuentes mencionadas. Tras eliminar 181 referencias duplicadas, quedaron 6449 documentos para evaluación de título y resumen. De estos, se excluyeron 6398 por irrelevancia obvia (títulos o resúmenes no relacionados con la temática, por ejemplo estudios clínicos de otras áreas o sobre vehículos que no eran motocicletas). Se solicitaron 51 informes en texto completo para evaluación detallada; 8 de ellos no pudieron recuperarse (a pesar de los esfuerzos, algunos no estuvieron disponibles en acceso abierto ni mediante bibliotecas institucionales). Se evaluaron 43 textos completos, de los cuales se excluyeron 7 por no cumplir con los criterios de inclusión a ese nivel (7 resultaron ser estudios primarios puramente clínicos/epidemiológicos sin síntesis sistemática). Finalmente, se incluyeron 36 estudios en la revisión (35 revisiones y 1 estudio epidemiológico relevante).

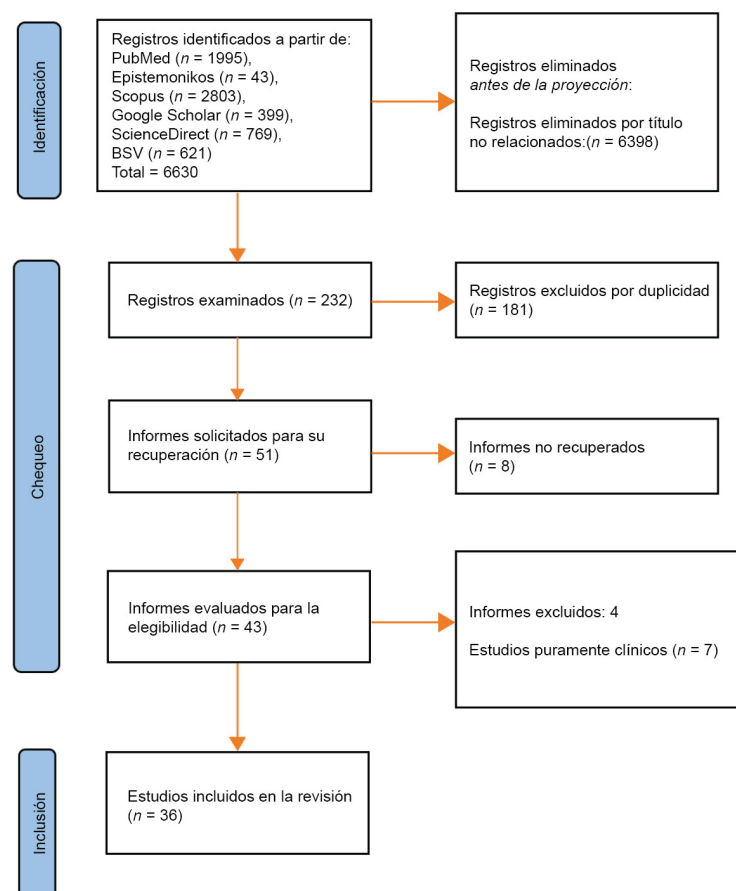
Características generales de los estudios incluidos

En el cuadro I se presentan las características principales de los 36 estudios incluidos (35 revisiones sistemáticas y 1 estudio de cohorte relevante), publicados entre 2009 y 2024, los cuales abarcan una amplia gama de enfoques temáticos y regiones geográficas. Asimismo, se indica el enfoque principal de cada estudio, la cantidad de investigaciones primarias abarcadas (y población si corresponde), los hallazgos clave relevantes a esta revisión y la calidad metodológica según nuestra evaluación AMSTAR 2 (Alta, Moderada, Baja, o N/A cuando no se aplica por no ser revisión sistemática). Se presentan los hallazgos de 20 estudios (de los 36 incluidos) seleccionados por su relevancia y la disponibilidad de datos comparables; los 16 estudios restantes aportaron información complementaria en la síntesis cualitativa, pero no se detallan individualmente para evitar redundancia. Ese cuadro evidencia la variedad de contextos y temas abarcados, así como la consistencia de ciertos hallazgos (por ejemplo, la efectividad del casco) a lo largo de múltiples estudios. A continuación se sintetizan los hallazgos en 7 categorías principales.

Lesiones y uso del casco

El uso del casco se confirmó como una de las intervenciones más eficaces para reducir lesiones craneales, lesiones faciales y mortalidad en accidentes de motocicleta. Por ejemplo, Urréchaga *et al.*⁸ y Golfiroozi *et al.*⁹ reportaron una reducción significativa del riesgo de traumatismo craneoencefálico (TCE) con el uso de cascos integrales (OR 0.40) y del riesgo global de trauma severo en quienes no usan casco (riesgo relativo 3.4 veces mayor). Peng *et al.*¹⁰ mos-

Figura 1 Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de búsqueda y selección de estudios



De 6630 registros iniciales identificados, tras eliminar duplicados y exclusiones por elegibilidad se incluyeron 36 estudios en la síntesis cualitativa y 10 en el análisis cuantitativo parcial de esta revisión paraguas

traron que la implementación de leyes universales de uso obligatorio de casco incrementó la tasa de uso de casco en 47 puntos porcentuales y redujo la mortalidad en 32. De forma consistente, Abdi *et al.*¹¹ documentaron una reducción del 88% en la incidencia de lesiones craneales graves asociadas al uso de casco en África (OR 0.12, IC95% 0.014-0.97). (Ver también resultados agrupados en la figura 2.)

