



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Facultad de Medicina

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública

**EPIDEMIOLOGÍA ANALÍTICA DE LA ACCIDENTALIDAD EN CICLISTAS EN
ESPAÑA**

**“ANALYTICAL EPIDEMIOLOGY OF ROAD CRASHES INVOLVING CYCLISTS IN
SPAIN”**

Tesis Doctoral

Virginia Martínez Ruiz

Granada, 2015

Editorial: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autora: Virginia Ana Martínez Ruiz
ISBN: 978-84-9125-358-7
URI: <http://hdl.handle.net/10481/40971>

EPIDEMIOLOGÍA ANALÍTICA DE LA ACCIDENTALIDAD EN CICLISTAS EN ESPAÑA

Tesis Doctoral que presenta VIRGINIA MARTÍNEZ RUIZ para aspirar
al título de Doctora con Mención Internacional

Granada, 21 de diciembre de 2015.

Directores de la Tesis

D. Pablo Lardelli Claret

Catedrático de Medicina Preventiva y Salud Pública

Universidad de Granada

D. Eladio Jiménez Mejías

Profesor Contratado Doctor de Medicina Preventiva y Salud Pública

Universidad de Granada



Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública

Universidad de Granada

**PABLO LARDELLI CLARET, CATEDRÁTICO DE MEDICINA PREVENTIVA Y SALUD
PÚBLICA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA**

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral que presenta D^a VIRGINIA MARTÍNEZ RUIZ al superior juicio del Tribunal que designe la Universidad de Granada, titulada *Epidemiología analítica de la accidentalidad en ciclistas en España*, ha sido realizada bajo mi dirección, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de su autora, en condiciones que la hacen acreedora al Título de Doctora con Mención Internacional, siempre que así lo considere el citado Tribunal.

En Granada, a 21 de diciembre de 2015.

Fdo. Pablo Lardelli Claret



Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública
Universidad de Granada

**ELADIO JIMÉNEZ MEJÍAS, PROFESOR CONTRATADO DOCTOR DEL
DEPARTAMENTO DE MEDICINA PREVENTIVA Y SALUD PÚBLICA DE LA
UNIVERSIDAD DE GRANADA**

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral que presenta D^a VIRGINIA MARTÍNEZ RUIZ al superior juicio del Tribunal que designe la Universidad de Granada, titulada *Epidemiología analítica de la accidentalidad en ciclistas en España*, ha sido realizada bajo mi dirección, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de su autora, en condiciones que la hacen acreedora al Título de Doctora con Mención Internacional, siempre que así lo considere el citado Tribunal.

En Granada, a 21 de diciembre de 2015.

Fdo. Eladio Jiménez Mejías

Para la realización de esta Tesis Doctoral la doctoranda ha disfrutado de una Ayuda del Programa de Formación de Profesorado Universitario, financiada por el Ministerio de Educación (ref. AP2012-1975). La estancia de investigación en el extranjero fue financiada por el Programa de Movilidad Internacional de Estudiantes de Doctorado, convocado por la Universidad de Granada y el CEI BioTIC.

La doctoranda y los directores de Tesis desean agradecer a la Dirección General de Tráfico el haber facilitado la consulta y el uso del Registro Español de Accidentes de Tráfico con Víctimas, sin el cual la elaboración de esta Tesis Doctoral no hubiera sido posible.

*“La bicicleta es una máquina silenciosa y perfecta, como un velero,
tan práctica que uno se asombra de que también sea tan poética”.*

Antonio Muñoz Molina

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es fruto del cariño y del apoyo recibido por una serie de personas a las que quisiera expresar mi agradecimiento, ya que sin su implicación esta Tesis no sería una realidad a día de hoy.

A mis directores y maestros, los Profesores Don Pablo Lardelli Claret y Don Eladio Jiménez Mejías. Sin su ayuda, su supervisión constante y sus valiosos consejos esta Tesis Doctoral sencillamente no hubiera sido posible. Haberme iniciado con ellos, tanto en la carrera investigadora como en la carrera docente, constituye un auténtico privilegio, ya que ambos son el perfecto ejemplo de lo que debería ser un profesional universitario: por su sabiduría y su capacidad de trabajo, pero también por su humildad, por su paciencia, por el apoyo que me han brindado en los momentos más difíciles y por transmitirme esa pasión por el trabajo bien hecho sin descuidar otros aspectos de la vida que también son importantes. A los dos, millones y millones de gracias.

A la Profesora Doña Aurora Bueno Cavanillas y al Profesor Don José Juan Jiménez Moleón, por orientarme siempre de manera acertada, por sus aportaciones al trabajo realizado y por la confianza que ambos depositan en mí. Al resto de Profesores del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, por acogerme como una más desde el momento en que me incorporé al equipo, por su cercanía y por el interés que todos ellos han demostrado por esta Tesis Doctoral a lo largo de los años. A Isabel Salazar Chacón, por no cejar en su empeño de sacarme una sonrisa cada mañana.

Al Profesor Don Juan de Dios Luna del Castillo, prácticamente codirector aunque no conste así en los papeles. Por las muchas dudas que me ha resuelto, sus numerosas aportaciones metodológicas a este trabajo y sobre todo por su amabilidad y su disponibilidad sin límites.

A la Doctora Emmanuelle Amoros, por aceptar mi solicitud de realizar una estancia en su unidad bajo su tutela. Por acogerme con calidez desde el día en que llegué al IFSTTAR, en Lyon, y por hacerme partícipe una vez allí de diversas reuniones científicas y simposios en las que incluso pude realizar pequeños aportes.

A Karen Shashok, por su ayuda con la traducción y sus múltiples correcciones y sugerencias.

A las compañeras “internacionales” con las que coincidí un tiempo en el Departamento y que dejaron huella: Sandra Rodríguez Guzmán y Klejda Hudhra Harasani. Se os echa de menos.

A Rocío Olmedo Requena, Carmen Amezcua Prieto, Inma Salcedo Bellido y “las niñas Predimed”: Blanca Riquelme Gallego, Laura García Molina y ahora también Naomi Cano. Por su compañerismo y amistad, su ayuda incondicional siempre que lo he necesitado, el apoyo que me han profesado en los trances más duros y los buenos momentos que hemos compartido. A Mamen Olvera Porcel, por su ejemplo vital y su optimismo contagioso. A Anne Mary Lewis Mikhael, por el cariño que me brinda y porque la echo mucho, mucho de menos en la nueva “sala multiusos”.

Dicen que quien tiene un amigo tiene un tesoro. Me considero una persona afortunada, ya que yo tengo muchos y de los buenos, así que espero que me perdonen si no los puedo nombrar a todos.

A mis amigos almerienses (Elia, M^a del Mar, Fran, Mari Carmen, Diego, Adrián, Almudena, Rubén y Edu), por estar ahí siempre que los he necesitado y por soportar el monotema “Tesis” de un tiempo a esta parte, sin quejarse nunca. Es un orgullo y un privilegio poder disfrutar de vuestra amistad. Un especial agradecimiento va dirigido a M^a del Mar Pardo, por ayudarme con las tareas de maquetación, y a Edu Cueto por dedicar su tiempo y su ingenio a diseñar la portada de este trabajo.

A mis amigos “precarios”, compañeros de mi promoción de Farmacia que también han sido absorbidos por este mundo apasionante de la investigación y la docencia. Porque es maravilloso poder contar con vosotros, tanto para contarnos penas como para compartir alegrías. Quiero agradecer especialmente el apoyo de Arturo Morales Portillo, y no puedo dejar de nombrar a Beatriz Domínguez Molina, por compartir unos años muy bonitos de mi vida y por continuar estando cerca a pesar de la distancia.

A mis amigos historiadores, por su cariño y apoyo en una época difícil y por estar siempre dispuestos a transmitirme sus muchos conocimientos. A mis amigos revolucionarios, por su amistad y sus ganas de cambiar el mundo, sea desde el ámbito de la enseñanza, la política o la atención primaria.

Por último, quiero transmitir un especial agradecimiento a mi familia. A mi padre, José Juan Martínez, porque le hubiera encantado ver esta Tesis terminada y porque él me enseñó a montar en bicicleta. A mi madre, Ana Ruiz, que me enseñó que en la vida hay que desenvolverse igual: para mantener el equilibrio, hay que seguir pedaleando. Gracias a su cariño, a sus consejos y a las veces que me ha dejado equivocarme soy la persona que soy ahora, así que no puedo dejar de estar agradecida. A mi hermano Pablo, diferente a mí pero complementario, ya que me aporta una visión de la vida que a veces se me escapa y con la que aprendo cada día. A Antonio García, mi segundo padre, por sus ánimos constantes, por estar siempre a mi lado y por creer en mí. A mi hermano-primo Rubén, por ser un ejemplo

de valentía y porque lo echamos mucho de menos desde que se fue a Alemania. A los que ya no están, pero hubieran disfrutado mucho compartiendo este momento.

A todos vosotros, GRACIAS.

ÍNDICE

ÍNDICE

ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	7
1. Conceptos generales	7
2. Importancia sanitaria de las LCT en ciclistas.....	13
2.1 La situación en España.....	19
3. Epidemiología analítica de las LCT en ciclistas.....	23
3.1 Modelos causales de las LCT.....	23
3.2 Factores de riesgo de las LCT en ciclistas.....	28
3.3 La situación en España.....	33
II. JUSTIFICATION.....	37
III. HYPOTHESIS.....	43
IV. OBJECTIVES.....	47
IV. OBJETIVOS.....	50
V. METHODS	53
1. Sources of information. The DGT registry of traffic accidents with victims.....	54
2. Quasi-induced exposure method.....	63
3. Descomposition analysis.....	66
4. Computer - and software - based statistical analysis.....	70
VI. RESULTADOS.....	75
Planificación.....	75
1. Asociación de la edad y el sexo con la intensidad de la exposición al uso de la bicicleta en España, 1993-2009	83
2. Association of cyclists' age and sex with risk of involmente in a crash before and after adjustment for cycling exposure	97
3. Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method	109

4. Factores asociados al riesgo de provocar una colisión entre un ciclista y un peatón en España, 1993-2011.....	121
5. Contribution of exposure, risk of crash and fatality to explain age- and sex-related differences in traffic-related cyclis mortality rates.....	132
VII. DISCUSIÓN.....	155
1. Revisión de los resultados	156
1.1. La intensidad de exposición al uso de la bicicleta	159
1.2. Accidentalidad ciclista ajustada o no por exposición	162
1.3 Factores asociados al riesgo de provocar un accidente.....	164
1.4 Colisión entre un ciclista y un peatón.....	167
1.5 La contribución de la exposición, la accidentalidad y la letalidad en las tasas de mortalidad ciclista.....	169
2. Metodología y fuentes de información utilizadas	170
2.1 Limitaciones derivadas de la fuente de información.....	170
2.2 Limitaciones derivadas de la metodología.....	172
3. Utilidad práctica de los resultados obtenidos.....	174
3.1 Identificar usuarios especialmente vulnerables y subgrupos de alto riesgo...174	
3.2 Identificar estrategias potencialmente útiles.....	175
4. Estrategias futuras de investigación.....	177
VIII. CONCLUSIONS.....	183
VIII. CONCLUSIONES.....	187
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	193
X. ANEXO.....	221

ABSTRACT

ABSTRACT

This Doctoral Thesis is devoted to the study of the analytical epidemiology of the likelihood of involvement in a traffic accident for cyclists in Spain, an important health problem which has not been studied extensively in our country before. Using the Registry of Traffic Accidents with Victims (supported by the Spanish General Traffic Directorate), we aimed: 1) to quantify the association of age and gender with the intensity of bicycle use; 2) to estimate the changes in the magnitude of association of age and gender with risk of involvement in a traffic accident while cycling before and after adjustment for intensity of bicycle use; 3) to quantify the association of person- and vehicle-dependent factors with the risk of causing a traffic accident involving a cyclist; and 4) to quantify the percent contribution of exposure, likelihood of involvement in an accident and fatality to differences between age and gender groups in mortality rates from traffic accidents involving cyclists. To obtain the proper results, we used different analytical strategies (i.e. logistic regression, Poisson regression, etc.) on the basis of the following approaches: quasi-induced exposure method and decomposition analysis. After that, several facts can be concluded. In Spain, the intensity of exposure to bicycle use is greater in younger age groups and in males; and the main differences in crude likelihood of involvement in an accident among age and gender groups depend on the association of age and gender with exposure. Also, in motor vehicle drivers, the risk of causing a collision with a cyclist was greater for older drivers, those driving under the influence of alcohol or drugs, and those who did not use safety devices. Responsibility for cyclist involvement in a collision was associated with male gender, young age, use of alcohol or drugs, non-use of a helmet, and brake or light defects in the bicycle. However, in a collision between a bicycle and a pedestrian, female cyclists had a greater risk of causing the

collision with the pedestrian. Finally, the mortality rate from traffic accidents involving cyclists increased with age and was greater in males. The relative contribution of exposure, likelihood of involvement in an accident and fatality to the magnitude of the mortality rate varied clearly with age and gender. The knowledge generated by this thesis may contribute to the application of different interventions aimed to reduce the harmful effects of riding a bicycle.

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1. CONCEPTOS GENERALES

Esta Tesis Doctoral se enmarca en el estudio de la epidemiología de las lesiones por tráfico en usuarios de bicicleta en España. Por ello, resulta ineludible iniciar esta introducción definiendo una serie de conceptos que, en relación con este ámbito de estudio, irán surgiendo paulatinamente a lo largo de la lectura del texto.

Pese a que quizás pueda parecer innecesario, es conveniente empezar definiendo el vehículo que nos ocupa: la *bicicleta*. El Reglamento General de Vehículos, en su Anexo II, define bicicleta como “ciclo de dos ruedas”. Un *ciclo*, según dicho documento, es un “vehículo de dos ruedas por lo menos, accionado por el esfuerzo muscular de las personas que lo ocupan, en particular mediante pedales o manivelas” (Ministerio de la Presidencia, 1999). Esta será la definición que emplearemos en esta Tesis Doctoral, debido a que se apoya en registros de accidentes completados por agentes de policía, que se supone que se sirven de la misma definición para esta tarea. Otro concepto bastante similar emplean Navarro y colaboradores, que entienden por bicicleta “vehículo de dos ruedas alineadas, unidas a una estructura dotada de mecanismos de dirección y de propulsión, accionado por las piernas del ciclista” (Navarro et al., 2010). En cualquier caso, queda patente la sencillez de este método de transporte, que precisamente por esta razón puede ser definido de forma clara e inequívoca, existiendo bastante homogeneidad en la amplia mayoría de sus descripciones. Es, de hecho, un vehículo tan conocido por la población general que resulta complicado hallar una definición establecida en los diferentes recursos didácticos de los que dispone el ciudadano para formarse en educación vial. Al contrario de lo que ocurre con otros medios de desplazamiento, como la motocicleta o el ciclomotor, en el caso de la bicicleta se da por

supuesto el conocimiento de la misma, por lo que su definición suele quedar desierta (Dirección General de Tráfico, n.d.).

En cuanto al término *accidente*, el Diccionario de la Real Academia Española lo define, en su tercera acepción, como “suceso eventual o acción de que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas”(Real Academia de la Lengua Española, 2001). El inconveniente de esta definición es que a partir de ella se extrae la idea de que un accidente – ya sea doméstico, de tráfico o de otro tipo– es un evento fortuito o determinado por el azar, por lo que resultaría imposible de evitar o prevenir. En contraposición con esta idea, en el año 2004, la Organización Mundial de la Salud (OMS) dedicó el Día Mundial de la Salud a la prevención de las lesiones por tráfico bajo el lema “La seguridad vial no es accidental”, haciendo precisamente referencia a que, lejos de ser fortuitas o producto del azar, en las lesiones por tráfico intervienen una serie de factores (muchos de ellos conocidos y modificables) que hacen que sea factible su prevención (“OMS | Día Mundial de la Salud,” 2004). Por otra parte, como se explicará más adelante de forma más extensa, no todos los accidentes derivan en una lesión. En el caso de que sea así, hablaríamos de lesión por causa externa no intencional.

Centrándonos ya en el *accidente de tráfico*, la Dirección General de Tráfico (DGT) aprueba la definición de López-Muñiz Goñi, que entiende por accidente de tráfico “cualquier evento como resultado del cual el vehículo quede de manera anormal, dentro o fuera de la carretera, o produzca lesiones en las personas o daños a terceros” (Dirección General de Tráfico, 2014a; López-Muñiz Goñi, 1995). Asimismo, según la Orden Ministerial del 18 de febrero de 1993, se considera oficialmente un accidente de tráfico “aquel que se produce o tiene su origen en una de las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de

vehículos a motor y de seguridad vial, en el que como consecuencia del mismo resulten una o varias personas heridas o sólo daños materiales, y en el que esté implicado al menos un vehículo en movimiento”(Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, 1993). Las ocasiones en las que se considera que un vehículo está implicado en un accidente de circulación son las siguientes:

- que el vehículo entre en colisión con otros vehículos, con peatones, con animales o con otro obstáculo.
- que hayan resultado muertos o heridos el conductor y/o algún pasajero, o que sólo se hayan producido daños materiales.
- que el vehículo esté parado o estacionado de forma peligrosa.
- que el comportamiento del conductor o de alguno de los pasajeros sea peligroso y haya contribuido a provocar el accidente.
- que el conductor o un pasajero del vehículo haya sido arrollado por otro en el momento en que subía o descendía de él.

Lógicamente, en el caso de que el vehículo implicado sea una bicicleta estaremos hablando de un accidente de tráfico en ciclista.

Como habrá advertido el lector, aunque en todas las definiciones anteriores se hace referencia a la lesividad, ésta no tiene necesariamente que producirse en un accidente de tráfico. En efecto, pueden ocurrir accidentes en los que todas las personas implicadas resulten ilesas, o incluso apenas haya que lamentar daños materiales. Por esta razón, las bases de datos que recogen accidentes suelen sufrir problemas de notificación: los accidentes en los que no hay personas lesionadas no suelen notificarse, mientras que en aquellos en los que se producen lesiones de poca gravedad se da una situación de infranotificación (son

accidentes que tienen menos probabilidad de ser notificados) (Alsop and Langley, 2001). Estas circunstancias son especialmente frecuentes cuando el vehículo implicado es una bicicleta (Elvik and Mysen, 1999; Juhra et al., 2012; Langley et al., 2003; Watson et al., 2015). Se ha descrito que los ciclistas tienden a implicarse con más frecuencia en accidentes simples, que son aquellos en los que la bicicleta es el único vehículo involucrado en el mismo. Este tipo de accidentes suelen comportar una menor gravedad que los accidentes múltiples (aquellos en los que existe al menos otro vehículo implicado además de la bicicleta), o incluso pueden no implicar ninguna lesión. Dado que la gravedad se relaciona inversamente con que un accidente se registre o no, ello explica que únicamente el 10% de los accidentes incluidos en los registros sean accidentes simples (Langley et al., 2003; Tin Tin et al., 2010). Este hecho nos lleva a enfrentarnos a registros que sabemos *a priori* que están sesgados, ya que incluyen sobre todo los accidentes que han resultado más lesivos para los ciclistas. Sin embargo, son precisamente dichos accidentes los que más urge prevenir.

De todo lo anterior se desprende la idea de que, en salud pública, es mucho más importante el estudio de las *lesiones a consecuencia del tráfico (LCT)* que el de los accidentes de tráfico como tales, ya que la lesión es el desenlace que realmente nos interesa evitar y sobre el que podremos desplegar un abanico más amplio de medidas preventivas. Seguí y colaboradores definen la LCT como “todo daño corporal (fundamentalmente no intencionado) resultado de la exposición aguda a la energía mecánica (sin olvidar algunas lesiones por energía térmica), liberada en el momento del accidente de tráfico, de manera tal que supera el umbral de tolerancia fisiológica” (Seguí-Gómez et al., 2007).

Como se verá más adelante, esta Tesis Doctoral se centrará en analizar tres circunstancias estrechamente ligadas a las LCT en usuarios de bicicleta: *exposición*, *accidentalidad* y *letalidad*. Por ello, a continuación se definirá cada término por separado.

Según la OMS, la *exposición* es “la cantidad de movimientos o desplazamientos dentro del sistema que realizan los distintos usuarios o una población de determinada densidad” (Peden et al., 2004). La exposición puede recogerse de forma directa mediante la medición de la distancia, el tiempo o el número de desplazamientos realizados (Chipman et al., 1992). Sin embargo, en ciertas ocasiones estos datos no están disponibles, siendo este hecho bastante frecuente cuando el vehículo en cuestión es una bicicleta. En estos casos puede recurrirse a medidas indirectas de exposición, como por ejemplo los métodos de exposición cuasi-inducida (Chandraratna and Stamatiadis, 2009; Jiang and Lyles, 2010; Jiang et al., 2014), que serán abordados más adelante.

La *accidentalidad* será definida en esta Tesis como “la probabilidad de que un usuario de bicicleta se vea implicado en un accidente de tráfico”. Como puede desprenderse de esta definición, las personas que se vean envueltas en esta circunstancia necesariamente habrán estado con anterioridad expuestas a la misma, es decir, habrán utilizado la bicicleta. Sin embargo, tener en cuenta dicha exposición a la hora de cuantificar la accidentalidad no siempre resulta sencillo debido a la dificultad que entraña encontrar datos disponibles para los usuarios de bicicleta, como ya se ha comentado previamente. No obstante, se ha comprobado que el ajuste por exposición es clave a la hora de estudiar la accidentalidad de cualquier vehículo (Christie et al., 2007; Mindell et al., 2012), por lo que es recomendable hacer un esfuerzo en este sentido.

En cuanto a la *letalidad*, puede definirse como “la probabilidad de que un usuario de bicicleta involucrado en un accidente de tráfico muera como consecuencia de las lesiones derivadas de dicho accidente”.

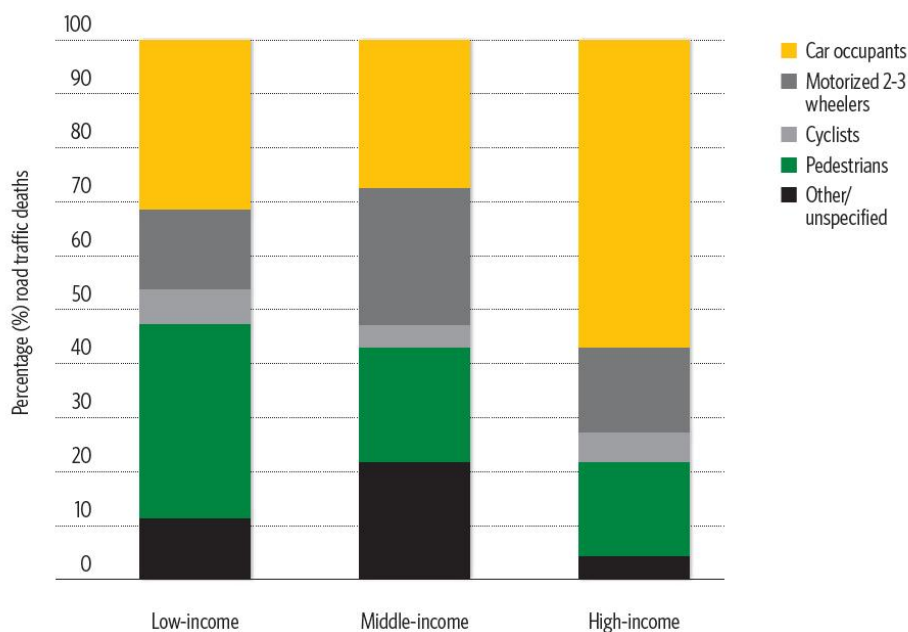
Por último, una puntualización: a lo largo del texto se utilizarán de forma indistinta los términos “ciclista” y “usuario de bicicleta” para referirnos a las personas que emplean este medio de transporte, ya sea por razones de desplazamiento u ocio, aunque es cierto que en España (debido a los patrones de uso mayoritarios hasta hace bien poco), la palabra *ciclista* se ha asociado tradicionalmente con la idea del “profesional de la bicicleta”: la persona que la utiliza fundamentalmente para la práctica deportiva, que emplea una vestimenta especializada para ello y que suele entrenar en vías interurbanas. No obstante, es preciso remarcar la idea de que aquí el término será más inclusivo, ya que pretende abarcar a todas las personas que monten en bicicleta, independientemente de su perfil de uso.