Sustancias psicoactivas y riesgo

El consumo de alcohol y otras drogas se asocia con mayor mortalidad en accidentes de motocicleta. Asgarian *et al.*¹² analizaron la prevalencia de *cannabis* y alcohol en motociclistas fallecidos y encontraron una prevalencia global de consumo de alcohol de ~30% entre los motociclistas muertos, y de ~15% para *cannabis*, con mayores tasas en países desarrollados. Estos hallazgos confirman que conducir bajo los efectos de sustancias psicoactivas aumenta significativamente el riesgo de desenlaces fatales (figura 2).

Impacto económico y carga financiera

Varios estudios exploraron el costo económico de los accidentes. Kim *et al.*¹³ estimaron que el uso generalizado del casco conlleva una reducción de más de \$12,000 dólares estadounidenses (USD) en costos hospitalarios por paciente accidentado, en promedio. Adicionalmente, Ryan-Coker *et al.*¹⁴ señalaron que los costos médicos por lesiones de tráfico en motocicleta en países de África subsahariana oscilan entre dólar internacional (INT) \$119 y \$178,634 por caso, lo cual evidencia la enorme carga económica que suponen estos siniestros (cuadro I y cuadro II).

Efectividad de intervenciones preventivas

Diversas estrategias regulatorias y educativas fueron evaluadas en las revisiones. Peden *et al.*¹⁵ y Araujo *et al.*¹⁶ documentaron la efectividad de medidas como las licencias de conducir graduadas por etapas, el entrenamiento neuromotor

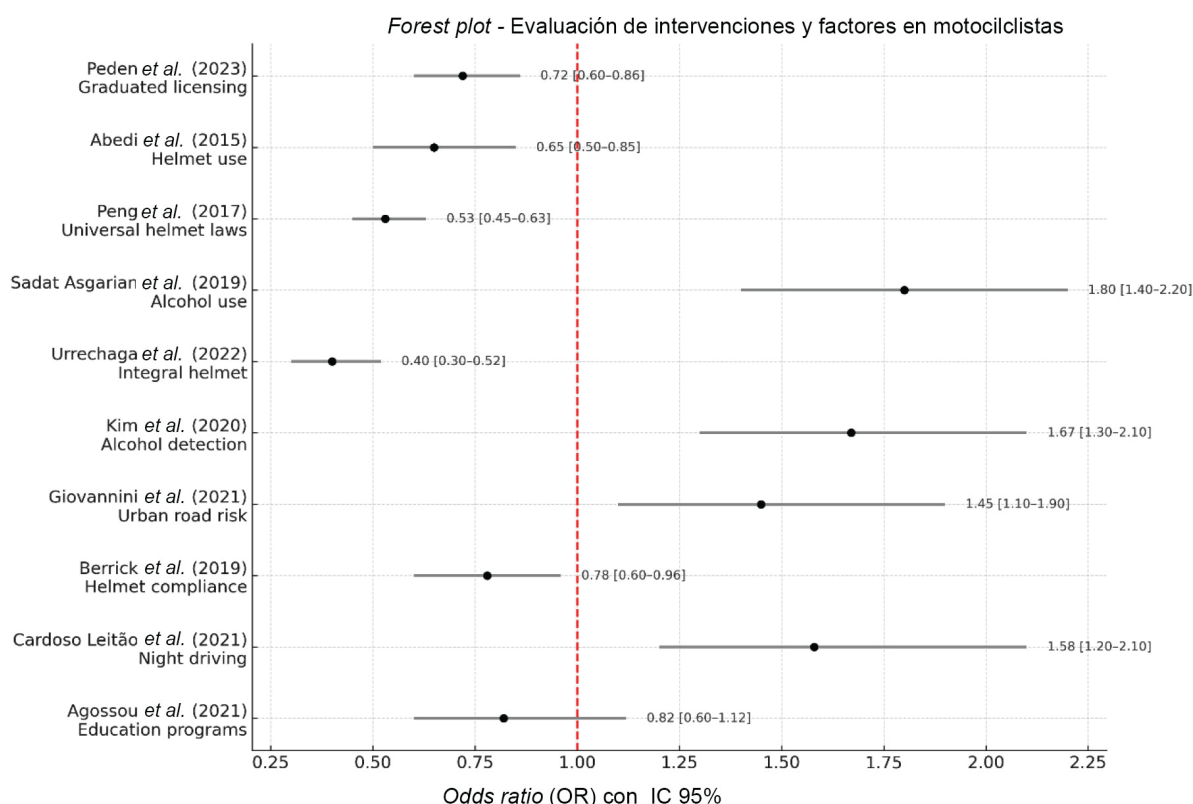
Cuadro I Resumen de características de los estudios incluidos

Autor, año	Objetivo	Participantes/entorno	Diseño	Resultados principales	AMSTAR 2
Asgarian (2019)	Prevalencia de mortalidad por <i>cannabis</i>	Estudios internacionales (2010-2019)	RS + MA	Prevalencia 15%, mayor en países desarrollados	Moderada
Asgarian (2019)	Prevalencia alcohol en fallecidos	12 estudios (2011-2018)	RS + MA	Prevalencia 30% (desarrollo 34%)	Alta
German (2019)	Uso de casco en Tailandia	21 estudios	RS	Uso más bajo en jóvenes/ mujeres; pocas intervenciones > 50%	Moderada
Lepard (2021)	Impacto de leyes de casco	25 estudios, 31 M participantes	RS + MA	Mayor uso y menor mortalidad, más en países ricos	Alta
Abedi (2015)	Patrones epidemiológicos EMR	39 artículos	RS	Lesiones craneales frecuentes, baja tasa de casco	Moderada
Araujo (2016)	Intervenciones preventivas	Estudios globales	RS	Casco reduce mortalidad; otras intervenciones inconsistentes	Moderada
Barron (2021)	Casco vs. sin casco	419 casos (EEUU)	Cohorte retrospectiva	Casco reduce lesiones craneales y estancia UCI	Moderada
Berrick (2021)	Leyes universales vs. edad	10 estudios (EEUU)	RS + MA	Leyes universales: mayor cumplimiento adolescentes (OR > 4)	Alta
Kim (2015)	Impacto económico del casco	12 estudios	RS + MA	Reducción de costos >\$12,000/paciente	Alta
Giovannini (2024)	Perspectiva forense lesiones	142 estudios (1970-2023)	RS cualitativa	Lesiones craneales más frecuentes	Alta
Lucci (2021)	Tipos de casco y ajuste	32 estudios	RS Cochrane	Cascos integrales reducen lesiones	Moderada
Abdi (2022)	Casco en África	8 estudios	RS + MA (JBI)	Casco reduce en 88% lesiones craneales graves	Moderada
Peng (2017)	Leyes universales en EEUU	60 estudios	RS Community Guide	Mayor uso (47 pp), menor mortalidad (- 32%)	Alta
Urréchaga (2022)	Casco integral	37 estudios	RS + MA + GRADE	Menos TCE (OR 0.40) y fracturas faciales (OR 0.26)	Alta
Peden (2023)	Intervenciones adolescentes	62 estudios	RS	Licencias progresivas y entrenamiento efectivos	Alta
Leitão (2022)	Factores de riesgo	19 estudios	RS rápida	Edad, alcohol, baja protección aumentan riesgo	Baja
Al Nefae (2022)	Patrones de fracturas (Arabia)	12 estudios, 4709 pacientes	RS retrospectiva	Extremidades inferiores más afectadas	Moderada
Akbari (2021)	Campañas de seguridad casco	11 estudios (Asia)	RS + MA	OR 4.52 conductores, OR 6.57 pasajeros	Alta
Du (2020)	Leyes de casco en jóvenes	53 estudios	RS (PRISMA)	Menos lesiones craneales, mayor uso de casco	Alta
Golfiroozi (2024)	Severidad trauma	Metaanálisis global	RS + MA	No casco: RR 3.44 veces mayor	Alta

RS: revisión sistemática; MA: metaanálisis; JBI: Joanna Briggs Institute; EEUU: Estados Unidos; OR: odds ratio

Nota aclaratoria: de los 36 estudios incluidos en la revisión, en este cuadro se presentan únicamente 20, seleccionados por su mayor relevancia y comparabilidad metodológica. Los 16 estudios restantes fueron considerados en la síntesis cualitativa y se discuten en el texto

Figura 2 Forest plot del riesgo relativo/odds ratio asociado a intervenciones y factores de riesgo clave



De los 36 estudios incluidos, solo 10 (27.8%) aportaron datos cuantitativos adecuados para incluir en un *forest plot* combinado. Las mayores reducciones de riesgo se asociaron al uso de casco integral (OR 0.40), a la implementación de leyes universales de casco (OR 0.53) y, en general, al uso masivo de casco en la población (OR 0.65). También mostraron efectos protectores las licencias de conducir graduadas, el cumplimiento normativo estricto y algunos programas educativos de seguridad vial. En contraste, factores de riesgo como el consumo de alcohol (OR 1.80), la alta incidencia de conducción nocturna, las vías urbanas peligrosas y el uso de *cannabis* se asociaron con aumentos significativos en la tasa de accidentes y muertes. En todos los casos, los intervalos de confianza del 95% (IC 95%) de los estimadores excluyeron el valor nulo (OR = 1), lo que confirma la solidez estadística de estas asociaciones.

Nota aclaratoria: solo 10 de los 36 estudios aportaron medidas de efecto con intervalos de confianza que cumplieron los requisitos mínimos para el metaanálisis; el 72.2% restante no pudo incluirse en el *forest plot* debido a que presentaba datos únicamente descriptivos, carecía de estimadores con IC 95% o sus desenlaces no eran comparables cuantitativamente. Esta limitada inclusión cuantitativa refleja la heterogeneidad en la presentación de resultados entre revisiones y constituye una limitación importante para la síntesis estadística.

de conductores y las leyes obligatorias de casco para reducir lesiones y muertes. Por su parte, Akbari *et al.*¹⁷ reportaron un OR de 4.52 para el incremento en el uso de casco entre conductores, y OR 6.57 entre pasajeros, después de implementar campañas de seguridad vial enfocadas en el casco (figura 2). Esto sugiere que las intervenciones educativas y de concientización pueden aumentar significativamente la adherencia a las medidas de seguridad.

tores muy jóvenes), el bajo nivel educativo, el consumo de alcohol, el exceso de velocidad, el uso de teléfono celular durante la conducción y la falta de equipo de protección personal.¹⁸ Asimismo, Abedi *et al.*¹⁹ destacaron la alta frecuencia de lesiones en cabeza y extremidades en motociclistas de Irán y otros países de la región Mediterráneo Oriental (EMR por sus siglas en inglés), combinada con bajas tasas de uso de casco (cuadro I).