Al igual que los usuarios de vehículos a motor de dos ruedas y que los peatones (especialmente niños, ancianos y personas discapacitadas), las personas que utilizan la bicicleta por razones de desplazamiento u ocio se consideran *usuarios vulnerables de la vía*, ya que en caso de accidente no cuentan con una protección externa que les proteja de la energía liberada en el mismo y, por tanto, es más probable que sufran lesiones de mayor gravedad que los usuarios de otro tipo de vehículos (Organización Mundial de la Salud, 2009).

2. IMPORTANCIA SANITARIA DE LAS LCT EN CICLISTAS

Según el último informe global sobre seguridad vial de la OMS (World Health Organization, 2013), la mitad de las muertes por accidente de tráfico en todo el mundo corresponden a los usuarios vulnerables de la vía antes citados: usuarios de ciclomotor o motocicleta (23%), peatones (22%) y ciclistas (5%). Estos porcentajes varían entre continentes e incluso de un país a otro dentro de la misma región, pero permiten hacerse una composición acerca de la importancia del tema a tratar. Asimismo, es relevante el hecho de que la suma de dichas proporciones sea mayor en los países en vías de desarrollo que en aquellos con ingresos más elevados, debido fundamentalmente a la mayor intensidad de uso de estas formas de desplazamiento frente a la de otros vehículos motorizados (como por ejemplo el turismo) (Figura 1).

Figura 1: Proporción de muertes debidas al tráfico en distintos tipos de usuario, según ingresos del país.

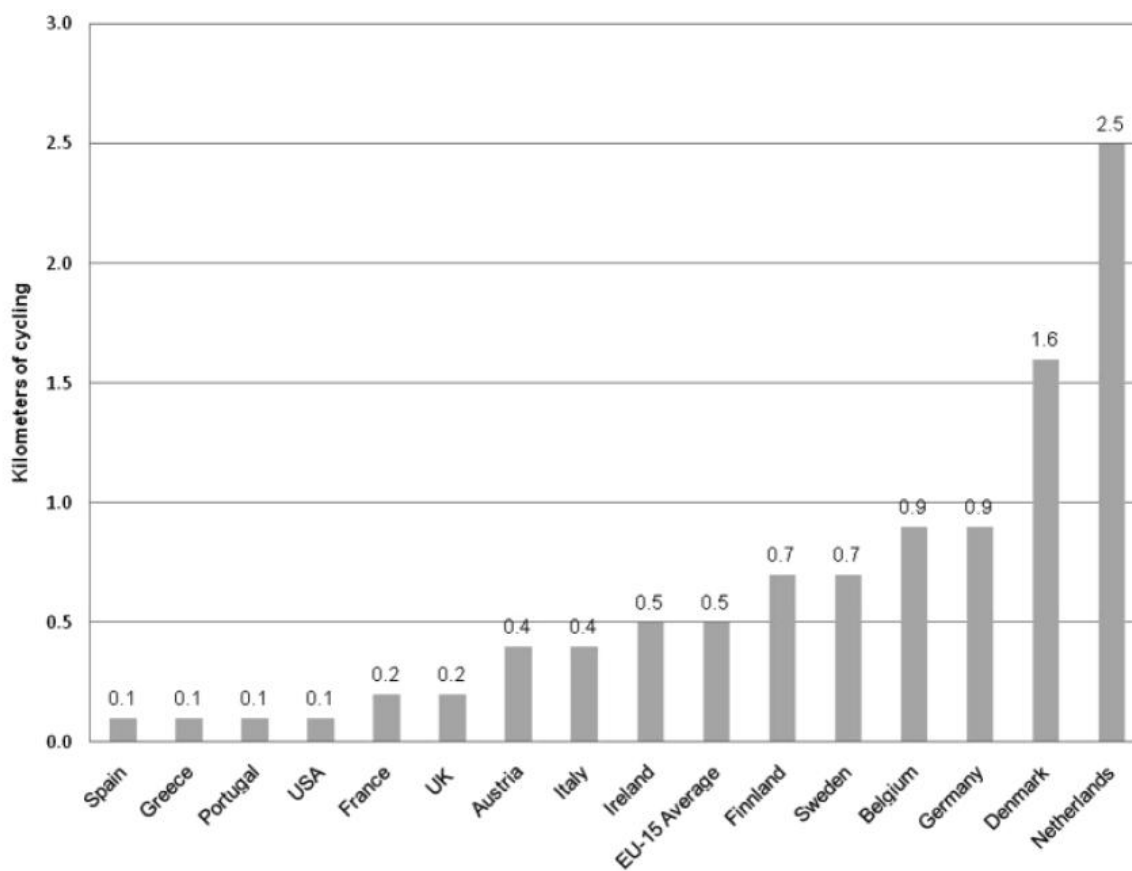


Fuente: World Health Organization, 2013

Dadas las especiales características de la bicicleta frente a otros vehículos (no se requiere permiso para su conducción ni es necesaria la matrícula), existe una carencia importante de datos relativos a este medio de transporte. El primer resultado de ello es la falta de información acerca de la exposición, puesto que no existe un censo de conductores ni de bicicletas matriculadas. En consecuencia, se suele recurrir a encuestas poblacionales para estimar tanto la intensidad de uso como el reparto modal correspondiente a la bicicleta en distintos países. Por ejemplo, en el Eurobarómetro *Quality of transport* fueron encuestadas miles de personas procedentes de todos los países miembros de la Unión Europea (Directorate General for Mobility and Transport, 2014). La primera pregunta que se les realizó fue la forma de desplazamiento utilizada con mayor frecuencia. Globalmente fue el coche, (54%), mientras que únicamente respondieron “la bicicleta” un 8% de los encuestados en toda la UE. No obstante, este porcentaje varió ampliamente dependiendo del país encuestado, destacando Países Bajos (36%). También en Dinamarca y en Hungría la proporción declarada de uso de la bicicleta fue considerable (23% y 22%, respectivamente), mientras que en nuestro entorno dicha proporción descendió de forma apreciable (1% Portugal, 4% Francia y 6% Italia). En España únicamente el 3% de las personas encuestadas refirieron la bicicleta como su medio de transporte habitual, si bien es uno de los países que se encuentran a la cabeza entre los que eligen caminar como principal forma de desplazamiento (25%), una práctica que también se ha demostrado beneficiosa para la salud (Fishman et al., 2015; Mueller et al., 2015). En los Estados Unidos, la intensidad de uso de la bicicleta es menor que en el continente europeo, realizándose con este vehículo sólo un 0,9% de los desplazamientos (U.S. Department of Transportation, n.d.). Son pocos los informes que recogen la movilidad ciclista basándose en parámetros más cuantificables, como la cantidad de kilómetros recorrida o el tiempo empleado en desplazarse en bicicleta, y

desgraciadamente la mayoría no son muy recientes (Directorate-General for Energy and Transport, 2003, 2002). Aún así, dichos datos son coherentes con los anteriormente expuestos, como puede comprobarse en la Figura 2.

Figura 2: Kilómetros recorridos/habitante-día en Europa y EE.UU.

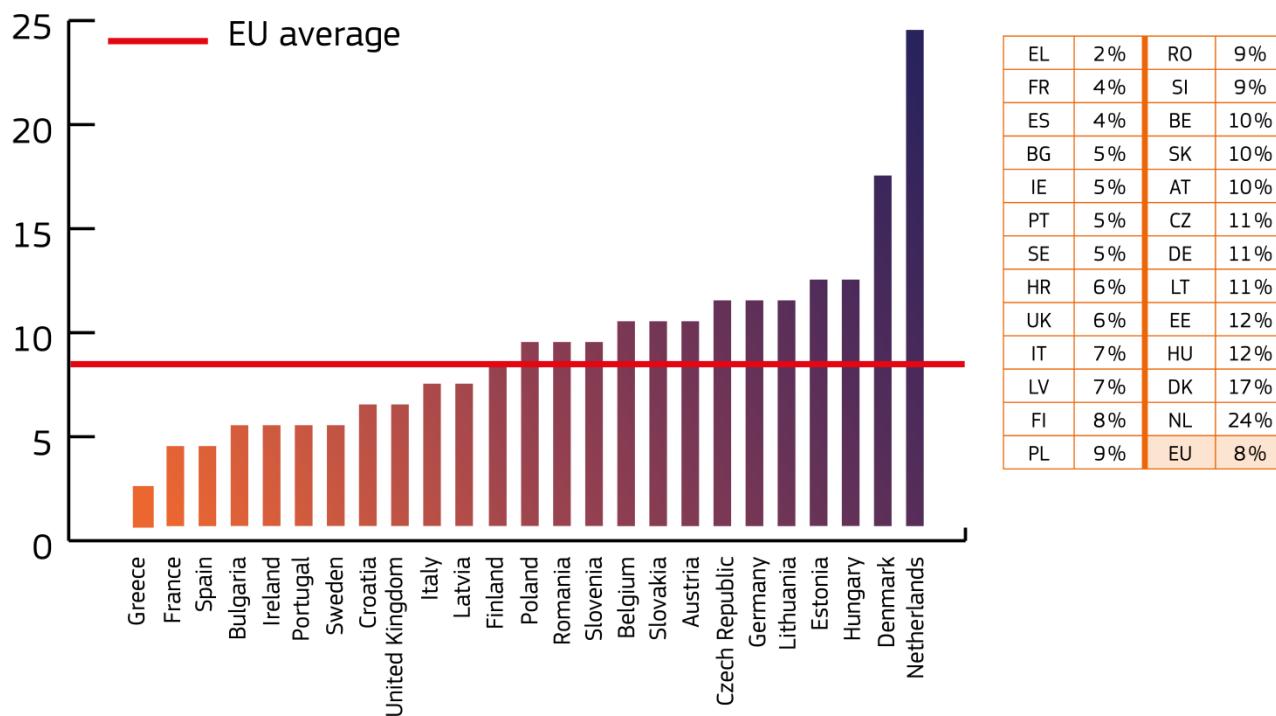


Fuente: Pucher and Buehler, 2008

Prestar atención a los anteriores datos de exposición tiene un elevado interés, ya que para que un ciclista se vea implicado un accidente de tráfico es condición *sine qua non* que

previamente haya estado expuesto al mismo (esto es, haya montado en bicicleta). En consecuencia, se puede aseverar que los países con elevadas tasas de uso de la bicicleta tendrán también una mayor tasa de accidentalidad (Short and Caulfield, 2014). Sin embargo, como ya se ha expuesto anteriormente, es bien sabido que los accidentes en los que hay una bicicleta involucrada suelen infranotificarse: un amplio porcentaje de ellos son accidentes simples, es decir, no implican a otro vehículo ni a peatones (normalmente son caídas o colisiones del ciclista con elementos urbanos). Dado que dichos accidentes a menudo ocurren sin testigos, no suele quedar constancia en los registros policiales, especialmente si no son graves. Igualmente, también puede ocurrir que el accidente involucre a otro vehículo además de a la bicicleta, pero que las consecuencias para ambos conductores sean tan leves que decidan no dar parte a la policía ni sea necesario su paso por el hospital, afortunadamente. Es por esta razón por lo que resulta complicado encontrar datos de accidentalidad plenamente fiables y se prefiere utilizar datos de mortalidad (European Commission, Mobility and Transport, 2015; IRTAD International Traffic Safety Data and Analysis Group, 2014; World Health Organization, 2013). Según datos de la Comisión Europea, el 8% de todas las víctimas mortales por tráfico en la Unión Europea corresponden a ciclistas. Este porcentaje varía de un país a otro, destacando Países Bajos y Dinamarca, como puede verse en la Figura 3. Se recuerda que ambos países están a la cabeza de la UE en el reparto modal correspondiente a la bicicleta.

Figura 3: Porcentaje de muertes por tráfico correspondientes a ciclistas, según el país.

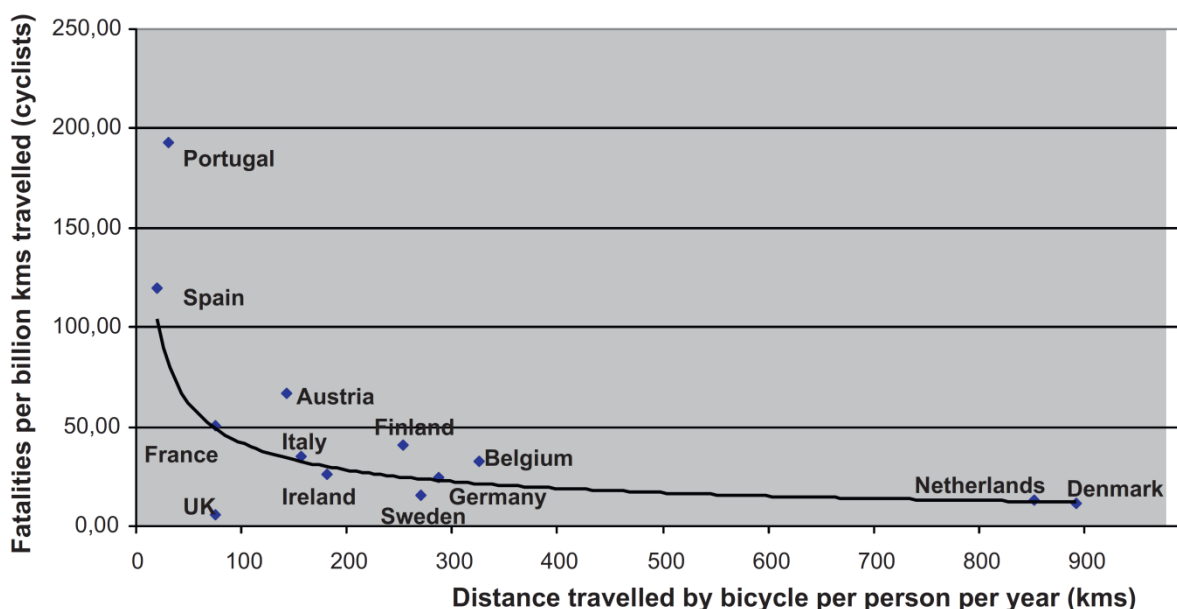


Fuente: European Commission, *Mobility and Transport*, 2015

No obstante, en el estudio de la accidentalidad y la mortalidad también debería tenerse en cuenta el fenómeno de *safety in numbers*. Este concepto plantea la hipótesis de que cuanto mayor sea el número de ciclistas en una región determinada, más seguro será montar en bicicleta. Ello se explica en base a una serie de razones, como que los conductores de vehículos a motor estarán más acostumbrados a compartir el espacio con este tipo de usuarios (*ergo* sabrán reaccionar mejor ante determinadas situaciones y estarán más concienciados) y que probablemente habrá un mayor número de infraestructuras viales que harán más segura la práctica ciclista (Bhatia and Wier, 2011; De Goede et al., 2014;

Jacobsen, 2003). Al ajustar la mortalidad por la intensidad de exposición al ciclismo puede observarse un importante descenso de las defunciones en los países que cuentan con una gran tradición ciclista (Figura 4).

Figura 4: Relación entre tasa de mortalidad y uso de la bicicleta por países europeos, basada en datos de IRTAD.



Fuente: Wegman et al., 2012

La mayoría de estas muertes (57%) tienen lugar en zona urbana. El 21% de los ciclistas que pierden la vida en accidentes son hombres y, en cuanto a la edad, un 45% tienen 65 años o más (European Commission, Mobility and Transport, 2015). En cuanto a la lesividad, de acuerdo con datos de la Fundación Mapfre, la mayor parte de las lesiones se producen en la

zona del tronco (30%) y en miembros superiores (22%) e inferiores (20%). Las lesiones en la zona de cabeza suponen un 8% del total, aunque si se restringe a lesiones de gravedad, el porcentaje asciende hasta el 39% (Fundación MAPFRE, 2013).

De entre todos los usuarios involucrados en un accidente que acuden al hospital, aproximadamente el 40% son ciclistas. Además, el 25% de los ciclistas que acudieron a los servicios sanitarios tuvieron que ser hospitalizados, con una estancia media de unos 8 días (European Road Safety Observatory, 2012). Al margen de la discapacidad y el dolor generados, estos datos reflejan el coste que supone este importante problema de salud, otra faceta que no debería ser desdeñada (Palmer et al., 2015). Así, en relación con los costes de los accidentes de tráfico en ciclistas, un trabajo publicado en Australia estimó en 12.499\$ el coste medio de cada accidente grave (Palmer et al., 2015). Otro estudio, realizado en Bélgica (Aertsens et al., 2010), estimó en una media de 841€ el coste de cada accidente leve de bicicleta, siendo el componente de mayor peso en esta cifra la pérdida de productividad (48%).

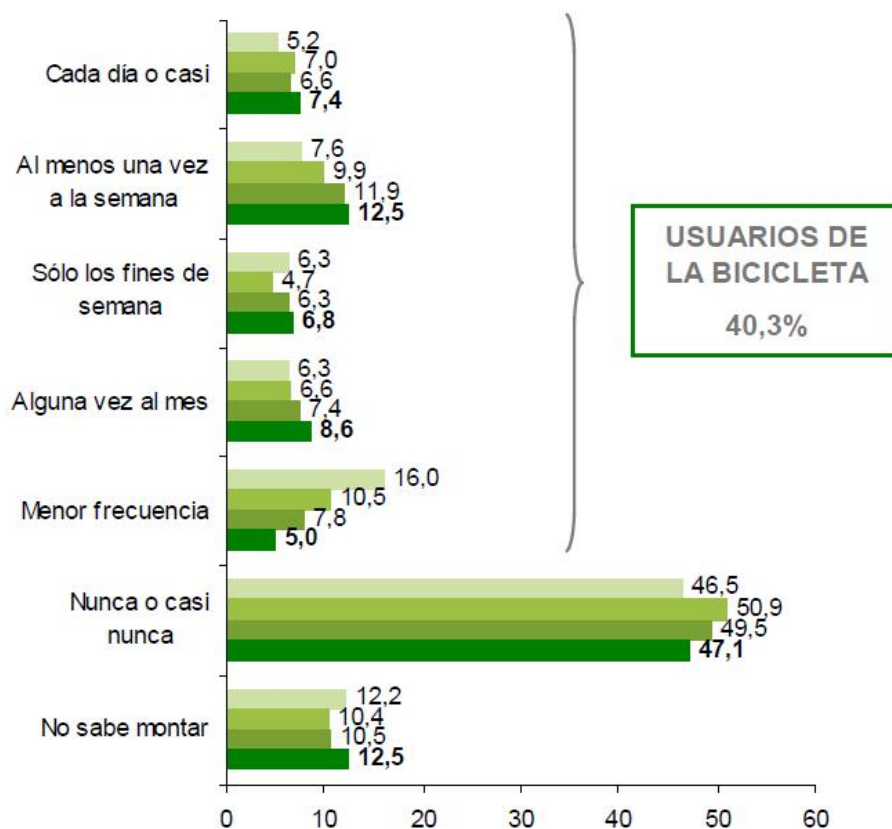
De todo lo anteriormente expuesto puede desprenderse que la promoción del uso de la bicicleta y los esfuerzos destinados a prevenir y evitar los accidentes en ciclistas revertirían no sólo en la salud de los usuarios de este vehículo, sino en el bienestar de toda la población.

2.1. LA SITUACIÓN EN ESPAÑA

En los últimos años está teniendo lugar en nuestro país una expansión progresiva del uso de la bicicleta. Las administraciones públicas, conscientes de ello, han empezado a trabajar ya en esta línea: en el año 2011, por ejemplo, el Observatorio Nacional de Seguridad Vial

publicó el informe *La movilidad segura de los colectivos más vulnerables* (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2011). En él se aborda la situación tanto de los ciclistas como de los peatones, haciendo énfasis en la legislación vial y en el urbanismo de las ciudades para mejorar la seguridad de los mismos. Dos años antes, en abril de 2009, el Consejo de Ministros había aprobado la Estrategia Española de Movilidad Sostenible (Ministerio de Fomento and Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009; Velázquez Andrés and Estebaranz Berzal, 2010), cuyo objetivo es “garantizar que nuestros sistemas de transporte respondan a las necesidades económicas, sociales y medioambientales, reduciendo al mínimo sus repercusiones negativas”. Como no podía ser de otra manera, el fomento de la bicicleta como medio de desplazamiento activo queda contemplado en dicho documento, de la mano de medidas como la creación de zonas prioritarias de aparcamiento y de acceso que permitan desplazar a un segundo plano al vehículo motorizado, la incentivación de sistemas públicos de alquiler en las ciudades o la mejora de la intermodalidad entre la bicicleta y el transporte colectivo.

Pese a este incremento en la exposición, palpable en la mayoría de las ciudades (Ediciones El País, 2014; El Mundo, 2015; Küster, 2013), en España aún no se dispone de datos oficiales a nivel nacional que refrenden esta percepción. El único documento que ofrece una información parecida es el Barómetro de la Bicicleta de 2011, elaborado en base a encuestas telefónicas a muestras representativas de la población (GESOP (Gabinet d'Estudis Socials i Opinió Pública, S.L.), 2011). En ellas se indaga acerca de la frecuencia de uso de la bicicleta, pero sin cuantificar la intensidad de exposición en términos de tiempo, distancia o viajes realizados. No obstante, y pese a sus limitaciones, en él también se alude a un aumento en la intensidad de uso de la bicicleta respecto a los años anteriores, incrementándose el número de españoles que declaran utilizarla diaria o semanalmente (Figura 5).

Figura 5: Frecuencia autodeclarada de uso de la bicicleta.

Fuente: GESOP (Gabinet d'Estudis Socials i Opinió Pública, S.L.), 2011

La accidentalidad ciclista sí se encuentra mejor recogida en nuestro país (aunque deben tenerse en cuenta la ausencia de notificación y la infranotificación anteriormente citadas), así como la morbilidad y la mortalidad. Según la DGT, en 2013 (último año del que existen datos), los usuarios de bicicleta se implicaron en 5835 accidentes de tráfico (Dirección General de Tráfico, 2014b). En ellos fallecieron 69 ciclistas, 646 resultaron heridos graves y 4779 sufrieron lesiones leves, tal y como se muestra en la tabla inferior (Tabla 1).

Tabla 1: Accidentes de tráfico con víctimas con bicicletas implicadas en vías urbanas e interurbanas, año 2013.

Tipo de vía	ACCIDENTES CONVÍCTIMAS		FALLECIDOS*	HERIDOS GRAVES		HERIDOS LEVES	
	Número	%	Número	Número	%	Número	%
Vías interurbanas	1.565	27%	45	297	46%	1.328	28%
Vías urbanas	4.270	73%	24	349	54%	3.451	72%
Total	5.835	100%	69	646	100%	4.779	100%

* No se muestra la distribución porcentual, por ser el número total inferior a 100.

Fuente: Dirección General de Tráfico, 2014b

El mayor número de ciclistas fallecidos se produjo en las vías interurbanas (45 de 69). No obstante, la mayoría de los accidentes con víctimas tuvo lugar en zona urbana (73%), donde también se dieron la mayor parte de las lesiones leves en ciclistas (72%) (Tabla 2) En zona urbana se produjeron asimismo 24 muertes, cinco más que el año anterior. Desafortunadamente, desde el año 2008 se observa una tendencia creciente en esta cifra, con la excepción de 2011. De entre estos 24 usuarios de bicicleta fallecidos, 21 fueron hombres y 3 mujeres (Dirección General de Tráfico, 2014c).

Tabla 2: Ciclistas fallecidos en vías urbanas por sexo, evolución 2004-2013.

Fallecidos	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Variación ¹ 2013/2012	Variación Interanual ¹ 2004-2013
Hombre	18	20	16	19	11	11	14	9	17	21	4	
Mujer	3	3	4	3	0	2	4	3	2	3	1	
Sin especificar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	21	23	20	22	11	13	18	12	19	24	5	

¹ Las diferencias se han calculado en % cuando el número de efectivos es mayor de 100 y en valores absolutos cuando el número es inferior a 100.