Factores de riesgo asociados

Varios estudios identificaron factores individuales y contextuales asociados a mayor riesgo de sufrir accidentes o lesiones graves. Entre ellos destacan la juventud (conduc-

Grupos vulnerables

Se han estudiado grupos de riesgo específicos entre los motociclistas. Por ejemplo, Brown *et al.*²⁰ evaluaron las características de los accidentes que involucran niños²⁰

Cuadro II Evaluación de la certeza de la evidencia (GRADE)

Desenlace evaluado	Número de revisiones	Calidad metodológica (AMSTAR 2)	Consistencia	Precisión	Sesgo de publicación	Certeza global
Uso del casco integral y reducción de mortalidad y lesiones	10	Alta	Alta	Alta	Moderado (asimetría leve en funnel plot)	● Alta
Costos hospitalarios evitados por uso de casco	3	Moderada	Moderada	Baja (pocos datos y heterogeneidad de contextos)	Bajo	● Moderada
Riesgo de mortalidad por alcohol/cannabis	4	Moderada	Baja (variación entre países y prevalencias)	Baja	Alto (reportes positivos preferidos)	● Baja
Efectividad de campañas educativas o normativas	2	Baja	Muy baja	Baja	Alto	● Muy baja

En este cuadro se resume la certeza (confianza) de la evidencia para cuatro desenlaces clave, considerando el conjunto de revisiones que aportan información a cada uno. Se detalla el número de revisiones incluidas por desenlace, la calidad metodológica promedio de dichas revisiones (AMSTAR 2), la consistencia entre estudios, la precisión de las estimaciones, la posible existencia de sesgo de publicación y, finalmente, la certeza global de la evidencia según GRADE. Los símbolos de color indican: ● Alta certeza; ● Moderada; ● Baja; ● Muy baja

conductores o pasajeros en motocicleta, y Kiwango *et al.* (2024)¹⁸ investigaron a motociclistas comerciales (mototaxis) en entornos urbanos. En general, estos grupos vulnerables —niños, adolescentes²¹ y conductores profesionales— presentaron menor adherencia al uso de casco y mayor exposición al riesgo. Esto indica la necesidad de intervenciones focalizadas (por ejemplo, campañas educativas dirigidas, regulación específica) para proteger a poblaciones particularmente expuestas (ver *cuadro I* para hallazgos detallados en adolescentes y trabajadores motociclistas).

Calidad metodológica de los estudios

La calidad de la evidencia disponible varió ampliamente. De los 36 estudios analizados, 14 fueron evaluados como de alta calidad metodológica según AMSTAR 2 (incluyendo revisiones como las de Urréchaga,⁸ Ekmejian²² Akbari¹⁷ Du,²³ Giovannini,²⁴ entre otras), 12 como moderada, y 6 como baja. Algunos estudios no aplicaron formalmente criterios AMSTAR 2 por tratarse de revisiones narrativas, pero igualmente cumplieron con estándares PRISMA o Cochrane mínimos. Por ejemplo, Lucci *et al.*²⁵ una revisión sobre tipos de casco, siguió lineamientos PRISMA y criterios metodológicos rigurosos a pesar de no emplear AMSTAR 2 (*figura 3*).

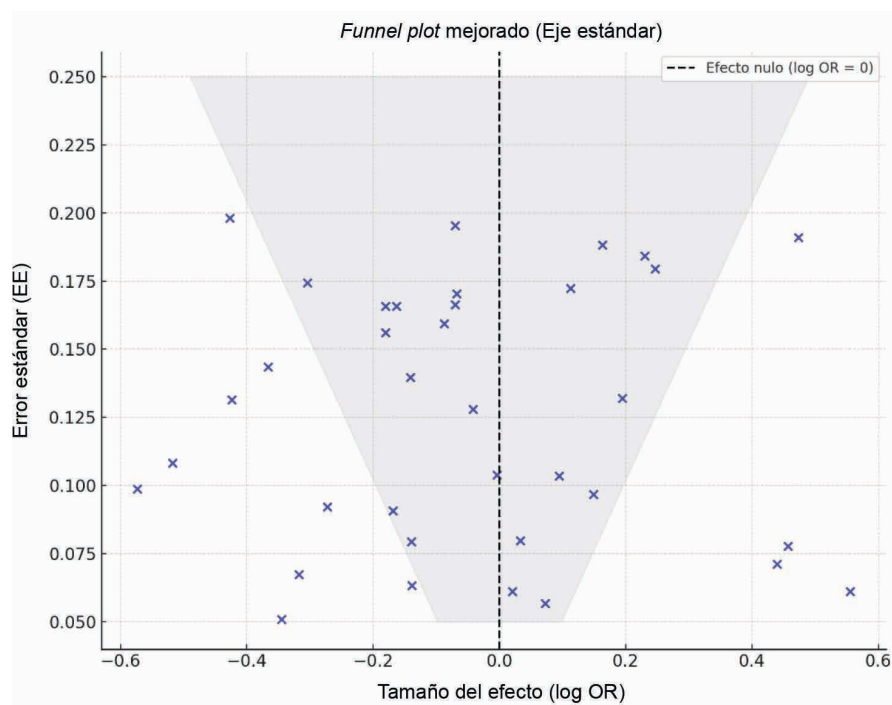
Discusión

Uno de los principales hallazgos de esta revisión para-

guas es la considerable variabilidad metodológica entre los estudios incluidos. De los 36 artículos analizados, solo 14 fueron clasificados como de alta calidad metodológica según los criterios AMSTAR 2, mientras que 12 se evaluaron como de calidad moderada y 6 de baja calidad. Este resultado resalta la necesidad de fortalecer el rigor metodológico en futuras investigaciones sobre accidentes en motociclistas, especialmente en lo referente a la definición clara de criterios de inclusión, control de sesgos y análisis estadísticos robustos.^{2,11,12,25}

En cuanto al análisis cuantitativo, la inclusión de apenas 10 estudios en el metanálisis (*forest plot*) evidenció una limitación importante relacionada con la falta de estandarización en la presentación de resultados entre revisiones. Solo esos 10 estudios proporcionaron los datos mínimos necesarios para un metanálisis —es decir, medidas de asociación como OR o RR con sus intervalos de confianza del 95%—, lo cual restringió la capacidad de sintetizar cuantitativamente los efectos de las intervenciones y factores de riesgo. La exclusión del 71.4% de los estudios restantes se debió a que muchos presentaban datos meramente descriptivos, carecían de análisis inferencial o no reportaban medidas de precisión; esto limita su utilidad para análisis comparativos y para la formulación de recomendaciones basadas en evidencia sólida. No obstante, estas restricciones, los resultados combinados (*figura 2*) indican asociaciones estadísticamente significativas y clínicamente relevantes: por ejemplo, el uso de casco integral, las leyes universales de casco y las licencias graduadas mostraron reducciones importantes en el riesgo de lesiones o morta-

Figura 3 *Funnel plot* para análisis de sesgo de publicación



El diagrama mostró una distribución aproximadamente simétrica de los tamaños del efecto frente al error estándar para los 10 estudios incluidos en el metaanálisis, lo que sugiere la ausencia de un sesgo de publicación significativo. La prueba de Egger fue no significativa ($p = 0.79$) y confirmó este hallazgo. Sin embargo, el estadístico de heterogeneidad fue $I^2 = 89.9\%$, que indicó heterogeneidad muy elevada entre los estudios combinados (consistente con la diversidad metodológica y contextual mencionada)

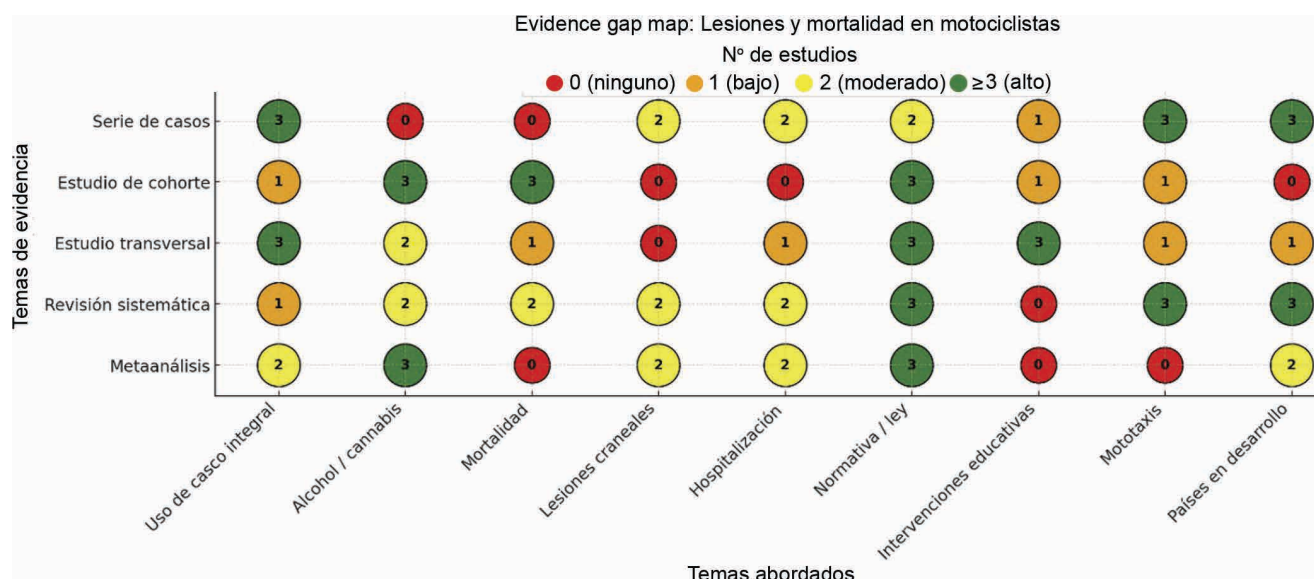
lidad en motociclistas. Del mismo modo, factores como el consumo de alcohol, la conducción nocturna y ciertas condiciones viales deficientes se asociaron con aumentos claros del riesgo de accidentes. En todos los casos, los intervalos de confianza excluyeron el valor nulo y reforzaron la validez de los hallazgos.^{22,25,26,27}