Fuente: Dirección General de Tráfico, 2014c

En el informe de la DGT también aparecen datos referentes a la utilización de servicios sanitarios: en el año 2013 fueron hospitalizados 349 heridos (un 30% más que en el año anterior). Al igual que en el caso de la mortalidad, la tendencia también va en ascenso desde el año 2006, exceptuando los años 2010 y 2011. Asimismo, es en la franja de mediana edad (35-64 años) donde se ha observado un mayor incremento. También se observó un aumento en el porcentaje de heridos leves respecto al año 2012 (un 9% más).

3. EPIDEMIOLOGÍA ANALÍTICA DE LAS LCT EN CICLISTAS

3.1. MODELOS CAUSALES DE LAS LCT

El estudio epidemiológico de las lesiones a consecuencia del tráfico es relativamente reciente en el tiempo, ya que corresponde a un problema de salud que se puede considerar novedoso

en la historia de la humanidad. A pesar de que ya en el año 1910 Ford comenzó a fabricar automóviles en cadena, la posesión de un vehículo a motor privado aún constituía un privilegio de las clases sociales más elevadas: tendría que transcurrir un tiempo para que este fenómeno llegara a expandirse. La motorización de la sociedad como forma de transporte empezó a normalizarse plenamente en Europa tras la II Guerra Mundial, a raíz de la reactivación económica. Fue entonces cuando comenzó a surgir la problemática del accidente.

En el siglo XIX, en pleno auge de los estudios microbiológicos, la epidemiología se dedicó a estudiar las enfermedades infecciosas (tuberculosis, cólera, etc.) y a desarrollar cadenas causales que explicaran por qué se producían. Es en el siglo XX cuando se añaden al estudio tanto las enfermedades crónicas (cáncer, enfermedades cardiovasculares, diabetes, etc.) como los accidentes, incluyendo los de tráfico. No obstante, hasta la década de los 60 los accidentes se consideraban un hecho puramente azaroso y eventual, derivado de las necesidades de desplazamiento de la población y, por tanto, inevitable. Fue unos años más tarde cuando William Haddon publicó una serie de trabajos en los que defendía que era posible prevenir las lesiones por tráfico (Haddon, 1980, 1973, 1972). Previamente, basándose en los modelos causales desarrollados para las enfermedades infecciosas, había esbozado uno que abordaba específicamente este problema de salud (Haddon, 1968). En dicho modelo, el agente causal es la energía liberada en el momento de la colisión (ya sea mecánica –a causa del movimiento del vehículo–, química o térmica), que se transfiere al individuo provocándole lesiones, al superar dicha transferencia de energía el umbral de tolerancia del organismo humano.

El modelo finalmente propuesto por Haddon distingue, además, los siguientes factores: aquellos relacionados con el individuo (características sociodemográficas, estado de salud, etc.), aquellos relacionados con el vehículo (tipo, medidas de seguridad pasiva, etc.) y aquellos relacionados con el entorno (infraestructuras, factores socioeconómicos y legislativos). Por último, también establece tres fases importantes en el desarrollo temporal del evento: fase pre-colisión, en la que se hace referencia a los factores que actúan de forma previa al accidente de tráfico; fase de la colisión, que se refiere a los factores que actúan en el momento de la misma; y fase post-colisión, en la que se incluyen aquellos factores que modifican el pronóstico de las lesiones producidas una vez que el accidente ha tenido lugar. Combinando todo lo anterior se obtiene un casillero constituido por 12 celdas, la denominada matriz de Haddon (Figura 6).

Figura 6: Matriz de fases y factores implicados en los accidentes de tráfico.

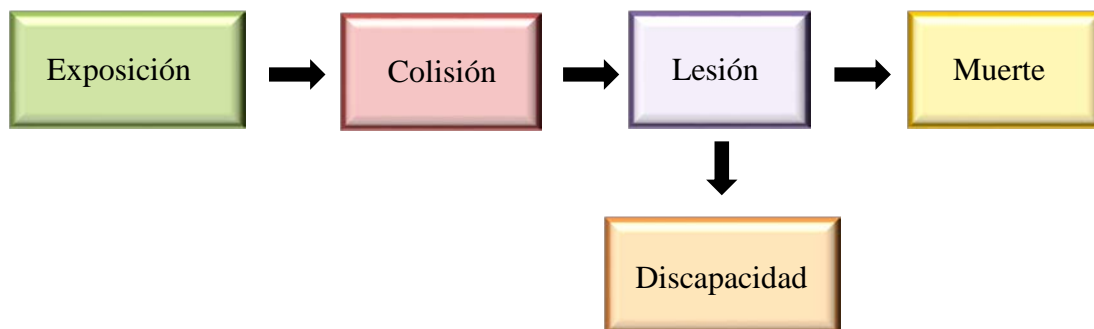
		FACTORES			
		Individuo	Vehículo	Ambiente	Entorno socioeconómico
FASES	Pre-colisión	Características sociodemográficas Nivel de experiencia Condiciones psicofísicas Exceso de velocidad	Tipo (bicicleta, turismo, etc) Antigüedad Defectos previos	Tipo de vía Estado de la vía Iluminación y señalización Horario nocturno	Existencia de legislación sobre límites de velocidad, consumo de alcohol y drogas, etc.
	Colisión	Edad y sexo Exceso de velocidad Medidas de seguridad	Tipo de colisión Medidas de seguridad activa y pasiva	Objetos en la vía que empeoren el accidente (por ej. guardarraíles inadecuados)	Cumplimiento de las medidas legislativas
	Post-colisión	Condiciones físicas	Peligro de incendio o explosión Capacidad de extracción	Comunicación con los servicios de urgencias Proximidad a la asistencia Rapidez y calidad asistencial	Formación del personal sanitario en la asistencia a heridos Existencia de recursos materiales

Fuente: Adaptado de Haddon, 1980

El modelo pone de manifiesto la importancia de controlar la transferencia de energía tanto al individuo como al medio, ya que, como se ha comentado anteriormente, es el agente causal en la generación de la lesión. Además, de la configuración de la matriz se desprende la posibilidad de ejercer otras medidas preventivas que eviten o reduzcan el impacto negativo en la salud del individuo que sufre la colisión. Es posible actuar en múltiples frentes y en diferentes etapas temporales, ampliándose el abanico de posibilidades para minimizar la lesión. Queda claro, pues, que las lesiones por tráfico no son accidentales.

La temporalidad a la que hace referencia Haddon queda bien reflejada en el modelo de secuencia temporal propuesto por Seguí-Gómez y colaboradores (Seguí-Gómez et al., 2007). Se trata de una cadena compuesta por una serie de eslabones, como se muestra a continuación (Figura 7).

Figura 7: Cadena epidemiológica de los accidentes de tráfico.



Fuente: Seguí-Gómez et al., 2007

Como puede verse, la existencia de cada uno de los eslabones es una condición imprescindible para que el resto de la cadena pueda desarrollarse. De esta forma, hay que estar necesariamente expuesto al tráfico para sufrir una colisión, lo que a su vez es una condición necesaria para que se produzca una lesión, mientras que el desenlace de la cadena (pudiendo ser este la muerte, la discapacidad temporal o permanente o la recuperación) se basa en que haya ocurrido dicha lesión con anterioridad. El planteamiento que subyace es que, simplemente eliminando uno de los eslabones, se truncaría la cadena, evitándose así las consecuencias adversas en la salud. Siguiendo con el razonamiento, parece lógico pensar que cuanto antes se actúe, mejor: eliminando la colisión se evitaría la posibilidad de lesiones,

pero eliminando la exposición podría evitarse incluso el riesgo de que se produzca una colisión. Sin embargo, no debe olvidarse que la bicicleta es un medio de transporte que interesa promocionar debido a los contrastados beneficios que provoca en la salud, tanto individual como social (Fishman et al., 2015; Hendriksen et al., 2010; Rojas-Rueda et al., 2011). Por tanto, en este caso romper la cadena en este primer eslabón no es deseable, sino todo lo contrario.

3.2. FACTORES DE RIESGO DE LAS LCT EN CICLISTAS

Aunque las lesiones a consecuencia del tráfico en ciclistas no han sido estudiadas con tanta profundidad como las de otros usuarios de la vía, en los últimos años ha tenido lugar un aumento importante de la bibliografía al respecto. Introduciendo en la base de datos Scopus la ecuación de búsqueda (*epidem* OR risk*) AND (*road crash* OR accid* OR traffic crash**) AND (*bicycle OR cyclist**) puede observarse cómo desde el año 1999 hasta la actualidad el número de trabajos publicados ha ido aumentando de forma sustancial, tal y como puede comprobarse en la Figura 8.

Figura 8: Evolución anual del volumen de artículos publicados acerca de los factores de riesgo de ciclistas accidentados, 1999-2014.



Fuente: Scopus Database (introduciendo la ecuación de búsqueda anterior)

Se consideran *factores de riesgo* todos aquellos que actúen en cualquiera de los cuatro eslabones de la cadena causal anteriormente expuesta. De esta forma, pueden obrar modificando la exposición, la accidentalidad, la transferencia de energía y el pronóstico de la lesión; en base a ello, cada factor tendrá un efecto diferente en función del eslabón sobre el que actúe. En este sentido, es preciso destacar que la mayoría de los factores estudiados hasta el momento han valorado especialmente su efecto sobre los dos últimos eslabones de la cadena (lesión y muerte), mientras que han sido escasos los estudios que han analizado el efecto de dichos factores sobre la accidentalidad (ajustando por la exposición) y sobre la exposición, por las dificultades que se han comentado previamente.

Otro aspecto importante es la escasez de trabajos que abordan el efecto diferencial de los factores de riesgo en función del tipo de accidente (simple o múltiple). La relevancia del tema radica en que un mismo factor puede actuar de forma diferente en cada caso. Por ejemplo, el consumo de alcohol se asocia al riesgo de accidente múltiple (aquel en el que existe al menos otro vehículo implicado además de la bicicleta), probablemente debido a la pérdida de capacidad de reacción del ciclista, lo que favorece la colisión. Pero además también se asocia al riesgo de accidente simple (aquel en el que la bicicleta es el único vehículo involucrado), aunque en este caso la razón fundamental es la poca estabilidad al montar derivada del consumo, que ocasiona caídas (Andersson and Bunketorp, 2002; BÍl et al., 2010; Hartung et al., 2015, 2014). Como puede verse, aunque el factor de riesgo es el mismo en las dos situaciones, el mecanismo para que se produzca el accidente es diferente y debe conocerse.

Por otra parte, otra circunstancia que se ha planteado escasamente en trabajos previos es la importancia de los factores asociados al otro vehículo y a su conductor en el caso de una colisión múltiple. Por esta razón, todos los descritos a continuación son factores asociados únicamente al ciclista y a su bicicleta, ya que han sido los más extensamente estudiados en la bibliografía sobre el tema.

La edad tiene una gran importancia. Según se ha descrito, la asociación con el riesgo de sufrir un accidente parece seguir un patrón en forma de U, presentando los niños y las personas de edad avanzada el riesgo más elevado (Rivara et al., 2015). En ambos casos puede achacarse al desconocimiento de las normas de tráfico: los niños debido a su corta edad y a la consecuente inexperiencia, y los ancianos por falta de actualización sobre las mismas, a lo que se uniría la pérdida de visión y audición, una capacidad de reacción

disminuida, etc. No obstante, las personas de edad avanzada suelen compensar este riesgo con patrones de conducción más cautos, lo que unido a su mayor experiencia puede contribuir a disminuir su riesgo de accidentalidad (Maring and van Schagen, 1990).

El sexo es un factor que tampoco puede obviarse. En general, se ha descrito que el hecho de ser mujer otorgaría un discreto efecto protector frente al riesgo de accidentarse, que podría ser explicado tanto por su menor exposición respecto al varón como por sus patrones de conducción, que suelen ser más defensivos y cautos debido a su mayor percepción de riesgo (Félonneau et al., 2013; Lusk et al., 2014; Twaddle et al., 2010). En esta misma línea, también se ha comprobado que las mujeres son menos proclives a adoptar comportamientos de riesgo como saltarse semáforos en rojo y consumir alcohol, amén de haberse observado que su velocidad de circulación suele ser menor que la de los hombres (Johnson et al., 2010).

Al igual que ocurre con el resto de usuarios de la vía, el consumo de alcohol y drogas también se asocia en los usuarios de bicicleta con el riesgo de sufrir un accidente (Andersson and Bunketorp, 2002; Depreitere et al., 2004; Hartung et al., 2014) especialmente del tipo colisión simple, debido a la pérdida de habilidades psicomotoras necesarias para montar manteniendo el equilibrio, que suele traducirse en caídas. Además, la sensación de confianza derivada del consumo puede dar lugar a una serie de comportamientos de riesgo, como conducir de noche, con malas condiciones de seguridad o prescindiendo del casco (Orsi et al., 2014).

Precisamente, el uso del casco es un factor objeto de controversia. Frente a su efecto protector en una caída o colisión (Cripton et al., 2014; Depreitere et al., 2004; Hamilton and Stott, 2004), también se ha argumentado que su uso puede resultar más perjudicial que beneficioso, en función del tipo de caída. A ello se suma el hecho de que la existencia de

políticas coercitivas que obliguen a su empleo podría tener un efecto disuasorio sobre el uso de la bicicleta en la población, lo que a su vez repercutiría en el fenómeno *safety in numbers*, haciéndose más insegura la práctica ciclista debido a la disminución de usuarios circulantes (Bateman-House, 2014; Hynd et al., 2011; Robinson, 2007).

Ser un tipo de ciclista u otro también puede marcar la diferencia en el riesgo de sufrir un accidente. Parecer ser que los ciclistas profesionales (deportistas federados o personas que utilizan la bicicleta para trabajar, por ejemplo los ciclomensajeros) tienen un menor riesgo de accidentarse debido principalmente a su mayor experiencia, que les hace reaccionar automática y adecuadamente ante situaciones inesperadas del tráfico. Además, se ha descrito que, a pesar de que los deportistas suelen entrenar en carretera y a velocidades relativamente elevadas (circunstancias que también se consideran factores de riesgo), el hecho de ir en pelotón con varios compañeros podría protegerles del resto de vehículos (Heesch et al., 2011).

Las condiciones de visibilidad del ciclista por parte del resto de usuarios de la vía (ya sea mediante el uso de prendas claras/reflectantes o mediante las luces de la bicicleta) también constituyen un factor importante de protección, y han sido discutidas en bastantes estudios previos (Hagel et al., 2014; Miller et al., 2010; Wood et al., 2012).

Además de los factores aquí mencionados, que son los que más se han estudiado hasta el momento, con el auge del uso de la bicicleta están surgiendo nuevos factores de riesgo que hasta hace poco sólo se describían para otros usuarios, principalmente conductores de turismo: uso de teléfono móvil, manejo de dispositivos electrónicos como GPS, uso de auriculares, etc. (De Waard et al., 2014, 2010). Hasta la fecha, en España la investigación

sobre este tema ha sido casi inexistente, un hecho que sería deseable cambiar de cara al aumento de exposición que se ha comentado anteriormente.

Mediante el estudio de estos factores y de otros que probablemente irán surgiendo según se normalice el uso de la bicicleta en nuestro país, será posible desarrollar políticas que reduzcan el impacto negativo que producen los accidentes de bicicleta en la salud de la población.

3.3. LA SITUACIÓN EN ESPAÑA

En nuestro país la epidemiología analítica de los accidentes de tráfico que implican a bicicletas ha sido escasamente estudiada hasta el momento, según nos consta. Para confirmarlo, se realizó una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos (Scopus, PubMed y Web of Science) introduciendo la ecuación anterior y restringiendo los resultados a España. Tal y como se esperaba, estos fueron muy limitados. Entre ellos se encontraron los artículos que forman parte de esta Tesis Doctoral, de los que se hablará en profundidad más adelante (Martínez-Ruiz et al., 2015a, 2015b, 2014a, 2014b, 2013), así como dos trabajos de años anteriores, también de la autoría de nuestro grupo de investigación, que tratan el efecto del uso de casco en los ciclistas (Lardelli-Claret et al., 2003a, 2003c).

Los artículos restantes no realizan un enfoque analítico, sino que se centran mayoritariamente en el impacto en salud de esta forma de desplazamiento y en las políticas urbanas (Rabl and de Nazelle, 2012; Rojas-Rueda et al., 2013, 2011), mientras que otros lo hacen en el ámbito de la epidemiología descriptiva (González Landa et al., 1990; Vázquez-Barquero et al., 1990; Vilalta et al., 1992). También hay trabajos que abordan el tema de las

lesiones en este colectivo, pero desde el punto de vista de la alta competición y el uso intensivo de la bicicleta, por lo que quedan fuera de nuestro campo de estudio (Barrios et al., 1997; Bernardo et al., 2012). Además, es importante destacar que son pocos los trabajos que se centran exclusivamente en los ciclistas, ya que en muchas ocasiones son estudiados junto con otros usuarios de la vía (Fierro Urturi et al., 2013; Santamariña-Rubio et al., 2014). En cualquier caso, parece quedar claro que existe un déficit de estudios que analicen los factores que afectan a los usuarios de bicicleta en cualquiera de los puntos de la cadena epidemiológica y que, dada la expansión del uso de este medio de transporte en los últimos años, abordar este tema constituye una necesidad.

II. JUSTIFICATION

II. JUSTIFICATION

The facts that justify initiating a line of research devoted to the study of the analytical epidemiology of the likelihood of involvement in a traffic accident for cyclists in Spain can be summarized in the following points:

1. Foreseeable evolution of the health problem. As explained in the first part of this Doctoral Thesis, high rates of bicycle use are known to be related with high rates of cyclist morbidity and mortality, unless the cycling environment is made safer through the implementation of appropriate road safety measures (Short and Caulfield, 2014). In recent years Spain has witnessed an increase in the amount of exposure to bicycle use, and despite current efforts to ensure that cyclists are provided with safe, cycling-friendly environments (Junta de Andalucía. Consejería de Fomento y Vivienda, 2014; Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2011), data provided by the DGT in recent years reflect a trend toward higher morbidity and mortality due to traffic accidents among cyclists, linked to this increased exposure (Dirección General de Tráfico, 2014b) (Dirección General de Tráfico, 2014c). In view of the current situation, unless preventive actions are taken to reduce morbidity and mortality, the volume of bicycle users who will be injured or killed in Spain will continue to rise in the coming years, as bicycle use increases.

2. Absence of earlier research. In addition, the theoretical approach explained in the Introduction to the study of risk factors linked to morbidity and mortality due to traffic accidents in cyclists, i.e. the epidemiological causal chain (Seguí-Gómez et al., 2007), has rarely been applied to date, particularly in connection with the first two links: intensity of exposure and likelihood of involvement in an accident. This situation is of particular concern

in Spain, where epidemiological research on traffic-related injuries (TRI) in cyclists is practically nonexistent.

On the basis of the two preceding points, there appears to be a clear need to raise the following questions, which remain unanswered at this time:

What is the user profile of cyclists in Spain in terms of age and gender? Has it changed with time, as suggested by what little data are now available?

What are the main risk factors that contribute to the likelihood that a cyclist will be involved in a simple (i.e., a collision or other type of accident in which only the cyclist was involved) or multiple traffic accident? In addition to the risk factors connected with cyclists themselves, what factors can be identified among those that depend on other road users and on the environment? Is the effect of these factors the same effect after adjustment for exposure?

Why do mortality rates from traffic accidents in cyclists differ among age and gender groups? To what extent are these differences a reflection of differences in the intensity of exposure, likelihood of involvement in an accident, or fatality?

Finally, the most important question: Is it possible to answer the questions raised above on the basis of available sources of information and strategies for analysis? When we established the grounding for this research, the following facts (points 3 and 4) led us tentatively to the conclusion that an answer could indeed be obtained. Ultimately, therefore, these questions justify the research done for this Doctoral Thesis based on the hypotheses and aims described in the next sections.

3. Availability of sources of information. In Spain, thanks to support from the General Traffic Directorate (*Dirección General de Tráfico*, or DGT), we had access to their registry of traffic accidents with victims, which includes accidents in which cyclists were involved. Although the shortcomings of this type of police-based registry have been described previously (selection bias linked to under-reporting of minor accidents, and information bias resulting from the poor quality of some variables used in the registry) (Juhra et al., 2012; Langley et al., 2003; Watson et al., 2015), they are not without their advantages – features that make these registries potentially useful for epidemiological research:

- Wide geographical coverage (the entire country) and extensive time-span covered by the records (going back to 1993).
- Relevant information on variables related to the environment, vehicles and persons involved in traffic accidents, including the outcome of greatest interest, i.e. the number of deaths (specifically among cyclists, for this Thesis) caused by each accident.
- Although the internal validity of the results of analyses based on this registry is restricted to cyclists who are well represented (i.e. cyclists who were killed or seriously injured as a result of a traffic accident), it is precisely this subgroup of accidents for which the need to identify risk factors is greatest in order to establish priorities for preventive actions.

4. Availability of appropriate strategies for analysis. As explained in the previous section, specific characteristics of the motor vehicle and the bicycle can make it difficult to quantify exposure in a rigorous manner (in terms of distance traveled or duration of the journey). We found that few studies investigated exposure directly, because of the difficulties and high

costs involved (Mindell et al., 2012; Poulos et al., 2012). However, although exposure per se cannot be measured, there are strategies for analysis that make it possible to adjust the effect of exposure for the risk of involvement in a traffic accident. The quasi-induced exposure method (Chandraratna and Stamatiadis, 2009; Jiang et al., 2014) has been widely used for this purpose in studies of other subgroups of traffic accidents and road users (Braitman et al., 2014; Brar, 2014; Clarke et al., 2006; Cooper et al., 2010; Curry et al., 2014; Drummer et al., 2004; Gómez-Méndez and Aparicio-Izquierdo, 2010; Hing et al., 2003; Lardelli-Claret et al., 2011, 2006b, 2005; Lenguerrand et al., 2008; Salmi et al., 2014; Stamatiadis et al., 1999). To date, however, this method has not been applied to the relationships between traffic accidents and cyclists. Moreover, the applicability of this method makes it possible, once the quasi-induced exposure analysis is completed, to use another strategy for analysis that is particularly apt for quantifying the relative contribution of each of the three links in the causal chain of traffic accident-related injuries (TRI) in cyclists: decomposition analysis. As noted above with regard to quasi-induced exposure methods, decomposition models have been widely used for other types of accidents and road users (Cicchino, 2015; Dellinger et al., 2002; Goldstein et al., 2011; Hermans et al., 2006; Li et al., 2003, 1998; Zhu et al., 2013; Zwerling et al., 2005). However, this approach has rarely been used for accidents involving cyclists (Li and Baker, 1996), and to date it has never been used for this purpose in the population of cyclists involved in traffic accidents in Spain.

III. HYPOTHESIS

III. HYPOTHESIS

The hypothesis that underlies this line of research is that, taking into account the limitations inherent in source of information and the analytical strategies used here, an appropriate analysis of the DGT-maintained registry of traffic accidents with victims in which cyclists were involved will provide answers to the questions raised above in the Justification section.

The *a priori* hypotheses that underlie these questions are as follows:

1. The pattern of bicycle usage differs between men and women depending on age. The increasing intensity of exposure with time should lead to an attenuation of these differences.
2. The differences between cyclists in the likelihood of involvement in an accident depending on age group and gender should be attenuated when intensity of exposure in each group is considered.
3. Once intensity of exposure is accounted for, there are risk factors that are dependent on characteristics of the cyclist, bicycle and environment that influence the likelihood of involvement in an accident. The effect of these factors is expected to differ depending on the type of accident (simple or multiple).
4. In addition to the factors noted above, other vehicle-, driver- and pedestrian-related factors are predicted to affect the risk of a collision between a cyclist and a motor vehicle or between a cyclist and a pedestrian.

5. Mortality rates from traffic accidents involving cyclists differ depending on age and gender. These differences are expected to depend on the association of these two factors with each of the three links in the causal chain of traffic accident mortality: exposure, likelihood of involvement in an accident and fatality.

To test these hypotheses, the aims listed below were chosen as the focus of this research.

IV. OBJECTIVES / OBJETIVOS

IV. OBJECTIVES

OVERALL AIM

To quantify, in Spain, between 1993 and 2011, the magnitude of the effect of person- and vehicle-dependent factors recorded in the DGT registry of traffic accidents with victims, on three links in the causal chain of injuries sustained by cyclists as a result of traffic accidents: exposure, likelihood of involvement in an accident and fatality.