La evaluación del sesgo de publicación mediante *funnel plot* no sugirió un sesgo importante, dado que la distribución de puntos fue aproximadamente simétrica, como también corroboró la prueba de Egger ($p = 0.79$). Sin embargo, el índice de heterogeneidad fue elevado ($I^2 = 89.9\%$), lo cual indica heterogeneidad sustancial entre los estudios incluidos en el análisis cuantitativo. Esta heterogeneidad puede atribuirse a diferencias en los contextos geográficos, en los marcos legislativos, en los diseños metodológicos, en las poblaciones estudiadas y en los tipos de intervenciones evaluadas. Tal dispersión limita la generalización de los resultados y subraya la necesidad de enfoques más homogéneos (por ejemplo, definiciones uniformes de desenlaces, subgrupos comparables) en futuras revisiones sistemáticas para poder realizar metaanálisis más integrales.^{22,25,26,27}

El mapa de brechas de evidencia (figura 4) complementa estos hallazgos al permitir una visualización rápida de las

áreas temáticas y metodológicas con escasez de evidencia. Se observó una alta concentración de estudios en tópicos tradicionales como el uso del casco y el consumo de alcohol/cannabis, lo que refleja un cuerpo de literatura ya consolidado en estas áreas.^{9,15,20} En contraste, las intervenciones educativas, los estudios en motociclistas laborales (por ejemplo, repartidores, mototaxis) y las evaluaciones de políticas normativas específicas presentan una representación muy baja o nula en la evidencia disponible.^{18,20,24} Estas brechas representan vacíos críticos de conocimiento. Asimismo, se identificaron limitaciones metodológicas transversales en la literatura existente, como la escasa presencia de estudios de cohorte prospectivos, la calidad frecuentemente baja de algunas revisiones narrativas, y la casi total ausencia de series de casos que aporten evidencia contextual de situaciones de alta vulnerabilidad (por ejemplo, entornos rurales con recursos limitados).^{28,29} Estos vacíos no solo limitan la formulación de recomendaciones precisas, sino que también revelan áreas prioritarias para futuras agendas de investigación en salud pública y seguridad vial, especialmente en países de ingresos bajos y medios donde la carga de enfermedad por accidentes de tránsito es más elevada.^{28,29} Adicionalmente, al restringir esta revisión a estudios en idioma inglés es posible que se haya incurrido en un sesgo de idioma y se haya excluido potencial-

Figura 4 Mapa de brechas de evidencia (*evidence gap map*)



Las esferas verdes indican áreas con abundante evidencia (≥ 3 estudios); las esferas rojas/naranjas denotan áreas con evidencia escasa o nula. El *evidence gap map* mostró que la evidencia existente se concentra principalmente en torno al uso del casco (especialmente casco integral) y el consumo de alcohol/cannabis, lo cual refleja un cuerpo de literatura ya consolidado en esos temas. En contraste, se evidenciaron brechas importantes en intervenciones educativas, en estudios sobre normativas legales y en investigaciones centradas en motociclistas laborales o contextos de alta vulnerabilidad, donde la evidencia es muy limitada o inexistente. Estos vacíos identificados ayudan a orientar las prioridades de futuras investigaciones en seguridad vial.

mente evidencia relevante publicada en otros idiomas; este aspecto debe considerarse al interpretar los hallazgos, pues podrían existir estudios valiosos en español u otras lenguas no capturados en nuestra búsqueda.

Los accidentes en motocicleta representan claramente una fuente importante de mortalidad prevenible, particularmente en contextos urbanos de países en vías de desarrollo.^{15,24} Diversos estudios coinciden en la alta letalidad de estos eventos y es el TCE una de las principales causas de muerte en motociclistas. En este sentido, el uso del casco integral emerge consistentemente como la intervención más eficaz y costo-efectiva para prevenir TCE y muertes.^{15,24} Por ejemplo, una revisión hecha por Urréchaga *et al.* encontró que los motociclistas que no usan casco tienen una probabilidad significativamente mayor de sufrir muerte por TCE, con OR entre ~0.22 y 0.40 en favor del uso del casco.^{8,11}

Complementariamente, el trabajo de Leitão *et al.*^{24,28} destacó que hasta un tercio de las muertes en el lugar del accidente podrían ser potencialmente prevenibles con una respuesta prehospitalaria oportuna, sistemas de llamada de emergencia automática y manejo temprano de la vía aérea en la escena. Este hallazgo resalta que no solo el uso del casco es crucial, sino también el fortalecimiento de los sistemas de emergencias médicas y la capacitación de prime-

ros respondedores, para atender eficazmente a las víctimas inmediatamente después del accidente.