SPECIFIC AIMS

1. To quantify the association of age and gender with the intensity of bicycle use, in overall terms and stratified for different usage patterns, and to determine the temporal trends in this association.
2. To estimate the changes in the magnitude of association of age and gender with risk of involvement in a traffic accident while cycling before and after adjustment for intensity of bicycle use.
3. After adjustment for the effect of intensity of exposure, to quantify the association of the following factors with the risk of causing a traffic accident

involving a cyclist, in overall terms and according to the type of accident (simple accidents or collisions with a motor vehicle or a pedestrian):

3.1. Cyclist- and bicycle-dependent factors

3.2. Vehicle- and driver-dependent factors

3.3. Pedestrian-dependent factors

4. To quantify the percent contribution of each of the three links in the causal chain (exposure, likelihood of involvement in an accident and fatality) to differences between age and gender groups in mortality rates from traffic accidents involving cyclists.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Cuantificar, en España, entre 1993 y 2011, la magnitud del efecto de los factores dependientes de las personas y de los vehículos, recogidos en el registro de accidentes de tráfico con víctimas de la DGT, sobre tres de los eslabones de la cadena causal de las lesiones por tráfico en ciclistas: exposición, accidentalidad y mortalidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Cuantificar la asociación de la edad y el sexo con la intensidad de circulación en bicicleta, de forma global y estratificada en función de los distintos patrones de uso, así como la evolución temporal de dicha asociación.
2. Estimar los cambios en la magnitud de la asociación de la edad y el sexo con el riesgo de sufrir un accidente de circulación en bicicleta, en función de que se ajuste o no por la intensidad de uso de este medio de transporte.
3. Una vez ajustado el efecto de la intensidad de exposición, cuantificar la asociación de los siguientes factores sobre el riesgo de provocar un accidente

en el que intervenga un ciclista, de forma global y en función del tipo de accidente (accidentes simples o colisiones con otro vehículo a motor o un peatón):

- 3.1. Factores dependientes del ciclista y su bicicleta.
- 3.2. Factores dependientes del otro vehículo implicado y su conductor.
- 3.3. Factores dependientes del peatón.

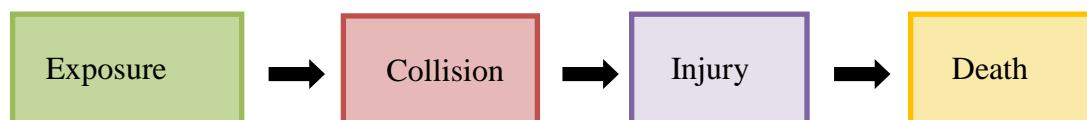
4. Cuantificar la contribución porcentual de los tres eslabones de la cadena causal (exposición, accidentalidad y letalidad), sobre las diferencias existentes por grupos de edad y sexo en las tasas de mortalidad por accidentes de tráfico en ciclistas.

V. METHODS

V. METHODS

This section will describe the overall methodology used for this Doctoral Thesis; the methods will be reported in more detail in the published articles this dissertation comprises. The methodology is grounded on the theoretical precepts of the causal chain proposed by Seguí-Gómez and colleagues (2007), which are explained in the Introduction section of this thesis (see p.27). Because of its relevance for understanding the logical sequence of analyses presented here and described in greater detail in the next section, the chain is illustrated below. The scheme omits the link for disability shown in the original figure, since disability was not among the outcomes investigated for this thesis.

Figure 9: Epidemiological chain of traffic accidents



Adapted from Seguí-Gómez et al., 2007

As noted in the Justification section, the three elements common to most studies this Doctoral Thesis comprises are the source of information (the DGT Registry of Traffic Accidents with Victims) and the two main strategies for analysis (quasi-induced exposure and decomposition models). The fourth element to be described here is the computer- and

software-based method for statistical analysis. The following sections describe these four elements.

1. SOURCES OF INFORMATION. THE DGT REGISTRY OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH VICTIMS

Although three of the five published articles also used the population statistics available as of 1 January from the National Statistics Institute (INEBase) as a data source for the number of inhabitants in Spain by gender, age and year, the main source of information for all studies was, as noted, the *Registry of Traffic Accidents with Victims* maintained by the General Directorate of Traffic (DGT) in Spain. The regulations this registry is subject to are set forth in the Order of 18 February 1993 (BOE for 24 February 1993), [BOE stands for *Boletín Oficial de Estado*, the parliamentary record of the Spanish Government] which was revised and updated by the Order of 27 October 2014 (BOE for 29 November 2014), which regulates the communication of the information held in the Registry.

This legal text establishes that information regarding traffic accidents must be submitted to the National Registry of Traffic Accidents with Victims by officers of the authority responsible for traffic policing and control, and that this information will be gathered at the scene of the accident and entered onto a standard form (shown at the Appendix). The form must be submitted to the Registry within 24 hours for accidents that result in 1 more deaths or 1 or more injuries requiring hospitalization. If there are no deaths or injuries that require hospitalization, traffic officers have up to 10 calendar days to submit the form for traffic

accidents with victims with the minimum data that must be filed within this period. However, the fully completed form must be submitted within 1 month of the date of the accident. During this period the information obtained can be submitted as it becomes available, until the form is completed. Currently, the information is submitted electronically in accordance with the information technology protocols established by the person responsible for the Registry and in compliance with regulations for information security, conservation and standardization.

It is important to note that the information recorded in the Registry is structured in three main sections or subregistries: *general information or information about the accident*, *information about the vehicles* and *information about the persons involved in the accident*.

The specific items in each section are listed below.

a) General information

- Accident identification code
- Time
 - Month
 - Hour
 - Day of the week
 - Type of day: holiday, day before or after a holiday, work day
- Location
 - Province
 - Island

- Municipality
- Total number of victims, deaths, severely injured, slightly injured, and vehicles involved
- Road information
 - Name of the roadway where the accident occurred
 - Zone: open road, urban area, major roadway through an urban area, expressway, beltway or ring road
 - Institution responsible for road maintenance: central government, autonomous region, province (provincial councils in different autonomous regions, e.g. the *Diputación, Cabildo* or *Consell*), municipality, other
 - Distance in kilometers or hectometers from the origin of the roadway
 - Direction: away from the center of the country, toward the center of the country (in Spain, measured as the distance from the so-called Kilometer Zero in Madrid), not specified)
 - Traffic intensity (Number of vehicles on the road per 1000 inhabitants): >100, 50-100, 5-50, 1-5, <1
 - Type of road: national expressway, regional expressway, two-lane highway with a higher marked or unmarked speed limit and no intersections with similar roadways, private roads or service roads, train tracks or trolley/tram tracks, conventional two-lane highway with a slow lane, conventional two-lane highway, paved or unpaved one-lane local or rural road, service road, entrance and exit ramp or connecting road, other
 - Number of lanes

- Total width of lanes in each direction: <5.99 m, 6-6.99 m, ≥ 7 m
- Width of each lane: >3.75 m, 3.25-3.75 m, <3.25 m
- Presence and type of shoulder: none or impracticable, <1.50 m, 1.50-2.49 m, ≥ 2.50 m, paved, unpaved
- Safety elements in the road: median strip between lanes in each direction, guard rails, arrows, roadside reflectors (delineators), road stud reflectors
- Roadway trajectory: straightaway, gentle curve, unmarked sharp curve, marked sharp curve without posted speed limit, marked sharp curve with posted speed limit
- Presence and type of intersection: with a two-lane highway, with a street, T or Y configuration, X or + configuration, entrance ramp, exit ramp, traffic circle, others
- Characteristics of the intersection: no special features, island or pedestrian crossing only in secondary road, pedestrian crossing or island in the center of the main road, central stopping or waiting lane, split (“hamburger”) traffic circle for left turn, other type
- Traffic flow: smooth, heavy, congested
- Special traffic measures in effect: reversible lane, shoulder used as lane, other measure, no special measure
- Surface condition: dry and clean, shaded, wet, iced, snow, slick formed from water + dirt + oil, loose gravel, oil, other type
- Other roadway circumstances: railroad crossing, lanes merged or narrowed, uphill or downhill slope, steep downhill slope, marked slippery surface, speed bump, curb, roadworks, potholes, flooding, inverted banking angle, end of slow lane, other, none
- Presence of sidewalks

- Presence of trees: indicate the distance in meters from the line of trees along the shoulder, if present
- Right-of-way regulated by: traffic officer, traffic light, stop sign, yield sign, speed limit and road signs only, pedestrian crossing, other signage, no signage
- Road signs: absent or illegible, only to separate lanes, lanes and shoulders separated, only shoulders separated
- Danger or caution signs: present, absent, unnecessary (no danger)
- Visibility of vertical signs (if present): good, poor, no visibility, no vertical signage
- Information related to environmental conditions at the time of the accident
 - Atmospheric factors: fair weather, heavy fog, light fog, light rain, heavy rain, hail, snow, strong winds, other
 - Light: broad daylight, twilight, sufficient light (night), insufficient light (night), no light (night)
 - Visibility limited by: buildings, terrain, vegetation, atmospheric factors, sun glare, dust or smoke, other cause, no limitations
- Type of accident: collision between moving vehicles (frontal, front-to-side, lateral, rear-end, multiple or chain reaction), collision between a single vehicle and an obstacle on the road (stopped or broken down vehicle, guard fence, train crossing barrier, other object or material), collision with a pedestrian (with a bicycle, repairing vehicle, lone pedestrian or group of pedestrians, animal herder, animal being driven as part of a flock or herd, lone animal), vehicle overturned on road, running off the road on the right or left (collision with a tree or post, collision with a wall or building, collision with a

shoulder, curb or ditch running along the shoulder, other type of collision, vehicle rolled down incline, vehicle overturned, vehicle upright, other), other type of accident

- Identification of possible concurrent factors (as judged by the traffic officer): distraction, driver's lack of experience, alcohol or drugs, fatigue, drowsiness or illness, inappropriate speed, traffic infraction, condition of the road, condition of the signage, roadworks, vehicle in poor repair, mechanical breakdown, adverse weather conditions, other factor, no clear opinion

b) Vehicle-related information

- Color of vehicle: yellow, blue, beige, white, gray, brown, orange, black, red, pink, green, purple
- Type of vehicle: nonmotorized bicycle or tricycle, motorcycle or motor scooter with an engine no larger than 50 cc, passenger car adapted for differently-abled drivers, motorcycle with an engine larger than 50 cc, passenger vehicle seating up to 9 persons, passenger car (with or without trailer), ambulance, construction and farm machinery, farm tractor (with or without trailer), truck ≤ 3500 kg (with or without trailer), truck ≥ 3500 kg (with or without trailer), van, tanker truck (with or without trailer), articulated vehicle, regularly-scheduled bus, school bus, other bus, train, carriage, cart, or other animal-drawn vehicle, other vehicles, unknown
- Vehicle condition: no apparent defects, tires worn, blow-out, tire or wheel lost, lights (front or rear) not operating correctly, brakes not operating correctly, steering broken or not operating correctly, overloaded, load incorrectly secured, other deficiencies, unknown

- Type of driver: professional (self-employed or employee), military vehicle, rented vehicle (self-driven), private vehicle, unknown
- Reason for travel: work-related, traveling to or from work, leaving for or returning from vacation, leaving for or returning from holiday or long weekend, emergency, leisure, other
- Foreseen distance of journey: local (<50 km), medium distance (50-200 km), long distance (>200 km), unknown
- Transporting dangerous materials: explosives, radioactive substance, inflammable material, other dangerous merchandise
- Vehicle burned: yes, no
- Driver's nationality: Spain, Portugal, France, Morocco, Germany, Great Britain, Italy, Switzerland, Belgium, The Netherlands, USA, other northern African countries, other countries, unknown
- Driver's actions: following a planned route, passing on the right, passing on the left, turning or turning onto a different road from the right, or from the left, U turn, entering traffic from a different road or entrance ramp, crossing an intersection, parked or pulling out from a parked position, driving in reverse, sudden maneuver to avoid an obstacle or vehicle, sudden maneuver to avoid one or more pedestrians, sudden reduction in speed, slow driving due to heavy traffic, stopped or parked (driver not present), abandoning the scene, other.

c) Information about the persons involved in the accident

- Identification of the vehicle the person was traveling in, or identification of the pedestrian: first vehicle, second vehicle (etc.), pedestrian
- Position in the vehicle: driver, front-seat passenger, rear-seat passenger (left, right or center), driver of a two-wheeled vehicle, passenger of a two-wheeled vehicle, other seated passengers, other standing passengers
- Use of safety accessories: seat belt, car seat for infant or child, helmet, reflectors, none, unknown
- Seriousness of the injury: deceased, severe injury, slight injury, uninjured, unknown
- Location of injuries: head, face, neck, chest, back, abdomen, upper limbs, lower limbs, whole body, unknown
- Type of driver's license (Specify also whether the driver has no license or whether the license held does not authorize driving the type of vehicle involved.)
- Year drivers' license was issued
- Prior limitations in physical abilities: no known limitation, vision, hearing, upper limbs, lower limbs, other, unknown
- Psychophysical conditions: apparently normal, alcohol with no alcohol test, alcohol with positive alcohol test, drugs, sudden illness, drowsiness or sleepiness, fatigue, worried, unknown
- Age
- Gender
- Pedestrian infraction: failure to obey pedestrian crossing sign, failure to use pedestrian crossing, failure to obey traffic officer's instruction, entering or crossing

motor vehicle traffic illegally, occupying or moving along a motor vehicle traffic lane or shoulder illegally, entering or exiting a vehicle illegally, other infractions, no infraction

- Pedestrian actions: crossing in intersection, crossing motor vehicle traffic outside an intersection, occupying shoulder (on pedestrian's right or left), occupying motor vehicle lane (on pedestrian's right or left), working in motor vehicle lane, repairing vehicle, entering or exiting vehicle, on sidewalk or in a pedestrian refuge area, other
- Speed-related infraction: inappropriate speed for existing conditions, driving over the speed limit, slow driving that interferes with traffic, none, unknown
- Administrative infraction: not in possession of the appropriate driver's license, expired license, excess passengers or load, expired or missing vehicle technical inspection certificate, tachograph not inspected and approved, none, unknown
- Driver infraction: driving while distracted or inattentive, incorrect use of lights, driving in the wrong direction for the lane or road, partially crossing into a lane with oncoming traffic, incorrect turn, illegal passing, zig-zagging, failure to maintain minimum safety distance behind the vehicle ahead, unjustified braking, failure to grant right-of-way, failure to obey traffic lights, failure to obey stop sign, failure to obey yield sign, failure to stop at a pedestrian crossing, failure to obey other traffic sign or police instructions, failure to indicate intention, or indicating intention incorrectly, entering traffic flow recklessly, stopped in a no-stopping zone or a dangerous place, driving alongside a bicycle, motor scooter or motorcycle, cyclist, motor scooter or motorcycle being driven outside the correct lane, opening door into traffic without due precaution, other infraction, no infraction

According to current regulations, the Registry is intended to be used for statistical and research purposes. Current legislation further establishes that the information submitted to the Registry can be used to prepare national statistics for traffic accidents with victims, the results of which make it possible to create interventional programs and evaluate measures adopted.

2. QUASI-INDUCED EXPOSURE METHOD

The quasi-induced exposure method is an indirect approach used to adjust estimates of the likelihood of involvement in an accident according to the intensity of exposure. In other words, this method makes it possible to compare the risk of involvement in a traffic accident in two subgroups of people with the same exposure to risk. The approach is especially useful in research on cyclists, given the challenges in quantifying their exposure with direct estimate methods, as noted earlier.

The quasi-induced exposure method was originally proposed by Thorpe (Thorpe, 1967) and subsequently modified and extended by several research groups (Haight, 1971; Lenguerrand et al., 2008; Robertson and Drummer, 1994; Stamatiadis and Deacon, 1997). The original version consisted of selecting collisions between two vehicles in which only one was responsible for the collision. These collisions are usually termed “clean” collisions. The method is based on the assumption that if the drivers responsible for this type of collision do not “choose” any particular group of drivers to collide with, then the passively involved drivers should serve as a representative sample of all drivers on the road. This implies that the distribution of the characteristics of these latter drivers should be extrapolatable to all

drivers on the road, after appropriate weighting for the cumulative amount of exposure. For example, the proportion of the total number of kilometers driven per year by male drivers in a given country should be equivalent to the proportion of male drivers among all non-responsible drivers involved in clean collisions recorded in that country.

Using this approach as a starting point, a number of researchers have proposed several variations of the method used to assign responsibility for the collision, the number and characteristics of the vehicles involved, or the strategy for analysis applied to subgroups of vehicles or drivers involved.

The main advantage of quasi-induced exposure methods is that they make it possible to obtain exposure-adjusted estimates for the effect of factors linked to the likelihood of involvement in an accident based solely on traffic accident registries which, unlike exposure surveys, are available in most developed countries. A second advantage is that adjustments for exposure can be obtained specifically and simultaneously for all existing environmental conditions at the time of the collision – an approach that cannot be achieved with direct estimates of exposure based on survey data. Intensity of exposure is known to be strongly dependent on multiple spatial and temporal factors that would be impossible to consider simultaneously in a survey. Finally, adjustment is free from the inevitable differential information biases inherent in any direct measure of individual exposure.

There are two main limitations of the method:

- Assignment of responsibility for the collision may not be valid.
- Non-responsible drivers may not be representative of all drivers on the road.

Chandraratna y Stamatiadis (2009), Jiang et al. (2014; 2010) and Salmi et al. (2014) reviewed the different variants in applications of the quasi-induced exposure method, and described the advantages and disadvantages of each.

For this Doctoral Thesis the quasi-induced exposure method was used to identify the subgroup of cyclists who were not responsible for clean collisions with another vehicle in which the driver was considered responsible for the collision. In accordance with the theoretical basis of this method, we assume that the characteristics of this subgroup of non-responsible cyclists are similar to those of all cyclists on the road. A feature that distinguishes the application of this method in the research done for this thesis is that the imputation of responsibility for the collision was based on whether or not the cyclist or the vehicle driver involved in the collision committed a traffic infraction.

The specific manner in which the quasi-induced exposure method was applied in each of the studies that this thesis comprises can be consulted in the Methods and Discussion sections of the research articles published as part of the work for this dissertation. The Discussion section of this thesis provides an overview of the strengths and weaknesses of this method as applied specifically to the group of cyclists involved in traffic accidents. To conclude this section of the thesis, we note that according to the opinion of different authors that non-responsible drivers may not be representative of all drivers on the road, in the studies presented herein it would be even more hazardous to claim that the distribution of characteristics of non-infractor cyclists is fully representative of the entire population of cyclists on the road. This is mainly because of all cyclists traveling on roadways also used by motor vehicles, the population of cyclists on roads in urban settings (where collisions with other vehicles are more likely) is substantially different from the population of cyclists on

roadways outside city limits. This means that the results of the research reported herein should be interpreted with two caveats:

- The intensity of exposure used to adjust the estimates of the likelihood of involvement in an accident refers essentially to exposure to the risk of involvement in a serious collision with another vehicle, rather than to any and all types of accidents.

- Ultimately, a parsimonious interpretation of our results requires the magnitudes of the parameters we obtained for strength of association should be viewed as estimates not of the risk of involvement in a collision, but rather the risk of being responsible for causing the collision, once the collision has occurred. This conservative interpretation was used in Article number 4 in this thesis, which considers factors associated with responsibility for a collision between a cyclist and a pedestrian. Owing to the characteristics of that particular study, it would be hazardous to attempt adjustments for exposure based on the distribution of road users who were not responsible for the collision with a pedestrian, especially when the non-responsible party was the pedestrian.

3. DECOMPOSITION ANALYSIS

This methodology, as its name indicates, makes it possible to break down a given rate into its component parts in order to estimate the contribution of each to the final magnitude of the rate. This method has been widely used in analyses of TRI (Dellinger et al., 2002; Goldstein et al., 2011; Li et al., 1998; Zhu et al., 2013) to decompose the magnitude of traffic mortality rates (MR: deaths/population) into its three theoretical components. According to the causal

chain model described earlier, these components are rate of exposure (ER: volume of exposure/total population), likelihood of involvement in an accident (AR: accidents/volume of exposure) and fatality rate (FR: deaths/accidents). The resulting model can be expressed as:

$$MR = ER \times AR \times FR \quad [1]$$

In a study of TRI among cyclists, Li y Baker (1996) applied this method to quantify the relative contribution of each of these three components to mortality rates due to traffic accidents involving cyclists in the USA. In Spain, as noted earlier, this method has not been used previously although two studies by Redondo-Calderón et al. (2000a, 2000b) used a similar theoretical approach.

In order to apply the decomposition method to the study of cyclist mortality from traffic accidents, information is needed for at least three of the four following expressions (when any three are known, the fourth can be disregarded):

$$MR = \frac{\text{Cyclist deaths}}{\text{Total population}}$$

$$ER = \frac{\text{Cyclist exposure (distance traveled or duration of journey)}}{\text{Total population}}$$

$$AR = \frac{\text{Cyclists involved in an accident}}{\text{Cyclist exposure (distance traveled or duration of journey)}}$$

$$FR = \frac{\text{Cyclist deaths}}{\text{Cyclists involved in an accident}}$$

As noted repeatedly throughout this thesis, no estimates are available for intensity of exposure in the population of cyclists in Spain. This means that applying the decomposition method as originally formulated is not feasible, because neither ER nor AR can be estimated. However, as noted earlier, according to the quasi-induced exposure method the distribution of characteristics of cyclists passively involved (i.e. non-responsible cyclists) in a clean collision with another vehicle can be assumed to be similar to the characteristics of all cyclists on the road, or at least to the set of cyclists exposed to the risk of involvement in a serious collision with another vehicle. If we define two categories of cyclists, *i* and *j*, this assumption leads to the following equation:

$$\frac{\text{Class } i \text{ cyclist exposure}}{\text{Class } j \text{ cyclist exposure}} = \frac{\text{Class } i \text{ cyclists not responsible for clean collisions}}{\text{Class } j \text{ cyclists not responsible for clean collisions}} \quad [2]$$

The following model can therefore be constructed according to equation [1]:

$$\frac{MR_i}{MR_j} = \frac{ER_i}{ER_j} \times \frac{AR_i}{AR_j} \times \frac{FR_i}{FR_j} \quad [3]$$

According to this equation, the relative increase in class *i* cyclist mortality rate from traffic accidents compared to class *j* cyclists ($RIM_i = MR_i/MR_j$) can be expressed as the product of three relative increases: in exposure ($RIE_i = ER_i/ER_j$), in likelihood of involvement in an

accident ($RIA_i: AR_i/AR_j$) and in fatality ($RIF_i = FR_i/FR_j$). When a particular age and gender group is used as the reference category j , the data in the DGT Registry of Traffic Accidents with Victims makes it possible to directly obtain the RIF for each age and gender group i , and to obtain the RIM using the estimates for age and sex groups in the Spanish population. According to equation [2], the la RIE can thus be estimated as follows:

$$RIE_i = \frac{\frac{\text{Class } i \text{ cyclists not responsible for clean collisions}}{\text{Class } j \text{ cyclists not responsible for clean collisions}}}{\frac{\text{Total class } i \text{ population}}{\text{Total class } j \text{ population}}}$$

With regard to a given reference population j , the decomposition model used in our study makes it possible to break down, for subpopulation i , the increase in a rate of interest compared to the reference subpopulation j as the product of the increases in its component rates. For example, consider mortality rate:

$$RIM = RIE \times RIA \times RIF \tag{4}$$

This is the basis for the decomposition models we applied in Articles 1, 2 and 5, which will be explained in detail in the Methods section of each of these publications. In Article 5, log transformation of each component was used to convert the multiplicative model in equation [4] to the following additive equation:

$$\ln (RIM) = \ln (RIE) + \ln (RIA) + \ln (RIF)$$

This equation makes obtaining the percentage contribution of RIE, RIA and RIF to RIM (assigned a value of 100%) a straightforward procedure. This approach can be used to calculate the proportional magnitude that each component contributes to the magnitude of increase in cyclist mortality rate from traffic accidents for each age and gender group with respect to the chosen reference category.

4. COMPUTER- AND SOFTWARE-BASED STATISTICAL ANALYSIS

As noted above in the first part of this section, the DGT Registry of Traffic Accidents with Victims consists of three separate files for each year, containing variables for accidents, vehicles involved and persons involved, which are supplied in .txt format to users who request access. We initially used the SPSS application (versions 19, 20 and 21 in succession) to merge the three files into a single file. To do this we constructed two unique identifier variables:

- one to identify all occupants in a given vehicle,
- one to identify all persons (vehicle occupants and pedestrians) involved in a given accident.

The files were then merged in two steps:

- The vehicle file was first used as a table of keys used to assign all values for each variable to records for vehicle occupants.
- The accident file was then used as a table of keys to assign all values for each variable to one of the records for persons (occupants and pedestrians) involved in a given accident.

These two files were then exported to Stata (.dta) format.

Two sets of operations were then carried out with the Stata statistical application (versions 11, 12 and 13):

a) *File management, preparation and purging* with the following tasks:

- file merging for the years covered in each study
- variable purging to remove cases with illogical values, identify cases with missing values and recategorize the original variables
- secondary file generation with those records that met the inclusion criteria for each study and that were suitable for analysis. To do this we generated two types of file:

- files that included, for each record, the data for all drivers (and pedestrians, when appropriate) involved in an accident, together with data for the vehicles involved (for Articles 3 and 4).

- files that aggregated the counts of the number of cyclists killed, passively involved in a clean collision, all cyclists involved in an accident, and total population by age and gender group and year of study (for Articles 1, 2 and 5).

b) *Data analysis*. Each of the articles includes a detailed description of the specific analytical strategies used in the different studies. To summarize briefly here, we used Poisson regression models, binary and multinomial logistic regression to obtain estimators of the strength of association (relative increases in rates and odds ratios), with 95% confidence intervals.

VI. RESULTS / RESULTADOS

VI. RESULTADOS

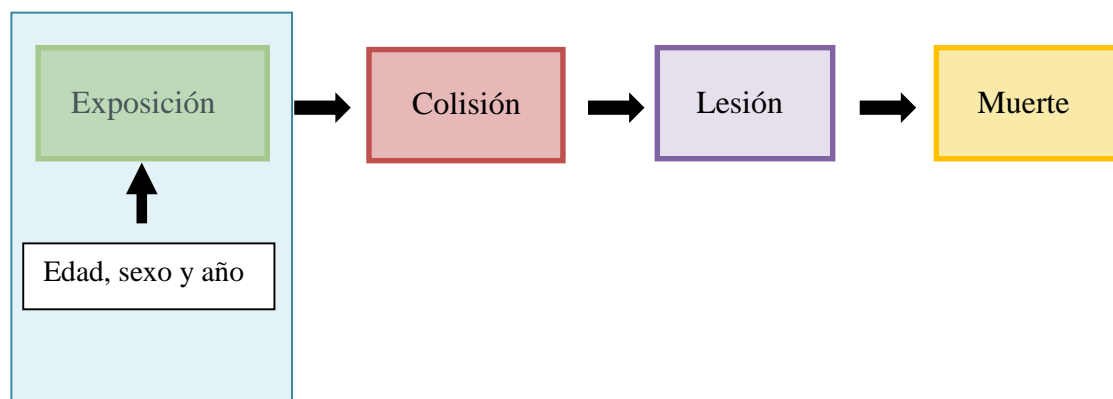
PLANIFICACIÓN

A la hora de presentar los resultados de la presente Tesis Doctoral y, en consecuencia, de ordenar los cinco trabajos que de ella se han desprendido, hemos optado por emplear un orden basado en la secuencia lógica con la que deberían aparecer, de acuerdo con la cadena causal de la epidemiología analítica de las LCT, ya expuesta. No obstante, como podrá comprobar el lector, esta secuencia no coincide exactamente con el orden cronológico en el que estos trabajos han sido realizados y, en consecuencia, publicados, ya que el artículo número 3 fue, por razones estratégicas y de factibilidad metodológica, el primero en ser realizado. En los restantes casos sí coincidió el orden cronológico con el orden de exploración de la cadena causal, que es el que referimos a continuación:

Artículo 1. Martínez-Ruiz V, Jiménez-Mejías E, Amezcua-Prieto C, Luna-del-Castillo JD, Jiménez-Moleón JJ, Lardelli-Claret P. Asociación de la edad y el sexo con la intensidad de exposición al uso de la bicicleta en España. An Sist Sanit Navar. 2014; 37:35-46.

Este artículo da respuesta al objetivo específico 1 de la Tesis. La figura 10 reproduce gráficamente la secuencia de la cadena causal analizada en el estudio.

Figura 10: Cadena causal de eventos por tráfico. Estudio de la exposición.



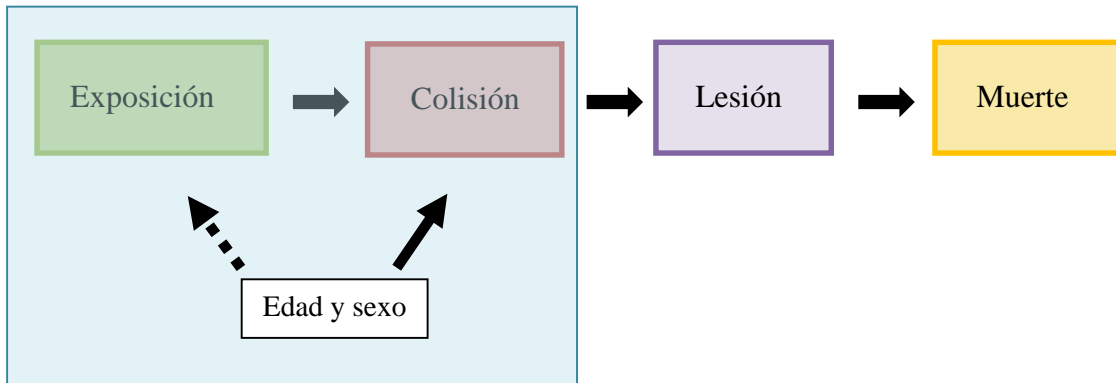
Adaptado de Seguí-Gómez et al., 2007

Como se ha puesto de manifiesto con anterioridad, la exposición es el primer eslabón de la cadena causal de morbi-mortalidad en ciclistas y su estudio es relevante, pero en España no se dispone de datos que cuantifiquen el uso de la bicicleta. En el artículo publicado se explora, mediante un método indirecto, la intensidad de uso de este medio de transporte en función del sexo y del grupo de edad.

Artículo 2. Martínez-Ruiz V, Jiménez-Mejías E, Luna-del-Castillo JD, García-Martín M, Jiménez-Moleón JJ, Lardelli-Claret P. Association of cyclists' age and sex with risk of involvement in a crash before and after adjustment for cycling exposure. *Accid Anal Prev.* 2014; 62: 259-67.

Este artículo da respuesta al objetivo específico 2 de la Tesis. La figura 11 reproduce gráficamente la secuencia de la cadena causal analizada en el estudio.

Figura 11. Cadena causal de eventos por tráfico. Estudio de la accidentalidad y su ajuste por exposición.



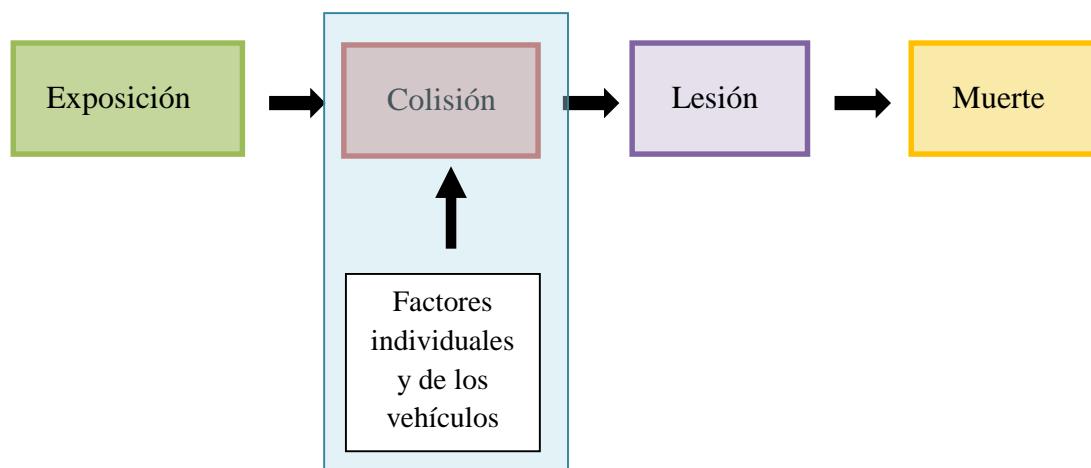
Adaptado de Seguí-Gómez et al., 2007

En el trabajo se estudia la influencia de la cantidad de exposición en el riesgo de que los usuarios de bicicleta sufran un accidente. Para ello se estimó el riesgo de accidentalidad cruda en función de la edad, el sexo y otras variables, y a continuación se repitieron los mismos análisis ajustando por la intensidad de exposición, que se estimó utilizando la misma metodología indirecta del anterior trabajo. Los resultados obtenidos fueron comparados.

Artículo 3. Martínez-Ruiz V, Lardelli-Claret P, Jiménez-Mejías E, Amezcua-Prieto C, Jiménez-Moleón JJ, Luna-del-Castillo JD. Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method. *Accid Anal Prev.* 2013; 51:228-37.

Este artículo da respuesta a los objetivos específicos 3.1 y 3.2 de la Tesis Doctoral, en relación con los accidentes simples y múltiples con otros vehículos a motor. La figura 12 reproduce gráficamente la secuencia de la cadena causal analizada en el estudio.

Figura 12. Cadena causal de eventos por tráfico. Estudio de colisiones simples y de colisiones múltiples con otros vehículos a motor.



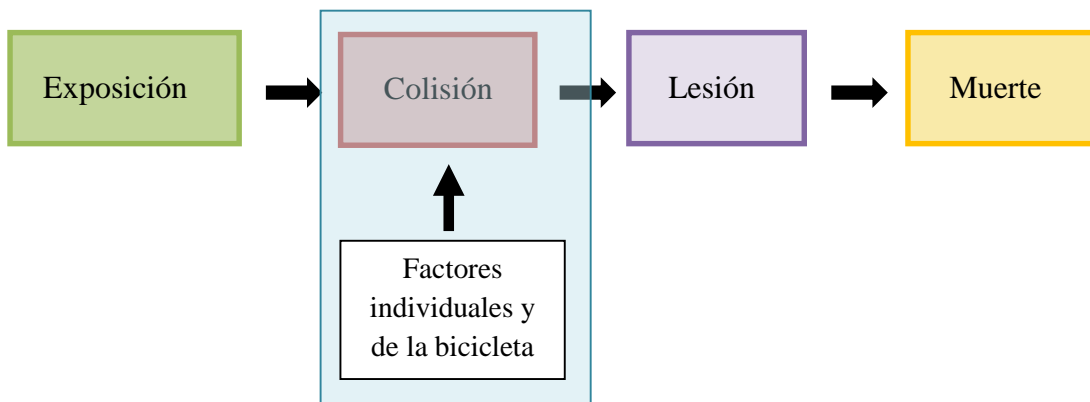
Adaptado de Seguí-Gómez et al., 2007

En este artículo se estudian separadamente los accidentes de bicicleta simples y los accidentes múltiples (con otro vehículo implicado). Para cada uno de ellos se identificaron factores de riesgo de causar el accidente dependientes del ciclista y de su bicicleta. En el caso de los accidentes múltiples, se identificaron además factores de riesgo dependientes del vehículo motorizado y de su conductor.

Artículo 4. Martínez-Ruiz V, Jiménez-Mejías E, Amezcua-Prieto C, Olmedo-Requena R, Pulido-Manzanero J, Lardelli-Claret P. Factores asociados al riesgo de provocar una colisión entre un ciclista y un peatón en España, 1993-2011. *Gac Sanit.* 2015; 29(S1):10-5

Este artículo da respuesta a los objetivos específicos 3.1 y 3.3 de la Tesis, en relación con las colisiones entre un ciclista y un peatón. La figura 13 reproduce gráficamente la secuencia de la cadena causal analizada en el estudio.

Figura 13. Cadena causal de eventos por tráfico. Estudio de colisiones entre un ciclista y un peatón.



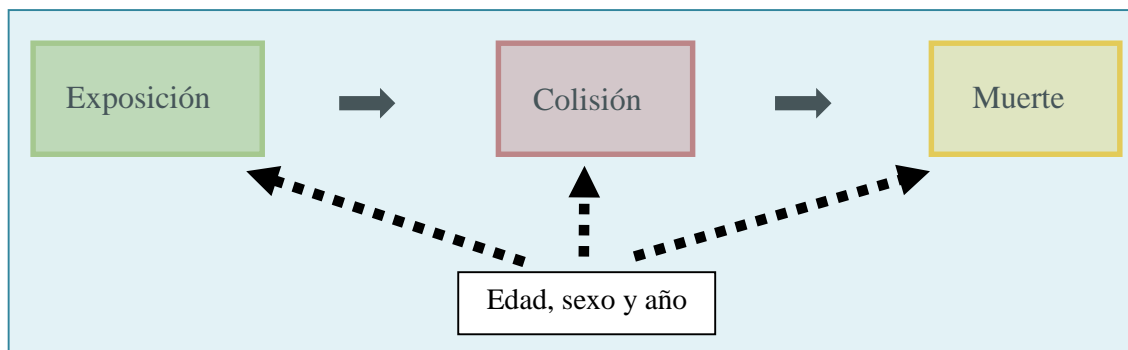
Adaptado de Seguí-Gómez et al., 2007

En este trabajo se aborda el estudio de las colisiones entre ciclistas y peatones. Se identifican diversos factores –dependientes del ciclista y su bicicleta y del peatón– que contribuyen al riesgo de provocar un accidente entre ambos tipos de usuarios vulnerables.

Artículo 5. Martínez-Ruiz V, Jiménez-Mejías E, Amezcua-Prieto C, Olmedo-Requena R, Luna-del-Castillo JD, Lardelli-Claret P. Contribution of exposure, risk of crash and fatality to explain age- and sex-related differences in traffic-related cyclists mortality rates. *Accid Anal Prev.* 2015; 76:152-58.

Este artículo da respuesta al objetivo específico 4 de la Tesis. La figura 14 reproduce gráficamente la secuencia de la cadena causal analizada en el estudio.

Figura 14. Cadena causal de eventos por tráfico. Estudio de la contribución de la exposición, la accidentalidad y la letalidad sobre la mortalidad



Adaptado de Seguí-Gómez et al., 2007

En este trabajo se aborda el estudio de la contribución de los tres eslabones de la cadena causal (exposición, accidentalidad y letalidad), a las diferencias en las tasas de mortalidad por accidentes de tráfico en ciclistas observadas por grupos de edad y sexo. Asimismo, se estudia la evolución del modelo en el tiempo.

1. ASOCIACIÓN DE LA EDAD Y EL SEXO CON LA INTENSIDAD DE EXPOSICIÓN AL USO DE LA BICICLETA EN ESPAÑA

Asociación de la edad y el sexo con la intensidad de la exposición al uso de la bicicleta en España, 1993-2009

Association of age and sex with intensity of exposure to bicycle use in Spain, 1993-2009

V. Martínez Ruiz^{1,2}, E. Jiménez Mejías^{1,2}, C. Amezcua Prieto^{1,2}, J.D. Luna del Castillo^{2,3}, J.J. Jiménez Moleón^{1,2}, P. Lardelli Claret^{1,2}

RESUMEN

Fundamento. Estimar la asociación de la edad y el sexo con la intensidad de exposición de los ciclistas en España, entre 1993 y 2009, globalmente y para subtipos de uso.

Métodos. A partir de la distribución de los ciclistas pasivamente implicados en colisiones con otros vehículos, incluidos en el registro de la Dirección General de Tráfico entre 1993 y 2009, se ha estimado el incremento en la intensidad de exposición por grupos de edad y sexo para la exposición global y para subtipos de exposición (conducción con o sin casco, en carretera o en zona urbana), tomando como referencia los varones de 45-49 años.

Resultados. Los varones presentan una mayor exposición que las mujeres, diferencias que aumentan con la edad, aunque tienden a reducirse en años más recientes. En ambos sexos la exposición es mayor en jóvenes y descende con la edad, si bien en los varones el exceso en los jóvenes desaparece en los últimos años. Por subtipos de uso, destaca la menor exposición de las mujeres en la conducción en carretera, así como la mayor exposición, en las mujeres y en los grupos de edad extremos, entre los no usuarios de casco.

Conclusión. Existe una estrecha asociación entre el sexo y la edad con la intensidad de uso de la bicicleta, que cambia en función del tipo de uso y del período considerado. En consecuencia, las estimaciones del efecto de los factores que inciden sobre la accidentalidad y la morbi-mortalidad de los ciclistas en España deben ser ajustadas por la edad y el sexo del ciclista.

Palabras clave. Ciclistas. Exposición. Edad. Sexo.

ABSTRACT

Background. To estimate the association of age and sex with the intensity of exposure of cyclists in Spain, between 1993 and 2009, in a global way and for subtypes of use.

Methods. From the distribution of cyclists passively involved in collisions with other vehicles included in the register of the Spanish General Traffic Directorate between 1993 and 2009, we have estimated the increase in intensity of exposure by age groups and sex, for global exposure and for subtypes of exposure (e.g. riding with or without a helmet, or riding on an open road or in urban areas), using males aged 45-49 as a reference.

Results. Males have a greater exposure than females and this difference increases with age, although it has tended to decrease in recent years. In both sexes the exposure is greater in young people and goes down with age, while in males the excess in young people has disappeared in recent years. Regarding subtypes of use, female underexposure riding on an open road should be highlighted, as well as overexposure in both women and extreme age groups among non-helmet users.

Conclusion. There is a close association of age and sex with the intensity of bicycle use, which changes depending on the type of use and the time period considered. Consequently, estimations of the effect of factors affecting the accident rate and the morbidity and mortality of cyclists in Spain have to be adjusted by the age and sex of the cyclist.

Key words. Cyclists. Exposure. Age. Gender.

An. Sist. Sanit. Navar. 2014; 37 (1): 35-46

1. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Granada.
2. Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP).
3. Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Facultad de Medicina. Universidad de Granada.

Recepción: 24 de mayo de 2013

Aceptación provisional: 1 de julio de 2013

Aceptación definitiva: 16 de julio de 2013

Correspondencia:

Virginia Martínez Ruiz
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública
Facultad de Medicina
Universidad de Granada
Avda. de Madrid 11
18012 Granada
E-mail. virmruiz@ugr.es

INTRODUCCIÓN

Las lesiones por tráfico en ciclistas son un problema de salud de interés creciente en los países desarrollados, principalmente debido al gran incremento en el uso de la bicicleta^{1,2} por razones diversas. Entre ellas pueden citarse el aumento de políticas orientadas a la promoción de la actividad física y el deseo cada vez más palpable de la población de “recuperar” las ciudades como espacios para las personas frente al tráfico motorizado, sin olvidar el ahorro económico que supone la bicicleta frente a los vehículos a motor, al no precisar del consumo de combustibles fósiles^{1,3,4}. Desde una perspectiva epidemiológica, este incremento en el uso justifica la necesidad de profundizar en el estudio de los factores que inciden en la morbi-mortalidad por tráfico en ciclistas, un aspecto escasamente investigado en España. De acuerdo con el modelo de cadena causal de las lesiones por causa externa, compuesta por los eslabones exposición → accidente → lesión → desenlace⁵, el primer paso para comenzar el estudio debería ser la estimación de la intensidad de exposición de la población al uso de la bicicleta (kilómetros recorridos o tiempo invertido) por subgrupos de edad y sexo.

En otros países de nuestro entorno (Unión Europea) se suelen realizar con diferente periodicidad encuestas sobre movilidad en las que se recoge la exposición de forma exhaustiva, pidiendo a los participantes incluso que cumplimenten “diarios de viaje” en los que desglosan detenidamente su recorrido del día anterior⁶. Así, por ejemplo, en Noruega se recoge la exposición en distancia (personakm) y tiempo empleado, en Grecia se mide mediante el número de viajes realizados y los kilómetros recorridos, y en Portugal se inquiriere acerca del tiempo empleado en viajar al lugar de estudios o trabajo⁷. En España se dispone, desde 2008, de los Barómetros Anuales de la Bicicleta¹. Son encuestas telefónicas a muestras representativas de población que preguntan sobre la frecuencia de uso de la misma, sin valorar la intensidad de exposición en términos

de distancia recorrida o tiempo invertido. La estimación de estas últimas sería indudablemente una tarea mucho más compleja, no exenta de sesgos⁸. La inexistencia de esta información en España justifica la necesidad de emplear técnicas indirectas, como la que se plantea utilizar en el presente estudio, y que se describirá detalladamente en la sección de métodos, para cuantificar la existencia de diferencias en la intensidad de exposición al uso de la bicicleta en función de la edad y el sexo, diferencias que, a tenor de lo observado en otros países⁹, también deben existir en la población española.

Por todo lo anterior, el objetivo del presente estudio es estimar, mediante el empleo de un método de exposición cuasi-inducida, la asociación de la edad y el sexo con la intensidad de exposición de los ciclistas en España, entre 1993 y 2009, de forma global y para subgrupos de ciclistas, así como su evolución durante este período.

MÉTODOS

Una alternativa a la estimación directa de la exposición es el empleo de técnicas que permiten una estimación indirecta, basada en el llamado método de exposición cuasi-inducida. En su versión original para vehículos de cuatro ruedas¹⁰, este método asume que las características de aquellos conductores no responsables de una colisión con otro vehículo deben ser semejantes a las del conjunto de conductores circulantes. Análogamente, las características de los ciclistas pasivamente implicados en colisiones con otros vehículos deberían ser semejantes a las del conjunto de ciclistas circulantes. Así, comparando las características de este subgrupo de ciclistas pasivamente implicados en colisiones con las de la población general, obtendremos una estimación indirecta de la intensidad relativa de exposición como ciclistas de cada subgrupo de la población general. Aunque dicho método ha sido utilizado extensamente en las dos últimas décadas en la investigación epidemiológica de los accidentes de tráfico¹¹⁻¹⁵, su aplicación específica

para los accidentes de tráfico en ciclistas es muy escasa¹⁶.

De acuerdo con dicho método, se ha realizado un estudio a partir de la serie de casos constituida por los ciclistas implicados en accidentes de tráfico recogidos en la base de datos de accidentes de tráfico con víctimas de la Dirección General de Tráfico en España, para el período comprendido entre 1993 y 2009. Sus características han sido descritas en otros artículos¹⁶. Una de las variables recogidas es la comisión o no de infracciones por parte de cada uno de los conductores de los vehículos implicados. A partir de esta información, y de la forma en que se muestra en el diagrama de flujo incluido en el Anexo 1, se seleccionaron los 9.084 ciclistas con edades comprendidas entre 5 y 79 años, no infractores implicados en colisiones limpias con otro vehículo, entendiendo por tales aquellas colisiones en las que el ciclista no había cometido infracción alguna, mientras que el conductor del otro vehículo sí lo había hecho. Dichos ciclistas se estratificaron en función de las siguientes variables: edad (categorizada en grupos quinquenales), sexo, uso de casco y zona donde ocurrió el accidente (carretera o zona urbana). En el Anexo 2 puede consultarse su distribución global y en los distintos estratos. Adicionalmente, a partir de los datos de población española disponibles en el Instituto Nacional de Estadística, se obtuvieron, para cada año comprendido entre 1993 y 2009, el volumen de habitantes por grupos de edad y sexo.