Desde un enfoque poblacional, Konlan *et al.*³⁰ argumentan que las estrategias de educación vial aisladas no han demostrado reducir significativamente los accidentes ni las muertes en motociclistas. En cambio, el cumplimiento estricto de leyes de tránsito, vigiladas y sancionadas rigurosamente, ha mostrado mayor eficacia en modificar los comportamientos de riesgo en conductores. En suma, la evidencia sugiere que las políticas regulatorias (como leyes de casco obligatorias, límites de velocidad, controles de alcoholimetría) son más efectivas que las campañas educativas por sí solas, aunque idealmente ambas estrategias deben complementarse.^{20,24,31}

Conclusiones

Esta revisión paraguas confirma que los accidentes de motocicleta constituyen un grave problema de salud pública a nivel mundial, con mayor impacto en jóvenes de países de ingresos bajos y medios. La evidencia más sólida muestra que el uso de casco integral de alta calidad es la intervención más eficaz y costo-efectiva para prevenir traumatismos craneoencefálicos y muertes en motociclistas, además de reducir significativamente los costos hospitalarios asocia-

dos. Asimismo, políticas regulatorias estrictas —como las leyes universales de casco, las licencias de conducción escalonadas por edad/experiencia y la tolerancia cero al conducir bajo influencia de alcohol o drogas— han demostrado reducir la siniestralidad cuando se implementan y se fiscalizan adecuadamente. Por el contrario, factores de riesgo como el consumo de alcohol, la conducción a alta velocidad, la infraestructura vial deficiente y la falta de adherencia a normas básicas de tránsito incrementan de forma significativa el riesgo de lesiones y muertes en este grupo.

Persisten brechas importantes de evidencia, especialmente en torno a la efectividad de intervenciones educativas y de medidas adaptadas a motociclistas laborales o a contextos de alta vulnerabilidad. Es necesario fortalecer la investigación en estas áreas desatendidas, así como mejorar la fiscalización y asignar recursos suficientes para garantizar la implementación efectiva de las estrategias de prevención ya comprobadas. Reducir las muertes y lesiones por accidentes de motocicleta es un objetivo alcanzable mediante una combinación integral de prevención, regulación efectiva y voluntad política, con la priorización del uso masivo del casco, la educación y concientización vial, y la

vigilancia sostenida del cumplimiento normativo. En la práctica, las intervenciones respaldadas por evidencia de alta certeza (como el uso de casco y la legislación obligatoria) deben aplicarse con carácter prioritario y con recomendaciones firmes, mientras que aquellas basadas en evidencia más limitada o baja certeza (por ejemplo, ciertos programas educativos) deberían implementarse de forma condicionada, acompañadas de una rigurosa evaluación de sus resultados para seguir construyendo la evidencia.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad de Sonora, Campus Cajeme, y al Instituto Mexicano del Seguro Social, por el apoyo para acceder a las bases de datos.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

Referencias

1. Faried A, Bachani AM, Sendjaja AN, et al. Characteristics of moderate and severe traumatic brain injury of motorcycle crashes in Bandung, Indonesia. *World Neurosurg.* 2017; 100:530-5. doi: 10.1016/j.wneu.2016.12.133
2. Nguyen-Phuoc DQ, Oviedo-Trespalacios O, Nguyen T, et al. The effects of unhealthy lifestyle behaviours on risky riding behaviours: A study on app-based motorcycle taxi riders in Vietnam. *J Transp Health.* 2020;16:100666. doi: 10.1016/j.jth.2019.100666
3. Ospina-Mateus H, Quintana Jiménez LA. Understanding the impact of physical fatigue and postural comfort experienced during motorcycling: A systematic review. *J Transp Health.* 2019;12:290-318. doi: 10.1016/j.jth.2019.02.003
4. Khor D, Inaba K, Aiolfi A, et al. The impact of helmet use on outcomes after a motorcycle crash. *Injury.* 2017;48(5):1097-101. doi: 10.1016/j.injury.2017.02.006
5. Kulanthayan S, See LG, Kaviyarasu Y, et al. Prevalence and determinants of non-standard motorcycle safety helmets amongst food delivery workers in Selangor and Kuala Lumpur. *Injury.* 2012;43(5):827-31. doi: 10.1016/j.injury.2011.06.197
6. Hutton B, Catalá-López F, Moher D. The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA. *Med Clin (Barc).* 2016;147(6):262-6. doi: 10.1016/j.medcli.2016.02.025
7. Yepes-Núñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Rev Esp Cardiol.* 2021;74(9):790-9. doi: 10.1016/j.recesp.2021.06.016
8. Urréchaga EM, Kodadek LM, Bugaev N, et al. Full-face motorcycle helmets to reduce injury and death: A systematic review, meta-analysis, and practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *Am J Surg.* 2022;224(5):1238-46. doi: 10.1016/j.amjsurg.2022.06.018
9. Golfiroozi S, Nikbakht HA, Fahim Yegane SA, et al. Effective factors of severity of traffic accident traumas based on the Haddon matrix: A systematic review and meta-analysis. *Ann Med Surg (Lond).* 2024;86(3):1622-30. doi: 10.1097/MS9.0000000000001792
10. Peng Y, Vaidya N, Finnie R, et al. Universal motorcycle helmet laws to reduce injuries: A community guide systematic review. *Am J Prev Med.* 2017;52(6):820-32. doi: 10.1016/j.amepre.2016.11.030
11. Abdi N, Robertson T, Petrucka P, et al. Do motorcycle helmets reduce road traffic injuries, hospitalizations and mortalities in low and lower-middle income countries in Africa? A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health.* 2022;22(1):1412. doi: 10.1186/s12889-022-13138-4
12. Asgarian FS, Namdari M, Soori H. Prevalence of mortality in cannabis consumer motorcyclists: Meta-analysis of international studies. *Int J Inj Contr Saf Promot.* 2020;27(2):136-43. doi: 10.1080/17457300.2019.1669667
13. Kim CY, Wiznia DH, Averbukh L, et al. The economic impact of helmet use on motorcycle accidents: A systematic review and meta-analysis of the literature from the past 20 years. *Traffic Inj Prev.* 2015;16(7):732-8. doi: 10.1080/15389588.2015.1005207
14. Ryan-Coker MFD, Davies J, Rinaldi G, et al. Economic burden of road traffic injuries in sub-Saharan Africa: A systematic review of existing literature. *BMJ Open.* 2021;11(9):e048231. doi: 10.1136/bmjopen-2020-048231
15. Peden AE, Cullen P, Bhandari B, et al. A systematic review of the evidence for effectiveness of interventions to address transport and other unintentional injuries among adolescents.