Análisis. A partir de datos directos de exposición, el incremento en la intensidad de exposición del conductor del tipo i con respecto a la intensidad de exposición de un conductor de referencia j , se puede estimar como una razón de tasas de exposición (RTE), de la siguiente forma:

$$RTE_i = (\text{km recorridos por ciclistas del tipo } i / \text{población total del tipo } i) / (\text{km recorridos por ciclistas del tipo } j / \text{población total del tipo } j) \quad [1]$$

En esta ecuación se podría reemplazar la medición de la exposición en unidades

de tiempo, en lugar de distancia. Valores superiores a la unidad indicarían una mayor exposición de las personas del tipo i sobre las del tipo j , y viceversa. La ecuación [1] puede reescribirse así:

$$RTE_i = (\text{km recorridos por ciclistas del tipo } i / \text{km recorridos por ciclistas del tipo } j) / (\text{población total del tipo } i / \text{población total del tipo } j) \quad [2]$$

El método de la exposición cuasi-inducida se basa en asumir que las características de la muestra de ciclistas implicados pasivamente en colisiones con otros vehículos son similares a las de todos los ciclistas circulantes. Así pues, basándose en dicha asunción y dado que no disponemos de la exposición medida en kilómetros ni tampoco en tiempo, la ecuación [2] sería aproximadamente igual a la siguiente:

$$RTE_i = (\text{ciclistas del tipo } i \text{ pasivamente implicados en colisiones} / \text{ciclistas del tipo } j \text{ pasivamente implicados en colisiones}) / (\text{población total del tipo } i / \text{población total del tipo } j)$$

Esta última ecuación es la que se ha empleado para obtener las RTE para cada grupo de edad y sexo, tomando siempre como referencia (j) los varones de 45 a 49 años de edad: una categoría que incluyó a un volumen de ciclistas no infractores suficientemente amplio para obtener, a partir de él, RTE suficientemente estables y precisas y que, al mismo tiempo, se ubica en un intervalo intermedio entre las categorías de edad extremas, en las que presumíamos hallar, *a priori*, la mayor variabilidad en la intensidad de exposición. Tanto las estimaciones puntuales de estos incrementos como sus intervalos de confianza al 95% se han obtenido aplicando modelos de regresión de Poisson, en los que la variable dependiente fue el número de ciclistas pasivamente implicados en una colisión con otros vehículos a motor, y los términos del modelo fueron el total de la población española y la interacción de la edad y el sexo. Se han obtenido estimaciones para la exposición total y para las exposiciones definidas para aquellos estratos de las restantes variables de estudio con un número suficiente de ciclistas pasivamente implicados en colisiones

limpias en todas las categorías de edad y sexo consideradas. Finalmente, el análisis se ha estratificado para tres subperíodos de tiempo: (1993-1998, 1999-2004, 2005-2009). Todos los análisis se han realizado con el paquete estadístico Stata (versión 11.0)¹⁷.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran las RTE de uso de la bicicleta (y sus intervalos de confianza al 95%) para cada grupo de edad y sexo con respecto a los varones de 45-49 años, de forma global. Asimismo, en la tabla 2 se presentan las estimaciones de RTE para los tres intervalos temporales pre-especificados (1993-1998, 1999-2004 y 2005-2009).

Tabla 1. Razones de tasas de exposición en función de la edad y el sexo, comparadas con el grupo de hombres de 45-49 años

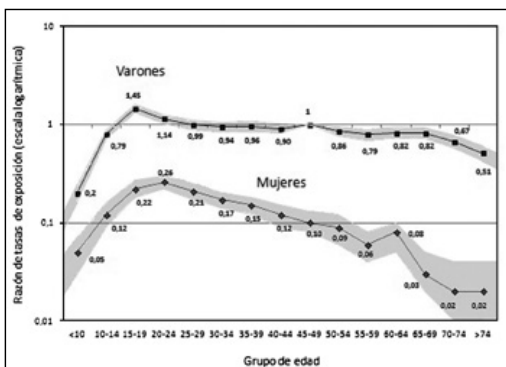
Edad	Hombres*	Mujeres*
<10	0,20 (0,16-0,24)	0,05 (0,03-0,07)
10 a 14	0,79 (0,70-0,89)	0,12 (0,09-0,16)
15-19	1,45 (1,31-1,60)	0,22 (0,18-0,27)
20-24	1,14 (1,03-1,26)	0,26 (0,22-0,30)
25-29	0,99 (0,89-1,10)	0,21 (0,17-0,25)
30-34	0,94 (0,84-1,04)	0,17 (0,14-0,20)
35-39	0,96 (0,86-1,07)	0,15 (0,12-0,18)
40-44	0,90 (0,81-1,01)	0,12 (0,09-0,15)
45-49	1 (Ref.)	0,10 (0,08-0,13)
50-54	0,86 (0,76-0,96)	0,09 (0,06-0,12)
55-59	0,79 (0,69-0,89)	0,06 (0,04-0,08)
60-64	0,82 (0,73-0,94)	0,08 (0,05-0,10)
65-69	0,82 (0,72-0,93)	0,03 (0,02-0,05)
70-74	0,67 (0,58-0,77)	0,02 (0,01-0,04)
>74	0,51 (0,42-0,61)	0,02 (0,01-0,04)

* Entre paréntesis se muestran los correspondientes intervalos de confianza al 95%

Tabla 2. Estratos de tiempo: razones de tasas de exposición en función de la edad y el sexo, comparadas con el grupo de hombres de 45-49 años

Edad	1993-1998		1999-2004		2005-2009	
	Hombres*	Mujeres*	Hombres*	Mujeres*	Hombres*	Mujeres*
<10	0,22 (0,16-0,31)	0,07 (0,04-0,12)	0,19 (0,13-0,28)	0,03 (0,01-0,07)	0,16 (0,10-0,25)	0,04 (0,02-0,09)
10 a 14	0,99 (0,82-0,19)	0,10 (0,07-0,16)	0,65 (0,52-0,82)	0,11 (0,07-0,17)	0,60 (0,47-0,77)	0,16 (0,10-0,25)
15-19	1,89 (1,61-2,21)	0,22 (0,17-0,30)	1,15 (0,96-1,38)	0,18 (0,13-0,25)	1,01 (0,82-1,24)	0,27 (0,19-0,38)
20-24	1,46 (1,23-1,72)	0,27 (0,21-0,35)	0,95 (0,79-1,13)	0,23 (0,17-0,30)	0,89 (0,73-1,09)	0,28 (0,21-0,38)
25-29	1,12 (0,94-1,34)	0,16 (0,11-0,22)	0,90 (0,75-1,08)	0,17 (0,12-0,23)	0,93 (0,77-1,13)	0,31 (0,24-0,41)
30-34	0,96 (0,80-1,15)	0,13 (0,09-0,19)	0,95 (0,80-1,13)	0,16 (0,11-0,22)	0,89 (0,74-1,08)	0,24 (0,18-0,32)
35-39	1,00 (0,83-1,20)	0,12 (0,08-0,17)	0,89 (0,74-1,07)	0,15 (0,11-0,21)	1,00 (0,84-1,20)	0,19 (0,14-0,26)
40-44	0,88 (0,72-1,06)	0,09 (0,06-0,15)	0,84 (0,69-1,01)	0,05 (0,03-0,09)	1,00 (0,83-1,20)	0,21 (0,16-0,29)
45-49	1 (Ref.)	0,09 (0,06-0,14)	1 (Ref.)	0,09 (0,06-0,14)	1 (Ref.)	0,13 (0,09-0,20)
50-54	0,81 (0,66-1,00)	0,05 (0,03-0,10)	0,76 (0,62-0,94)	0,12 (0,08-0,18)	0,99 (0,81-1,21)	0,09 (0,06-0,15)
55-59	0,79 (0,64-0,98)	0,05 (0,03-0,10)	0,73 (0,59-0,90)	0,07 (0,04-0,13)	0,85 (0,68-1,05)	0,06 (0,03-0,11)
60-64	0,84 (0,68-1,04)	0,04 (0,02-0,08)	0,86 (0,69-1,07)	0,08 (0,04-0,13)	0,75 (0,60-0,95)	0,12 (0,07-0,19)
65-69	0,66 (0,52-0,83)	0,04 (0,02-0,08)	0,76 (0,61-0,96)	0,03 (0,01-0,07)	1,09 (0,88-1,36)	0,03 (0,01-0,08)
70-74	0,57 (0,43-0,74)	0,03 (0,01-0,07)	0,69 (0,55-0,88)	0,03 (0,01-0,07)	0,74 (0,58-0,96)	0,01 (0,004-0,06)
>74	0,43 (0,30-0,62)	0,02 (0,004-0,07)	0,51 (0,37-0,69)	0,01 (0,003-0,06)	0,58 (0,43-0,79)	0,02 (0,01-0,08)

* Entre paréntesis se muestran los correspondientes intervalos de confianza al 95%



Notas: 1. Referencia: varones de 45-49 años. (Los intervalos de confianza al 95% aparecen sombreados).

Figura 1. Razones de tasas de exposición en función de la edad y el sexo

La figura 1 muestra el patrón de asociaciones obtenido de forma global para el período completo. Para todas las categorías de edad, la intensidad de exposición de los varones es superior a la de las mujeres, y esta diferencia va aumentando conforme lo hace la edad, desde el grupo de 20-29 años, en el que la exposición en los varones es 4,5 veces superior a las de las mujeres, hasta valores superiores a 25 a partir de los 65 años. Respecto a la edad, en los varones la

mayor exposición se observa en el grupo de 15 a 19 años (1,45 veces superior a la de los varones de 45-49). A partir de aquí, la exposición desciende progresivamente con la edad, especialmente a partir de los 65 a 69 años. Entre las mujeres, la mayor intensidad de exposición se observa en el grupo de 20 a 24 años, descendiendo a partir de esta edad de forma lineal, aún con más pendiente que en el varón.

Las figuras 2 y 3 muestran las asociaciones obtenidas para aquellas categorías de uso de la bicicleta anteriormente mencionadas, que muestran un patrón diferente al global:

- Uso de casco (Figs. 2a y 2b): en comparación con las estimaciones para el conjunto de la población, en el subgrupo de no usuarios de casco se aprecia, en ambos sexos, una mayor exposición de los ciclistas ubicados en los grupos de edad extremos (de 10 a 19 años y >65 años). También destaca, en el subgrupo de ciclistas que sí lo usan, la menor exposición en las mujeres, para todas las categorías de edad, con respecto al varón.

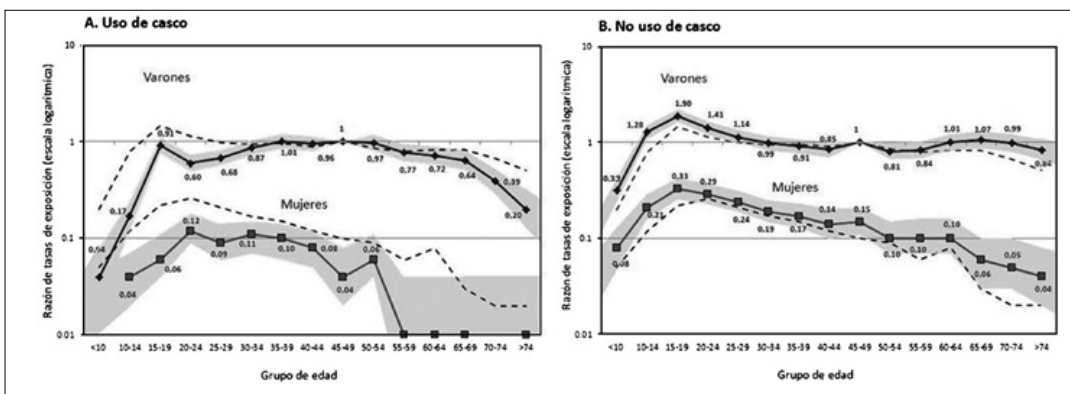


Figura 2. Uso de casco: razones de tasas de exposición en función de la edad y el sexo.

Notas: 1. Referencia: varones de 45-49 años. 2. Las líneas discontinuas corresponden al patrón de asociaciones global para cada sexo. 3. Los intervalos de confianza al 95% aparecen sombreados.

- Zona (Figs. 3a y 3b): en carretera la exposición de los grupos de edad jóvenes (menores de 30 años) desciende considerablemente y se acenúa la mayor exposición del varón

con respecto a la mujer. En la zona urbana ocurre lo contrario: destaca la mayor exposición de los ciclistas más jóvenes, especialmente entre el sexo femenino.

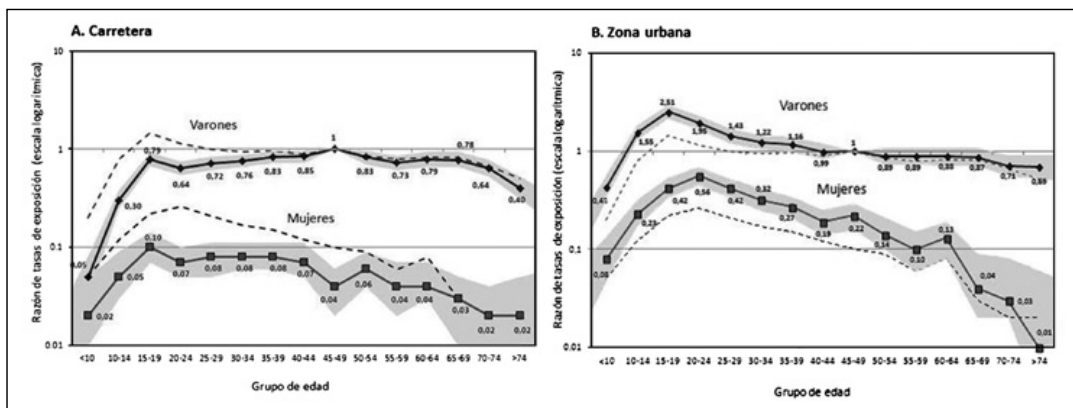


Figura 3. Zona: razones de tasas de exposición en función de la edad y el sexo.

Notas: 1. Referencia: varones de 45-49 años. 2. Las líneas discontinuas corresponden al patrón de asociaciones global para cada sexo. 3. Los intervalos de confianza al 95% aparecen sombreados.

En cuanto a la evolución temporal (Tabla 2), en los varones se aprecia que el descenso de la exposición conforme avanza la edad se suaviza con el tiempo, debido fundamentalmente a que se reduce la mayor exposición de los jóvenes, hasta casi desaparecer en el período 2005-2009. En las mujeres el patrón de la edad cambia menos, pero sí se aprecia cómo entre los 10 y 60 años las diferencias en la exposición con los varones se reducen sensiblemente en el último subperíodo.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos revelan, como era esperable, una fuerte asociación de la edad y el sexo con la intensidad de uso de la bicicleta y cómo esta asociación varía según las circunstancias de circulación del ciclista. Como ya se ha comentado anteriormente, en España no se dispone de estimaciones directas de exposición en términos de distancia recorrida o tiempo invertido, y la única medida de exposición con la que comparar nuestras estimaciones es la de frecuencia de uso, obtenida a partir de los Barómetros Anuales de la Bicicleta¹. Respecto a ella, los resultados del presente estudio son básicamente concordantes: en ambos casos se aprecia una mayor exposición en los varones y en los estratos de edad más jóvenes, con un progresivo des-

censo de la misma a medida que aumenta la edad.

En cuanto a lo que ocurre en otros países, la revisión de Pucher y Buehler¹⁸ ha constatado que la intensidad de exposición de las mujeres es menor que la de los hombres en Reino Unido, Canadá, Estados Unidos y Australia. Sin embargo, en Alemania y Dinamarca la exposición es similar en ambos sexos, e incluso superior en las mujeres en Holanda. En general, se ha comprobado que en países con bajas tasas de uso de la bicicleta (como es el caso de España) la intensidad de exposición de las mujeres suele ser bastante inferior que la de los varones, al contrario de lo que ocurre en países con tasas de uso elevadas (entre los que podemos incluir los tres últimos países mencionados)^{19,20}. Nuestros datos apoyan indirectamente este patrón, pues observamos cómo la menor exposición de las mujeres con respecto a los varones se atenúa en los últimos años del período de estudio, indudablemente debido a la expansión del uso de la bicicleta. Una razón para explicar la menor exposición en la mujer podría ser su mayor preocupación por la seguridad a la hora de montar en bicicleta, consecuencia de su menor predisposición a afrontar riesgos en comparación con los varones²¹. Destaca, sin embargo, la mayor exposición relativa de la mujer en el subgrupo de no usuarios de casco, que aunque ha sido explicado por diversas razones⁹, en España debe atribuirse

a que el uso de la bicicleta en la mujer es mayoritariamente urbano, donde el casco no es obligatorio. La exposición en carretera, mucho mayor en el varón, se asocia con un uso recreativo de la bicicleta, en contraposición con el uso urbano⁴.

En lo que a la edad se refiere, tanto para Estados Unidos como para el Reino Unido se ha descrito una mayor exposición para las edades más jóvenes (hasta 16 años), que a continuación desciende y tiende a permanecer estable en todos los siguientes grupos de edad. En aquellos países con mayores tasas de uso de la bicicleta, sin embargo, se observa una mayor exposición en ciclistas más jóvenes, un descenso para las edades intermedias y un ligero repunte en las edades más avanzadas (a partir de los 65-70 años, aproximadamente)¹⁸. Nuestros resultados confirman la mayor exposición en los grupos de edad más jóvenes (15-19 años para hombres y 20-24 para mujeres), si bien el análisis por subperíodos revela una reducción de estas diferencias debido, probablemente, al progresivo aumento del uso de la bicicleta en las edades intermedias. En las personas mayores, no obstante, nuestros datos revelan que en España apenas si se ha atenuado la menor exposición a la bicicleta en las edades más avanzadas. Diversas razones pueden justificar este hecho. Por una parte, admitiendo que en países como España se está produciendo un cambio hacia un mayor uso de la bicicleta (como medio de transporte, de ocio, o para hacer ejercicio físico), es razonable suponer que es más fácil que este cambio tenga lugar entre los estratos de menor edad que en los ancianos (en general, la edad suele estar inversamente asociada a la facilidad de cambiar los estilos de vida)²². Por otra parte, en los países con mayor intensidad de uso, las infraestructuras viales están mejor adaptadas a los ciclistas; ello transmite, especialmente en personas de edad avanzada, una mayor sensación de seguridad, que les invita a montar en bicicleta. El caso contrario ocurriría en países como el nuestro, en los que las personas mayores intentarían compensar esa percepción de mayor riesgo limitando su exposición.

Con respecto a las limitaciones de nuestro estudio, la primera depende de la validez del método de exposición cuasi-inducida, que quedaría comprometida si los ciclistas pasivamente implicados en colisiones con otros vehículos no fueran realmente representativos del conjunto de ciclistas circulantes. Por una parte, es lógico suponer que este subgrupo de ciclistas represente mejor a los ciclistas que tienden a circular en ambientes donde son más probables las colisiones entre vehículos (por ejemplo, los ciclistas que circulen preferentemente en entornos rurales con baja densidad de tráfico quedarían sub-representados). Sin embargo, desde una perspectiva sanitaria, lo realmente interesante es, precisamente, cuantificar la intensidad de exposición de los ciclistas a sufrir colisiones con otros vehículos a motor, pues son éstas las que conllevan una mayor riesgo de muerte o lesión severa, a diferencia de los restantes accidentes de ciclistas (caídas o atropellos a peatones). Por otra parte, en relación con otros vehículos, se ha sugerido²³ que una conducción más “defensiva”, como la que podrían llevar a cabo los ancianos y las mujeres, haría que estos subgrupos estuvieran infrarrepresentados entre los conductores implicados pasivamente en colisiones. Si este razonamiento fuera igualmente aplicable a los ciclistas, las razones de exposición para estos subgrupos de población estarían subestimadas en nuestro estudio.

Un segundo grupo de limitaciones dependería de las condiciones específicas de aplicación del método de exposición cuasi-inducida en nuestro estudio. En este sentido, podría cuestionarse la asignación de la responsabilidad de la colisión en función de las infracciones registradas. Admitiendo que no existen razones para sospechar que la policía tienda a atribuir la comisión de la infracción de forma sesgada en función del tipo de conductor, la mala clasificación resultante sería no diferencial, es decir, tendería a minimizar las verdaderas diferencias entre los ciclistas responsables y no responsables de las colisiones y, con ello, sesgar hacia el nulo la magnitud de las asociaciones halladas en nuestro

estudio. También debe tenerse en cuenta que en el Registro Español de Accidentes de Tráfico los accidentes de ciclistas están severamente infradeclarados, como en cualquier registro de base policial^{24,25}. Esta infranotificación es inversamente proporcional a la severidad del accidente²⁴, lo que explica que afecte fundamentalmente a los accidentes simples, que, aunque son los más frecuentes en ciclistas²⁶, representan menos del 10% de todos los incluidos en el registro. Puesto que la severidad de las lesiones aumenta la probabilidad de ser registrado, todos aquellos factores positivamente asociados con ella estarán sobrerrepresentados en la muestra de ciclistas pasivamente implicados en colisiones. Tal sería el caso del sexo femenino y la edad avanzada, dos condiciones clásicamente asociadas a una mayor severidad²⁷⁻²⁹. El sentido de este sesgo (sobrestimar la intensidad de exposición de ambos colectivos), tendería a compensar el ligado a su conducción más defensiva, mencionado anteriormente.

La utilidad de nuestros resultados es doble: por una parte, es bien sabido que la edad y el sexo son dos marcadores de riesgo que actúan como confusores de la inmensa mayoría de factores potencialmente ligados a la accidentalidad (estilos y ámbitos de conducción, consumo de sustancias ilegales, velocidad) y a la morbi-mortalidad (uso de casco y otros dispositivos de seguridad) en los conductores en general y en los ciclistas en particular^{30,31}. Por tanto, ajustar el efecto confusor que ambos ejercen sobre los factores anteriores debido a su asociación con la intensidad de exposición es esencial. A este respecto, las estimaciones obtenidas en el presente estudio pueden emplearse en posteriores modelos explicativos de accidentalidad y morbi-mortalidad en ciclistas. Por otra parte, nuestro estudio refleja la existencia de subgrupos de ciclistas definidos por su edad y sexo donde se aprecia una mayor exposición de riesgo: pueden citarse la mayor exposición en las mujeres y en las edades extremas al uso de la bicicleta sin casco, o la mayor exposición de los varones de edades intermedias

en carretera. Estos subgrupos deberían ser objeto de una atención preferente a la hora de diseñar estrategias encaminadas a reducir el impacto de estas exposiciones de alto riesgo.

Agradecimientos

A la Dirección General de Tráfico, por habernos facilitado la consulta y el uso del Registro Español de Accidentes de Tráfico con Víctimas, sin el cual la elaboración de este trabajo no hubiera sido posible.

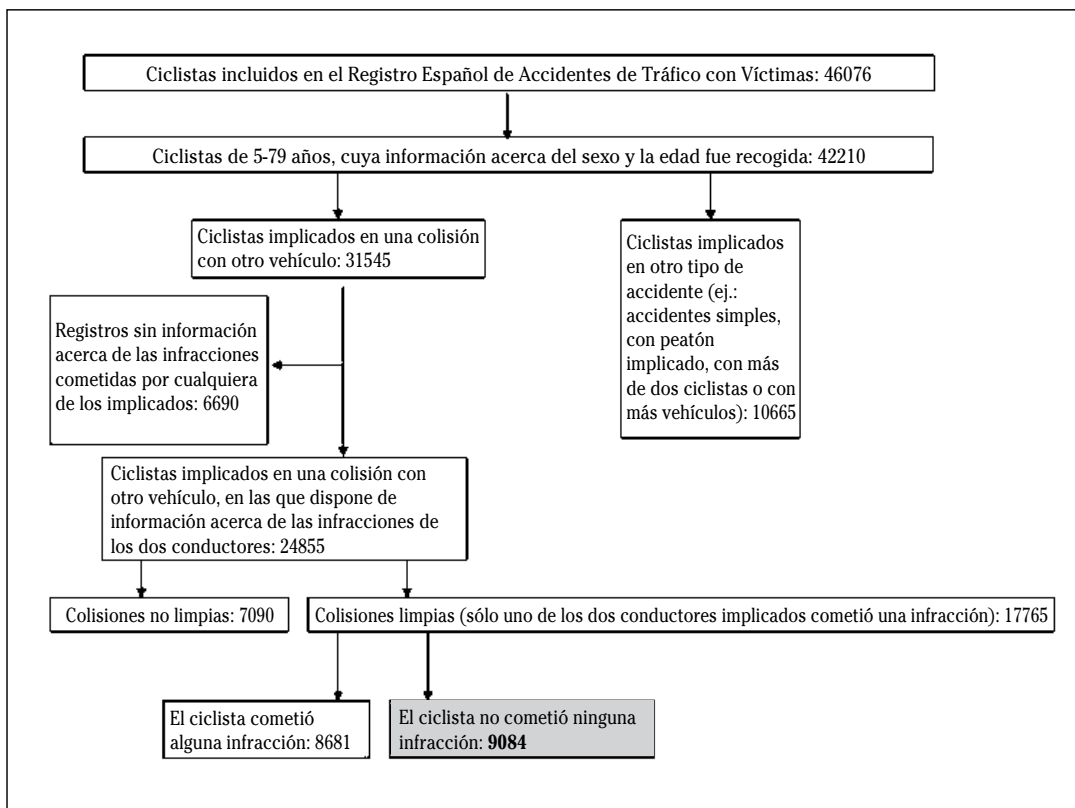
Este trabajo fue parcialmente financiado por el Ministerio de Educación mediante el Programa FPU (nº AP2012 – 1975).

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Tráfico. Barómetro Anual de la Bicicleta. Fundación ECA Bureau Veritas; 2011 [consultado 16 de diciembre 2012] Disponible en: http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidad-Transportes/EspecialInformativo/OficinaBici/barometro_bici_2011.pdf
2. CARE European Road Database Walking and cycling as transport modes. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/pedestrians/pedestrians_and_cyclists_unprotected_road_users/walking_and_cycling_as_transport_modes.htm [consultado 12 de marzo de 2012]
3. DE HARTOG J, BOOGAARD H, NIJLAND H, HOEK G. Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environ Health Persp* 2010; 118: 1109-1116.
4. HEINEN E, VAN WEE B, MAAT K. Commuting by bicycle: an overview of the literature. *Transport Rev* 2010; 30: 59-96.
5. SEGUÍ-GÓMEZ M, JIMÉNEZ-MEJÍAS E, LARDELLI-CLARET P. Epidemiología de las lesiones por causas externas. En: Martínez González MA, editor. *Conceptos de salud pública y estrategias preventivas*. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2013: 117-124.
6. PAPADIMITRIOU E, YANNIS G, BILJEVELD F, CARDOSO L J. Exposure data and risk indicators for safety performance assessment in Europe. *Accid Anal Prev* 2013; [En prensa].
7. YANNIS G, PAPADIMITRIOU E, LEJEUNE F. State of the Art Report on Risk and Exposure Data. Deliverable 2.1 of the SafetyNet project. European

- Comission, Brussels; 2005 [consultado 4 de julio de 2013]. Disponible en: <http://erso.swov.nl/safetynet/fixed/WP2/Deliverable%20wp%202.1%20state%20of%20the%20art.pdf>
8. POULOS RG, HARTFIELD J, RISSEL C, GRZEBIETA R, McINTOSH AS. Exposure-based cycling crash, near-miss and injury rates: The Safer Cycling Prospective Cohort Study protocol [study protocol]. *Inj Prev* 2012; 18: 1-4
 9. TWADDLE H, HALL F, BRACIC B. Latent bicycle commuting demand and effects of gender on commuter cycling and accident rates. *Transport Res Rec* 2010; 2190: 28-36.
 10. THORPE JT. Calculating relative involvement rates in accidents without determining exposure. *Traffic Safety Res Rev* 1967; 11: 3-8.
 11. JIANG X, LYLES RW. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accid Anal Prev* 2010; 42: 1352-1358.
 12. LENGUERRAND E, MARTIN JL, MOSKAL A, GADEGBEKU B, LAUMON B. Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case-control design. Application to the estimation of risks associated with driving under the influence of cannabis or alcohol. *Accid Anal Prev* 2008; 40: 861-868.
 13. CHANDRARATNA S, STAMATIADIS N. Quasi-induced exposure method: evaluation of non-at-fault assumption. *Accid Anal Prev* 2009; 41: 308-313.
 14. COOPER PJ, MECKLE W, ANDERSEN L. The efficiency of using non-culpable crash claim involvements from insurance data as a means of estimating travel exposure for road user sub-groups. *J Safety Res* 2010; 41: 129-136.
 15. LARDELLI-CLARET P, JIMÉNEZ-MOLEÓN JJ, LUNA-DEL-CASTILLO JD, GARCÍA-MARTÍN M, MORENO-ABRIL O, BUENO-CAVANILLAS A. Comparison between two quasi-induced exposure methods for studying risk factors for road crashes. *Am J Epidemiol* 2006; 163: 188-195.
 16. MARTÍNEZ-RUIZ V, LARDELLI-CLARET P, JIMÉNEZ-MEJÍAS E, AMEZCUA-PIRETO A, Jiménez-Moleón JJ, Luna del Castillo JD. Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method. *Accid Anal Prev* 2013; 51: 228-237.
 17. Stata Corp. *Stata Statistical Software: Release 11.0*. College Station, TX: Stata Corporation, 2009.
 18. PUCHER J, BUEHLER R. Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Rev* 2008; 28: 495-528
 19. GARRARD J. Healthy revolutions: promoting cycling among women. *Health Promot J Austr* 2003; 14: 213-215.
 20. GARRARD J, ROSE G, KAI LO S. Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. *Prev Med* 2008; 46: 55-59.
 21. BYRNES JP, MILLER DC, SCHAFER WD. Gender differences in risk taking: a meta-analysis. *Psychol Bull* 1999; 125: 367-383.
 22. REIMER B, DONMEZ B, LAVALLIÈRE M. Impact of age and cognitive demand on lane choice and changing under actual highway conditions. *Accid Anal Prev* 2013; 52: 125-132.
 23. HAKAMIES-BLOMQUIST, L. Older driver's accident risk: conceptual and methodological issues. *Accid Anal Prev* 1998; 30: 293-297.
 24. LANGLEY JD, DOW N, STEPHENSON S, KYPRI K. Missing cyclists. *Inj Prev* 2003; 9: 376-379.
 25. ELVIK R, MYSEN AB. Incomplete accident reporting. Meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transport Res Rec* 1999; (1665): 133-140.
 26. TIN TIN S, WOODWARD A, AMERATUNGA S. Injuries to pedal cyclists on New Zealand roads, 1988-2007. *BMC Public Health* 2010; 10: 655.
 27. BOUFOUS S, DE ROME L, SENSERRICK T, IVERS R. Risk factors for severe injury in cyclists involved in traffic crashes in Victoria, Australia. *Accid Anal Prev* 2012; 49: 404-409.
 28. LARDELLI-CLARET P, JIMÉNEZ-MOLEÓN JJ, LUNA-DEL-CASTILLO JD, BUENO-CAVANILLAS A. Individual factors affecting the risk of death for rear-seated passengers in road crashes. *Accid Anal Prev* 2005; 38: 563-566.
 29. KWEON YJ, KOCKELMAN KM. Overall injury risk to different drivers: combining exposure, frequency, and severity models. *Accid Anal Prev* 2003; 35: 441-450.
 30. MARING W, VAN SCHAGEN I. Age dependence of attitudes and Knowledge in cyclists. *Accid Anal Prev* 1990; 22: 127-136.
 31. FÉLONNEAU ML, CAUSSE E, CONSTANT A, CONTRAND B, MESSIAH A, LAGARDE E. Gender stereotypes and superior conformity of the self in a sample of cyclists. *Accid Anal Prev* 2012; 50: 336-340.

Anexo 1. Diagrama de flujo en el que se muestra la forma en la que fueron seleccionados los 9.084 ciclistas pasivamente implicados en colisiones con otro vehículo.



Anexo 2. Distribución de los ciclistas pasivamente implicados en el accidente, 1993-2009

Edad	Hombres		Mujeres	
	N	%	N	%
<10	97	1,22	21	1,86
10 a 14	433	5,44	62	5,49
15-19	939	11,80	137	12,13
20-24	858	10,79	186	16,47
25-29	822	10,33	164	14,53
30-34	776	9,75	138	12,22
35-39	744	9,35	114	10,10
40-44	636	7,99	82	7,26
45-49	637	8,01	67	5,93
50-54	480	6,03	52	4,61
55-59	401	5,04	33	2,92
60-64	392	4,93	39	3,45
65-69	354	4,45	16	1,42
70-74	249	3,13	11	0,97
>74	137	1,72	7	0,62
Total	7.955	100,00	1.129	100,00

Uso de casco

Edad	Hombres		Mujeres	
	N	%	N	%
<10	7	0,29	0	0,00
10 a 14	36	1,49	7	3,57
15-19	228	9,42	15	7,65
20-24	173	7,15	34	17,35
25-29	218	9,00	28	14,29
30-34	276	11,40	33	16,84
35-39	300	12,39	28	14,29
40-44	260	10,74	21	10,71
45-49	245	10,12	10	5,10
50-54	211	8,72	14	7,14
55-59	151	6,24	2	1,02
60-64	132	5,45	1	0,51
65-69	107	4,42	2	1,02
70-74	56	2,31	0	0,00
>74	21	0,87	1	0,51
Total	2421	100	196	100

No uso de casco

Edad	Hombres		Mujeres	
	N	%	N	%
<10	68	1,75	15	2,45
10 a 14	295	7,60	46	7,50
15-19	514	13,25	84	13,70
20-24	444	11,44	88	14,36
25-29	396	10,21	81	13,21
30-34	342	8,81	64	10,44
35-39	294	7,58	55	8,97
40-44	250	6,44	42	6,85
45-49	266	6,86	41	6,69
50-54	192	4,95	24	3,92
55-59	178	4,59	23	3,75
60-64	200	5,15	22	3,59
65-69	193	4,97	12	1,96
70-74	154	3,97	10	1,63
>74	94	2,42	6	0,98
Total	3.880	100	613	100

Carretera

Edad	Hombres		Mujeres	
	N	%	N	%
<10	15	0,39	7	2,20
10 a 14	105	2,75	17	5,35
15-19	316	8,27	37	11,64
20-24	296	7,75	32	10,06
25-29	367	9,61	37	11,64
30-34	389	10,19	40	12,58
35-39	399	10,45	37	11,64
40-44	369	9,66	32	10,06
45-49	393	10,29	14	4,40
50-54	288	7,54	20	6,29
55-59	228	5,97	13	4,09
60-64	231	6,05	14	4,40
65-69	209	5,47	8	2,52
70-74	148	3,88	5	1,57
>74	66	1,73	5	1,57
Total	3819	100	318	100

Zona urbana

Edad	Hombres		Mujeres	
	N	%	N	%
<10	82	1,98	14	1,73
10 a 14	328	7,93	45	5,55
15-19	623	15,06	100	12,33
20-24	562	13,59	154	18,99
25-29	455	11,00	127	15,66
30-34	387	9,36	98	12,08
35-39	345	8,34	77	9,49
40-44	267	6,46	50	6,17
45-49	244	5,90	53	6,54
50-54	192	4,64	32	3,95
55-59	173	4,18	20	2,47
60-64	161	3,89	25	3,08
65-69	145	3,51	8	0,99
70-74	101	2,44	6	0,74
>74	71	1,72	2	0,25
Total	4136	100	811	100

2. ASSOCIATION OF CYCLISTS' AGE AND SEX WITH RISK OF INVOLVEMENT IN A CRASH BEFORE AND AFTER ADJUSTMENT FOR CYCLING EXPOSURE



Association of cyclists' age and sex with risk of involvement in a crash before and after adjustment for cycling exposure



Virginia Martínez-Ruiz^{a,b,*}, Eladio Jiménez-Mejías^{a,b}, Juan de Dios Luna-del-Castillo^{b,c}, Miguel García-Martín^{a,b}, José Juan Jiménez-Moleón^{a,b}, Pablo Lardelli-Claret^{a,b}

^a Department of Preventive Medicine and Public Health, University of Granada, Avda. de Madrid 11, 18012 Granada, Spain

^b Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Spain

^c Department of Statistics and Operational Research, University of Granada, Avda. de Madrid 11, 18012 Granada, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 June 2013

Received in revised form

18 September 2013

Accepted 10 October 2013

Keywords:

Cyclists

Traffic accident

Exposure

Age

Sex

ABSTRACT

This study aimed to estimate the association of cyclists' age and sex with the risk of being involved in a crash with and without adjustment for their amount of exposure. We used the distribution of the entire population and cyclists (total and non-responsible) involved in road crashes in Spain between 1993 and 2009 held by the Spanish National Institute of Statistics and the Spanish General Traffic Directorate to calculate rates of exposure and involvement in a crash. Males aged 45–49 years were used as the reference category to obtain exposure rate ratios (ERR) and unadjusted crash rate ratios (URR). We then used these values in decomposition analysis to calculate crash rate ratios adjusted for exposure (ARR). The pattern of ARR was substantially different from URR. In both sexes the highest values were observed in the youngest age groups, and the values decreased as age increased except for a slight increase in the oldest age groups. In males, a slight increase in the lowest and highest age categories was observed for crashes resulting in severe injury or death, and a decrease was observed for the youngest cyclists who were wearing a helmet. The large differences between age and sex groups in the risk of involvement in a cycling crash are strongly dependent on differences in their exposure rates. Taking exposure rates into account, cyclists younger than 30 years and older than 65 years of age had the highest risk of being involved in a crash.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Road crashes involving cyclists are a growing public health problem worldwide, mainly because of the increasing exposure to cycling observed in most countries, particularly developed ones (de Hartog et al., 2010; Dirección General de Tráfico, 2011; Heinen et al., 2010). Therefore, interest is also growing in the analysis of factors related with the risk of involvement in crashes and injuries in cyclist (Bil et al., 2010; Juhra et al., 2012; Loo and Tsui, 2010; Lusk et al., 2011).

As occurs for other road crashes, the main determinant of cyclists' risk of involvement in a crash is their amount of exposure, measured as time or kilometers driven in a given period (European Road Safety Observatory, 2005). Clearly, this factor should be accounted for in analyses of the effect of all remaining factors that contribute to the risk of a crash or injuries involving cyclists. This

is not an easy task because routine studies designed to measure exposure from cycling are not readily available in most countries. Furthermore, these studies do not allow exposure estimates to be stratified according to other important individual or environmental determinants (i.e., type of cyclist, helmet use, hour of the day or type of road). In addition, follow-up studies of prospective cohorts of cyclists are difficult and expensive, and their potentially high internal validity may be offset by their low representativeness even at a local level. It is therefore not surprising that few epidemiologic studies are based on nested designs on well-defined cohorts of cyclists (Poulos et al., 2012).

Most developed countries maintain police-based road crash registries. Although it is well known that cycling-related crashes are severely underreported in this type of registry (Elvik and Mysen, 1999; Langley et al., 2003), this routine data source can be used to estimate the numerator for the rate of involvement in severe cycling crashes, assuming that underreporting of cycling crashes resulting in death or severe injuries is low. Using the total population as the denominator for these rates, we can obtain crash rate estimates that are not adjusted for exposure. However, police-based registries contain information which makes it possible to assign responsibility for the crash with some degree of certainty.

* Corresponding author at: Department of Preventive Medicine and Public Health School of Medicine, University of Granada, Avda. de Madrid 11, 18012 Granada, Spain. Tel.: +34 958 241000 4989.

E-mail address: virruiz@ugr.es (V. Martínez-Ruiz).

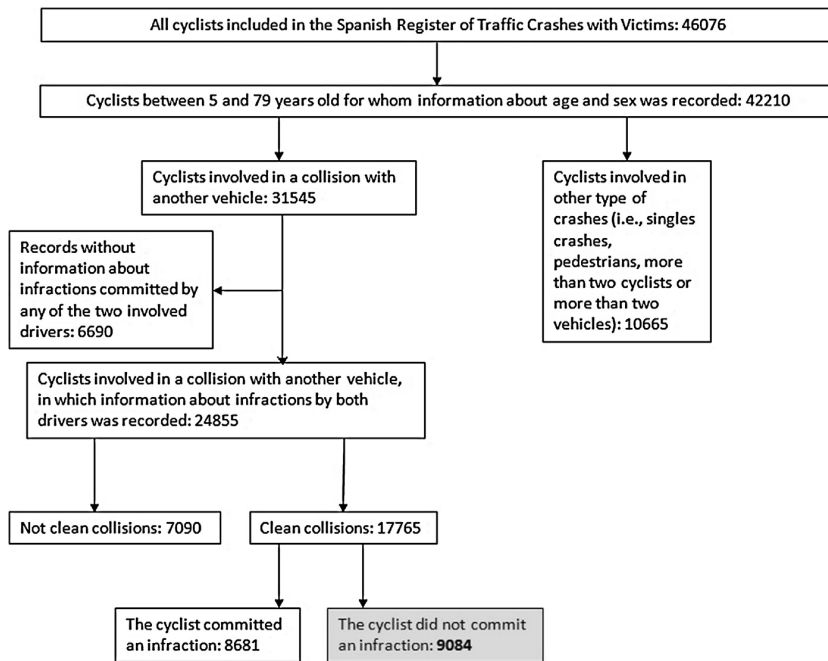


Fig. 1. Flow chart describing the selection of the population of non-responsible cyclists.

This is the grounds for analyses with the so-called quasi-exposure methods (Chandraratna and Stamatiadis, 2009; Cooper et al., 2010; Lenguerrand et al., 2008; Thorpe, 1967). In these methods, non-responsible cyclists involved in a crash can be used as a proxy sample of all cyclists, and rates of cycling exposure can be deduced from this subset of cyclists. These exposure rates can be used in turn to adjust estimates of the risk that a cyclist will be involved in a crash by the effect of cyclist- or environment-related factors.

In this study we demonstrate a specific application of this approach to estimate the association between cyclists' age and sex and the risk of being involved in a crash with and without adjustment for their amount of exposure, and with stratification according to several well-known individual and environmental risk factors for crashes involving cyclists.

2. Materials and methods

The main source of information for the present study was the Spanish Register of Road Crashes with Victims held by the Spanish General Traffic Directorate. The main characteristics of this police-based registry, designed to include all road crashes with victims in Spain, have been described in previous articles (Martínez-Ruiz et al., 2013). From this database we collected information about all 42,210 cyclists involved in road crashes in Spain from 1993 to 2009 for whom the registry recorded information about their age and sex. We included only cyclists between the ages of 5 and 79 years. One of the variables in the database is whether any of the drivers or cyclists involved in each crash committed a traffic code violation. From this information, as shown in the flowchart in Fig. 1, we selected all 17,765 cyclists involved in so-called "clean collisions", i.e., collisions between a cyclist and a vehicle in which one of the two drivers involved committed a traffic violation and the other did not. Finally, from this sample, we selected the subset of 9084 non-infractor cyclists (only the driver of the other vehicle committed an infraction). The probability that these cyclists were not responsible for the collisions in which they were involved in is very high. Therefore, in accordance with quasi-exposure methods, we assumed that the age and sex distribution of this sample of

mostly "innocent" cyclists would approximately resemble that of the overall population of cyclists on the road.

For all cyclists in the whole sample and for the subset of non-responsible cyclists we collected the following information:

- *Cyclist-related variables*: Age (5–9, 10–14, 15–19, 20–24, 25–29, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59, 60–64, 65–69, 70–74 and 75–79 years), sex, helmet use, reason for travel (work, leisure) and severity of injuries (death or severe injuries, minor injuries or not injured).
- *Environmental variables*: Zone (open road, urban), time (day or night) and type of day (working day or weekend).

The second data source was the Spanish National Institute of Statistics, from which we obtained estimates of the population aged 5–79 years stratified according to the same age and sex categories as those used for cyclists for each year between 1993 and 2009.

2.1. Analysis

Imagine a population subgroup termed i . According to decomposition analysis (Hermans et al., 2006; Li and Baker, 1996), the rate of involvement in a cycling crash for this subgroup can be calculated by multiplying two separate rates: the rate of exposure to cycling of people in category i and the rate of involvement in a crash of people in category i who are exposed (cycling). If we compare the rates of people in category i with the corresponding rates in a reference category of people (namely j), the model can be expressed as follows:

$$\frac{\text{Crash rate of } i \text{ people}}{\text{Crash rate of } j \text{ people}} = \frac{\text{exposure rate of } i \text{ people}}{\text{exposure rate of } j \text{ people}} \times \frac{\text{crash rate of } i \text{ people exposed to cycling}}{\text{crash rate of } j \text{ people exposed to cycling}} \quad (1)$$

Table 1
Unadjusted (URR) and adjusted crash rate ratio (ARR) according to age and sex categories.

Age (years)	URR		ARR	
	Males	Females	Males	Females
<10	0.66 (0.61–0.71)	0.11 (0.09–0.12)	3.42 (2.74–4.26)	2.47 (1.56–3.98)
10–14	2.35 (2.23–2.47)	0.32 (0.29–0.35)	2.99 (2.61–3.43)	2.73 (2.08–3.56)
15–19	2.77 (2.64–2.90)	0.34 (0.31–0.37)	1.91 (1.70–2.12)	1.54 (1.28–1.89)
20–24	1.42 (1.34–1.49)	0.30 (0.27–0.32)	1.24 (1.11–1.40)	1.16 (0.95–1.40)
25–29	1.19 (1.13–1.25)	0.27 (0.24–0.29)	1.20 (1.07–1.34)	1.29 (1.05–1.59)
30–34	1.08 (1.03–1.14)	0.18 (0.16–0.20)	1.16 (1.03–1.30)	1.05 (0.84–1.30)
35–39	1.03 (0.98–1.09)	0.14 (0.12–0.15)	1.08 (0.96–1.21)	0.93 (0.75–1.17)
40–44	0.98 (0.93–1.04)	0.12 (0.11–0.14)	1.09 (0.97–1.24)	1.06 (0.83–1.40)
45–49	1 (Reference)	0.10 (0.09–0.12)	1 (Reference)	1.00 (0.75–1.34)
50–54	0.90 (0.84–0.95)	0.09 (0.08–0.11)	1.05 (0.92–1.21)	1.08 (0.77–1.44)
55–59	0.79 (0.74–0.85)	0.07 (0.06–0.09)	1.01 (0.87–1.16)	1.20 (0.79–1.78)
60–64	0.80 (0.75–0.86)	0.06 (0.05–0.08)	0.97 (0.84–1.11)	0.87 (0.59–1.31)
65–69	0.77 (0.72–0.83)	0.05 (0.04–0.06)	0.95 (0.82–1.10)	1.57 (0.89–2.73)
70–74	0.75 (0.70–0.81)	0.03 (0.02–0.04)	1.13 (0.96–1.33)	1.57 (0.78–3.14)
>74	0.63 (0.58–0.69)	0.02 (0.01–0.03)	1.25 (1.02–1.55)	1.45 (0.56–3.38)

Hereafter we will define term A in the above expression as the unadjusted crash rate ratio for people in category i (URR_i), term B as the exposure rate ratio for people in category i (ERR_i), and term C as the crash rate ratio adjusted by exposure for people in category i (ARR_i). From expression (1), it can be deduced that:

$$ARR_i = \frac{URR_i}{ERR_i} \quad (2)$$

Here we use Eq. (2) to obtain ARR_i to estimate the strength of association between each age and sex category with the risk of involvement in a crash for a cyclist, adjusted by the amount of exposure to cycling. To do this, we first obtained two subsets of rates for each age and sex category i :

- *Unadjusted crash rates*: number of cyclists involved in crashes for each category i /total population included in each category i .
- *Exposure rates*: number of non-responsible cyclists in each category i /total population included in each category i . Obviously, the absolute magnitude of these exposure rates does not reflect the real amount of exposure to cycling in each age and sex population group, but the ratio between these two exposure rates (term B in Eq. (1)) is an unbiased estimate of the relative increase in the exposure to cycling of people in category i relative to people in category j .

After selecting males 45–49 years old as the reference category (j), we obtained the URR_i and the ERR_i for the remaining age and sex categories using the two sets of rates calculated previously. Confidence intervals were obtained after fitting a Poisson regression model for each subset of rates. Finally, ARR_i was calculated with Eq. (2). We used a bootstrap procedure to obtain confidence intervals for this last parameter.

The analysis described above was initially used for the entire study sample. In a second step, the numerators of both unadjusted crash rates and exposure rates were stratified according to the remaining cyclist- and environment-related variables, and the corresponding ARR_i were estimated for each stratum. Unfortunately, this stratified analysis could only be done for males: the low number of female cyclists involved in road crashes made it impossible to obtain stable estimators for this subgroup when they were stratified across other individual and environmental variables. Therefore the stratified analysis allowed us to assess how these variables modified the strength of association between age and adjusted crash rates only for male cyclists. All analyses were done with the Stata statistical package (version 11.0) (Stata Corp, 2009).