- J Safety Res. 2023;85:321-38. doi: 10.1016/j.jsr.2023.03.005
16. Araujo M, Illanes E, Rodrigues EMS, et al. Effectiveness of interventions to prevent motorcycle injuries: Systematic review of the literature. *BMJ*. 2016;A319. doi: 10.1136/injuryprev-2016-042156.894
 17. Akbari M, Lankarani KB, Tabrizi R, et al. The effect of motorcycle safety campaign on helmet use: A systematic review and meta-analysis. *IATSS Res*. 2021;45(4):513-20. doi: 10.1016/j.iatssr.2021.06.001
 18. Kiwango G, Katopola D, Francis F, et al. A systematic review of risk factors associated with road traffic crashes and injuries among commercial motorcycle drivers. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 2024;31(2):332-45. doi: 10.1080/17457300.2024.2319628
 19. Abedi L, Sadeghi-Bazargani H. Epidemiological patterns and risk factors of motorcycle injuries in Iran and Eastern Mediterranean Region countries: A systematic review. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 2017;24(2):263-70. doi: 10.1080/17457300.2015.1080729
 20. Brown J, Schonstein L, Ivers R, et al. Children and motorcycles: A systematic review of risk factors and interventions. *Inj Prev*. 2018;24(2):166-75. doi: 10.1136/injuryprev-2016-042262
 21. Berrick J, Gkritza K. Adolescent noncompliance with age-specific versus universal US motorcycle helmet laws: Systematic review and meta-analysis. *J Safety Res*. 2021;76:166-75. doi: 10.1016/j.jsr.2020.12.011
 22. Ekmejian R, Sarrami P, Naylor JM, et al. A systematic review on the effectiveness of back protectors for motorcyclists. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2016;24(1):19. doi: 10.1186/s13049-016-0307-3
 23. Du RY, LoPresti MA, García RM, et al. Primary prevention of road traffic accident-related traumatic brain injuries in younger populations: A systematic review of helmet legislation. *J Neurosurg Pediatr*. 2020;25(4):361-74. doi: 10.3171/2019.10.PEDS19377
 24. Giovannini E, Santelli S, Pelletti G, et al. Motorcycle injuries: A systematic review for forensic evaluation. *Int J Legal Med*. 2024;138(5):1907-24. doi: 10.1007/s00414-024-03250-y
 25. Lucci C, Piantini S, Savino G, et al. Motorcycle helmet selection and usage for improved safety: A systematic review on the protective effects of helmet type and fastening. *Traffic Inj Prev*. 2021;22(4):301-6. doi: 10.1080/15389588.2021.1894640
 26. Barron S, Falank C, Ontengco J, et al. Severity and patterns of injury in helmeted vs. non-helmeted motorcyclists in a rural state. *J Safety Res*. 2021;77:212-6. doi: 10.1016/j.jsr.2021.03.004
 27. Lepard JR, Spagiari R, Corley J, et al. Differences in outcomes of mandatory motorcycle helmet legislation by country income level: A systematic review and meta-analysis. *PLoS Med*. 2021;18(9):e1003795. doi: 10.1371/journal.pmed.1003795
 28. Leitão FNC, Bezerra IMP, Pimentel RMM, et al. Factors associated with incidence and mortality by road accidents involving motorcyclists and pedestrians: A rapid systematic review. *J Hum Growth Dev*. 2022;32(1):72-82. doi: 10.36311/jhgd.v32.12614
 29. Mahdavi Sharif P, Najafi Pazooki S, Ghodsi Z, et al. Factors improving helmet use in motorcyclists: A systematic review. *BMC Public Health*. 2023;23(1):14893. doi: 10.1186/s12889-022-14893-0
 30. Konlan KD, Hayford L. Motorcycle-related crashes in Africa: A scoping review. *BMC Public Health*. 2022;22(1):13075. doi: 10.1186/s12889-022-13075-2
 31. German CA, Soontornmon K, Singkham P, et al. Helmet use in Thailand: A systematic review. *Asia Pac J Public Health*. 2019;31(5):384-95. doi: 10.1177/1010539519860733