3. Results

The distribution of the total population is shown in Appendix A, and the distribution of all cyclists and non-responsible cyclists involved in crashes is shown in Appendix B. Table 1 shows the values of URR and ARR for each age and sex category. The highest URR values (Fig. 2a) were seen in males in the 10–19-year-old age group. A sharp decrease in URR was observed in the adjacent age groups (i.e., 5–9 years and 20–24 years). From the age of 25 years and older, an almost log-linear downward trend was observed up to the oldest age group (75–79 years). In females, all URR estimates were much lower than in males of the same age group. The highest values were observed between the ages of 10 and 29 years. The URR in the youngest age group was much lower than in other age groups, as observed for males. From 30 years of age and older, URR values decreased steadily as age increased, and the slope was steeper than in males. The decreases were especially large in the two oldest age groups.

The pattern of ARR (Fig. 2b) was substantially different. In both sexes the highest values were observed in the youngest age groups, and ARR decreased as age increased. In males this decrease led to the lowest values in the 65–69-year-old group, followed by a slight increase in the oldest age groups. In females, ARR values showed more fluctuation (because of the lower numbers of female cyclists involved in crashes), although the values remained relatively stable between the ages of 30 and 64 years. At older ages the ARR increased, as in male cyclists. The differences in ARR between males and females were very small, although in the youngest age groups the values for males tended to be slightly higher than in females. However, in the oldest age groups the ARR for women were higher than for men.

The results of the stratified analysis of ARR in males are shown in Appendix C. None of the individual or environmental variables substantially modified the overall pattern of ARR. The only relevant differences were a slight increase in ARR for the extreme age categories in the strata of more severe crashes (i.e. those resulting in death or severe injury) (Fig. 3a) and a substantial decrease in ARR for the youngest cyclists in the stratum of helmet users (Fig. 3b).

4. Discussion

Our analysis shows, as expected, that exposure has a strong influence on estimates of road crash rates in cyclists. Because the amount of cycling exposure is strongly dependent on age and sex, the differences in cycling crash rates by age and especially by sex

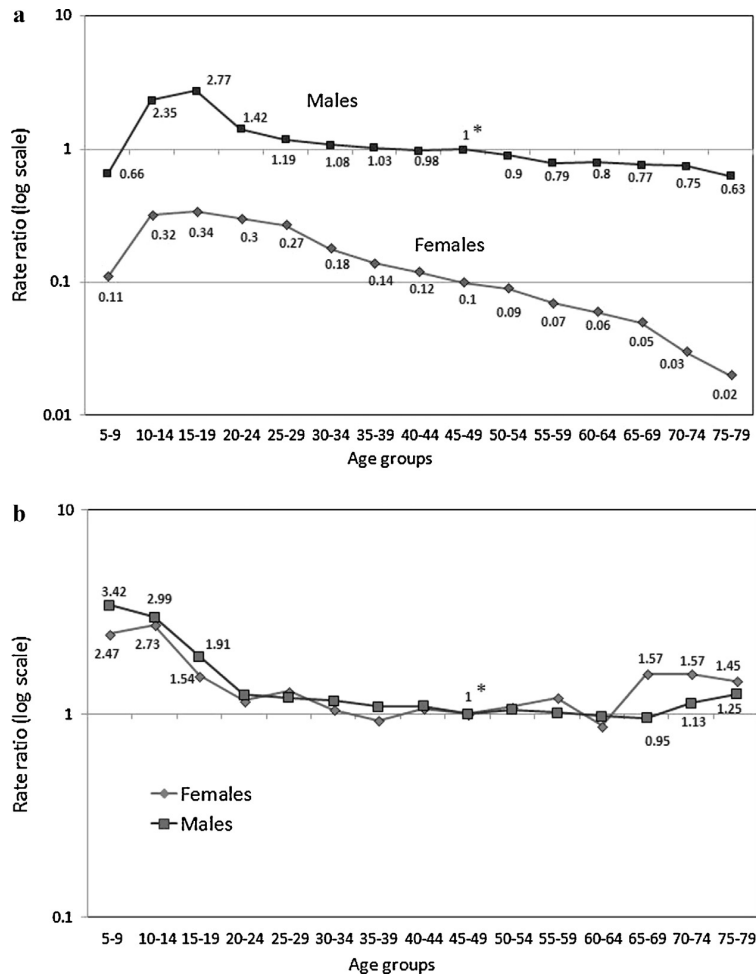


Fig. 2. (a) Unadjusted rate ratios of crashes in each age and sex group, Spain, 1993–2009. *Reference: males, 45–49 years old. (b) Adjusted rate ratios of crashes in each age and sex group, Spain, 1993–2009. *Reference: males, 45–49 years old.

category are much more pronounced for the URR than for the ARR. Furthermore, the pattern of cycling crash rates adjusted by age and sex group did not differ substantially from the patterns observed for other types of road drivers: excess risk was identified for extreme age categories, especially in youngest drivers (Charlton et al., 2006; Lardelli-Claret et al., 2003). Our analysis also detects a slight increase in risk for young male cyclist compared to females in the same age groups. Our results cannot easily be compared with earlier findings because most previous studies did not adjust their estimates for the amount of exposure in each group of cyclists. However, our results are in agreement with those of Wessels (1996), who reported the highest bicycle collision rate among 10–15-year-olds in Washington State. Another study in a sample of adult cyclists (Bil et al., 2010) found that people older than 65 years were more likely than members of other age groups to be involved in a collision that results in fatal injuries. In another study, Maring and van Schagen (1990) considered the amount of cycling exposure, and also found that extreme age groups showed excess risk.

Although it was not one of the aims of our study, some hypotheses can be suggested to explain the excess risk of involvement in a crash that we observed for the youngest and oldest cyclists after adjusting for exposure. First, it is well known that young cyclists, like other young road users, tend to be inexperienced (and therefore to have gained little exposure to cycling), and to have limited

knowledge of the traffic rules (Cestac et al., 2011; Ivers et al., 2009). These factors, in addition to lower perceived risk, may lead to an excess risk of involvement in a crash in this group. On the other hand, the higher risk in the oldest cyclists may be explained by their generally lower visual acuity and perhaps their longer reaction time in traffic situations (Schepers and den Brinker, 2011).

The stratified analysis suggests that the excess adjusted risk of involvement in a crash in the youngest and oldest cyclists is even greater when the analysis is restricted to more severe crashes resulting in death or severe injuries. In the youngest cyclists this increase may be explained by their low risk perception, which may make them prone to incur in cycling behaviors related with more severe crashes. In support of this hypothesis, we found that excess risk in the youngest cyclists is much lower in the stratum of helmeted cyclists. Because helmets are not mandatory in Spain for cycling in urban areas, non-use of a helmet may be a marker of other cycling patterns related with higher crash severity, such as speeding or driving under the influence of alcohol as shown in a previous study (Andersson and Bunkentorp, 2002). On the other hand, frailty bias (Shinar, 2007) may partially explain the excess risk of more severe crashes observed in the oldest cyclists: as age increases, both the severity of the crash and the likelihood of being included in the police registry of crashes increase. Perhaps frailty also accounts for at least part of the increased risk in older women cyclists compared to men in the same age groups.

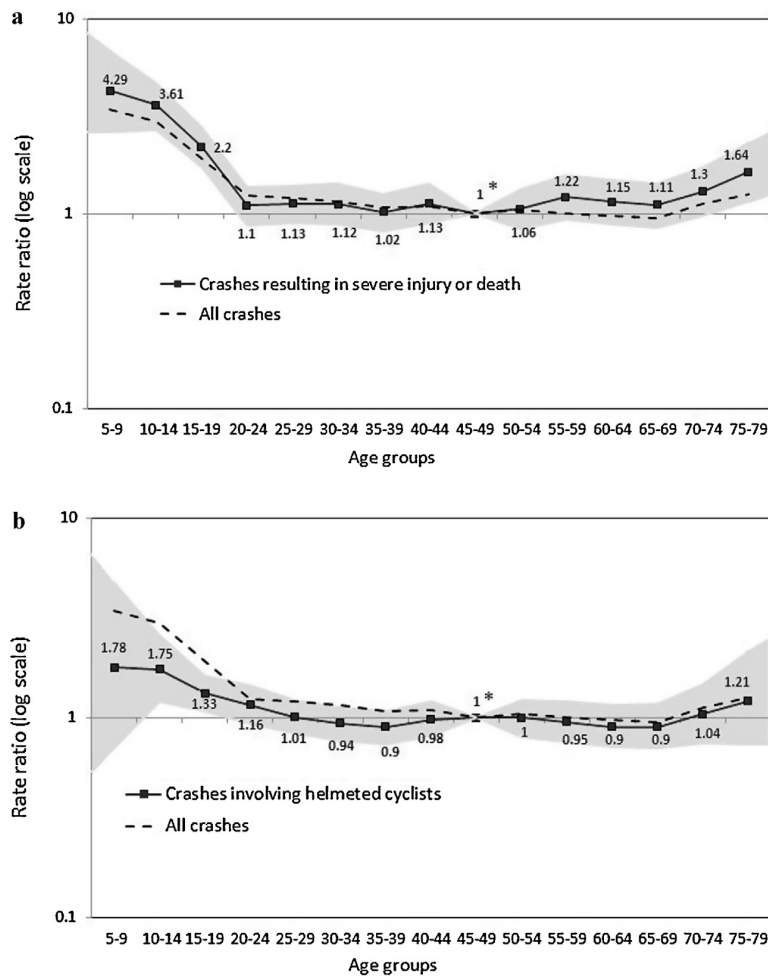


Fig. 3. (a) Adjusted rate ratios of crashes resulting in severe injury or death in males, Spain, 1993–2009. *Reference: 45–49 years old. Shading around the line depicts 95% confidence intervals of point estimates. (b) Adjusted rate ratios of crashes involving helmeted male cyclists, Spain, 1993–2009. *Reference: 45–49 years old. Shading around the line depicts 95% confidence intervals of point estimates.

Our results should be interpreted with caution because of some methodological limitations in our study design. For example, two sources of selection bias cannot be ruled out. First, as several previous studies have shown in other countries (Elvik and Mysen, 1999; Langley et al., 2003), police-based registries tend to severely underreport crashes involving cyclists, particularly those resulting in minor injuries. Therefore the pattern described in our study may not be entirely applicable to all cycling crashes, but may be relevant particularly to more severe ones. Second, the need to select the subset of clean collisions in order to apply the quasi-induced exposure method obliged us to exclude from the original database 6690 registries for which information was missing about infractions committed by the cyclist or driver of the other vehicle.

The way we estimated exposure rates is based on a quasi-induced methodology. Several authors have questioned the validity of this method because of two main problems: uncertainties in attributing responsibility based on police records, and the lack of representativeness of non-responsible drivers as a valid sample of all drivers on the road. Regarding the first issue, from an epidemiological point of view almost all health outcomes (and particularly road crashes), are multicausal, so it is not possible to identify a single necessary or sufficient cause. In our study, we assume a multicausal deterministic model (Rothman, 2012) according to which a given health event is the outcome of the combination of a (usually

large) set of component causes which result in a specific sufficient cause. In our clean collisions (in which one of the drivers committed an infraction and the other did not), the use of the word “responsible” specifically means that among the set of component causes contributing to the sufficient cause which led to this kind of crash, the infractor driver was much more likely than the non-infractor driver to be one of the contributing components. However, if responsibility is misattributed to an undetermined degree but is not related to either age or sex of the involved drivers, the resulting non-differential misclassification would tend to bias the associations toward the null. Regarding the second problem, it can be assumed that the proportion of type *i* cyclists in the whole population of innocent cyclists struck by another vehicle would correlated strongly with the proportion of type *i* cyclists in the whole population of cyclists on the road. This is the grounds for the quasi-induced exposure method, which has been used extensively for other types of road crashes (Chandraratna and Stamatidis, 2009; Cooper et al., 2010; Lenguerrand et al., 2008; Thorpe, 1967). Unfortunately, we cannot compare our quasi-induced ARR estimates with those obtained through direct measurements of exposure for cyclists in Spain. Finally, although the characteristics of our non-responsible cyclists did not entirely match those of all cyclists on the road (for example, it can be argued that our sample of non-responsible cyclists was obtained in a road environment where

collisions with other vehicles were more frequent than the “average” for all types of environments), this exposure environment is precisely that in which the risk of severe injury is highest, since single crashes result in mild injuries or no injuries to cyclists more often than collisions with other vehicles do (Langley et al., 2003). Our results can thus be considered applicable mainly to more severe cycling crashes (i.e. collisions with another vehicle), in view of the fact that we used a database in which less severe crashes are known to be markedly underreported.

5. Conclusions

In summary, the large differences between sexes and age groups in the risk of involvement in a cycling crash were strongly dependent on differences in their exposure rates. When exposure rates were taken into account in the analysis, a clear increase in the risk of a crash was still observed for cyclists younger than 30 years of age, and a smaller increase was found for cyclists more than 65 years old. This pattern, which resembles the risk pattern found for drivers of other vehicles, was even more evident for severe crashes. Policies that aim to increase bicycle use must be accompanied by strategies designed to minimize the negative impact of cycling on injury risk, such as the promotion of helmet use or measures aimed

at decreasing the speed of traffic in urban zones, which may help to reduce the severity of crashes. In this connection our results suggest that as for other road users, special attention should be given to the youngest (<20 years old) and oldest cyclists (>65 years old) because of their increased accident rate after adjustment for exposure.

Financial support

None.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgments

We wish to thank the Spanish General Traffic Directorate (DGT) for allowing access to their database of traffic accidents with victims, and K. Shashok for improving the use of English in the manuscript.

Appendix A. Distribution of the general population in Spain, 1993–2009

Age (years)	Total N (%) ^a	Males N (%) ^a	Females N (%) ^a
5–9	34,613,886(5.39)	17,879,597(5.61)	16,734,289(5.18)
10–14	38,486,586(6.00)	19,844,689(6.23)	18,641,897(5.77)
15–19	45,505,308(7.09)	23,328,055(7.32)	22,177,253(6.86)
20–24	53,011,972(8.26)	27,093,395(8.51)	25,918,577(8.02)
25–29	58,442,101(9.11)	29,876,475(9.38)	28,565,626(8.84)
30–34	58,532,658(9.12)	29,842,100(9.37)	28,690,558(8.88)
35–39	55,187,637(8.60)	27,908,049(8.76)	27,279,588(8.44)
40–44	50,648,069(7.89)	25,410,024(7.98)	25,238,045(7.81)
45–49	46,013,869(7.17)	22,926,126(7.20)	23,087,743(7.14)
50–54	41,099,273(6.40)	20,312,029(6.38)	20,787,244(6.43)
55–59	37,605,763(5.86)	18,338,657(5.76)	19,267,106(5.96)
60–64	35,697,545(5.56)	17,102,353(5.37)	18,595,192(5.75)
65–69	33,403,827(5.21)	15,571,306(4.89)	17,832,521(5.52)
70–74	30,118,109(4.69)	13,421,016(4.21)	16,697,093(5.17)
75–79	23,372,017(3.64)	9,652,170(3.03)	13,719,847(4.24)
Total	641,738,620(100)	318,506,041(100)	323,232,579(100)

^a Summation of all people from 1993 to 2009.

Appendix B. Distribution of total and non-responsible cyclists involved in road crashes in Spain, 1993–2009

AGE (years)	All cyclists involved in crashes			Non-responsible cyclists involved in a collision		
	Total N (%)	Males N (%)	Females N (%)	Total N (%)	Males N (%)	Females N (%)
5–9	1327(3.14)	1153(3.10)	174(3.47)	118(1.30)	97(1.22)	21(1.86)
10–14	5142(12.18)	4556(12.25)	586(11.69)	495(5.45)	433(5.44)	62(5.49)
15–19	7047(16.70)	6308(16.96)	739(14.74)	1076(11.85)	939(11.80)	137(12.13)
20–24	4497(10.65)	3746(10.07)	751(14.98)	1044(11.49)	858(10.79)	186(16.47)
25–29	4212(9.98)	3470(9.33)	742(14.80)	986(10.85)	822(10.33)	164(14.53)
30–34	3664(8.68)	3155(8.48)	509(10.16)	914(10.06)	776(9.75)	138(12.22)
35–39	3191(7.56)	2822(7.59)	369(7.36)	858(9.45)	744(9.35)	114(10.10)
40–44	2745(6.50)	2444(6.57)	301(6.01)	718(7.90)	636(7.99)	82(7.26)
45–49	2472(5.86)	2240(6.02)	232(4.63)	704(7.75)	637(8.01)	67(5.93)
50–54	1968(4.66)	1777(4.78)	191(3.81)	532(5.86)	480(6.03)	52(4.61)
55–59	1559(3.69)	1424(3.83)	135(2.69)	434(4.78)	401(5.04)	33(2.92)
60–64	1456(3.45)	1340(3.60)	116(2.31)	431(4.74)	392(4.93)	39(3.45)
65–69	1261(2.99)	1179(3.17)	82(1.64)	370(4.07)	354(4.45)	16(1.42)
70–74	1042(2.47)	987(2.65)	55(1.10)	260(2.86)	249(3.13)	11(0.97)
75–79	627(1.49)	597(1.60)	30(0.60)	144(1.59)	137(1.72)	7(0.62)
Total	42,210(100)	37,198(100)	5012(100)	9084(100)	7955(100)	1129(100)

Appendix C. Stratified estimates of URR and ARR in males

See Tables C.1–C.6.

Table C.1
Unadjusted (URR) and adjusted crash rate ratio (ARR) for males according to zone.

Age (years)	Open road		Urban area	
	URR	ARR	URR	ARR
5–9	0.25 (0.21–0.28)	5.46 (3.19–9.61)	1.23 (1.12–1.35)	2.88 (2.17–3.75)
10–14	1.08 (1.00–1.17)	3.55 (2.84–4.50)	4.10 (3.81–4.41)	2.66 (2.22–3.19)
15–19	1.37 (1.28–1.47)	1.74 (1.48–2.02)	4.69 (4.38–5.04)	1.88 (1.59–2.21)
20–24	0.70 (0.64–0.75)	1.10 (0.91–1.31)	2.41 (2.23–2.59)	1.24 (1.04–1.45)
25–29	0.73 (0.68–0.79)	1.02 (0.88–1.20)	1.82 (1.68–1.96)	1.27 (1.07–1.52)
30–34	0.77 (0.71–0.83)	1.02 (0.86–1.18)	1.51 (1.40–1.63)	1.25 (1.04–1.50)
35–39	0.86 (0.80–0.93)	1.03 (0.87–1.20)	1.27 (1.17–1.38)	1.10 (0.92–1.31)
40–44	0.91 (0.84–0.98)	1.07 (0.92–1.26)	1.09 (1.00–1.19)	1.12 (0.91–1.34)
45–49	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)
50–54	0.90 (0.83–0.98)	1.10 (0.92–1.29)	0.89 (0.81–0.98)	1.00 (0.81–1.22)
55–59	0.80 (0.74–0.88)	1.11 (0.93–1.33)	0.78 (0.71–0.87)	0.89 (0.71–1.11)
60–64	0.83 (0.76–0.91)	1.06 (0.88–1.27)	0.76 (0.69–0.85)	0.87 (0.70–1.09)
65–69	0.83 (0.76–0.91)	1.07 (0.88–1.28)	0.70 (0.62–0.78)	0.81 (0.63–1.01)
70–74	0.78 (0.70–0.86)	1.22 (0.98–1.49)	0.72 (0.64–0.81)	1.03 (0.79–1.33)
75–79	0.64 (0.57–0.72)	1.62 (1.22–2.13)	0.63 (0.55–0.72)	0.93 (0.68–1.25)

Table C.2
Unadjusted (URR) and adjusted crash rate ratio (ARR) for males according to hour of the day.

Age (years)	Day		Night	
	URR	ARR	URR	ARR
5–9	0.69 (0.64–0.74)	3.45 (2.69–4.41)	0.40 (0.30–0.52)	3.86 (1.43–11.11)
10–14	2.43 (2.31–2.57)	3.04 (2.66–3.46)	1.57 (1.31–1.87)	2.61 (1.64–4.15)
15–19	2.73 (2.60–2.88)	1.91 (1.69–2.14)	3.09 (2.65–3.60)	1.98 (1.32–2.80)
20–24	1.33 (1.26–1.40)	1.21 (1.07–1.38)	2.23 (1.91–2.61)	1.48 (1.01–2.07)
25–29	1.10 (1.04–1.17)	1.18 (1.04–1.33)	2.00 (1.71–2.34)	1.36 (0.92–1.87)
30–34	1.02 (0.96–1.08)	1.14 (1.00–1.30)	1.65 (1.40–1.94)	1.27 (0.86–1.76)
35–39	0.99 (0.94–1.05)	1.06 (0.93–1.19)	1.41 (1.20–1.67)	1.27 (0.85–1.82)
40–44	0.96 (0.90–1.02)	1.09 (0.96–1.25)	1.25 (1.05–1.49)	1.13 (0.77–1.61)
45–49	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)
50–54	0.89 (0.84–0.95)	1.06 (0.92–1.20)	0.91 (0.75–1.12)	1.13 (0.70–1.73)
55–59	0.80 (0.74–0.85)	1.01 (0.87–1.16)	0.79 (0.64–0.98)	1.14 (0.68–1.82)
60–64	0.81 (0.75–0.87)	0.97 (0.84–1.13)	0.73 (0.58–0.91)	1.08 (0.64–1.74)
65–69	0.77 (0.72–0.83)	0.98 (0.83–1.16)	0.79 (0.63–0.99)	0.74 (0.45–1.10)
70–74	0.76 (0.70–0.82)	1.19 (1.00–1.41)	0.71 (0.56–0.91)	0.81 (0.48–1.33)
75–79	0.64 (0.59–0.71)	1.29 (1.03–1.58)	0.54 (0.40–0.73)	1.02 (0.49–2.02)

Table C.3
Unadjusted (URR) and adjusted crash rate ratio (ARR) for males according to type of day.

Age (years)	Working day		Weekend	
	URR	ARR	URR	ARR
5–9	0.76 (0.69–0.83)	3.81 (2.89–4.90)	0.51 (0.45–0.58)	2.91 (1.94–4.35)
10–14	2.82 (2.65–3.01)	3.23 (2.75–3.77)	1.64 (1.50–1.78)	2.67 (2.10–3.40)
15–19	3.46 (3.26–3.68)	2.02 (1.78–2.31)	1.72 (1.58–1.87)	1.82 (1.46–2.20)
20–24	1.84 (1.72–1.96)	1.33 (1.17–1.52)	0.78 (0.71–0.86)	1.14 (0.91–1.43)
25–29	1.45 (1.36–1.55)	1.25 (1.08–1.44)	0.79 (0.72–0.87)	1.19 (0.95–1.47)
30–34	1.29 (1.20–1.38)	1.19 (1.03–1.36)	0.77 (0.70–0.85)	1.19 (0.97–1.47)
35–39	1.17 (1.09–1.26)	1.13 (0.98–1.30)	0.83 (0.75–0.91)	1.04 (0.84–1.27)
40–44	1.03 (0.96–1.11)	1.07 (0.92–1.25)	0.91 (0.83–1.00)	1.18 (0.95–1.46)
45–49	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)
50–54	0.90 (0.84–0.98)	1.06 (0.89–1.24)	0.88 (0.80–0.97)	1.07 (0.84–1.33)
55–59	0.85 (0.78–0.92)	1.04 (0.88–1.26)	0.72 (0.64–0.80)	0.98 (0.76–1.24)
60–64	0.91 (0.84–0.99)	1.05 (0.88–1.24)	0.64 (0.57–0.72)	0.87 (0.67–1.12)
65–69	0.93 (0.85–1.01)	1.02 (0.86–1.21)	0.54 (0.47–0.61)	0.86 (0.67–1.11)
70–74	0.92 (0.84–1.00)	1.20 (0.99–1.45)	0.51 (0.44–0.58)	1.10 (0.80–1.50)
75–79	0.78 (0.70–0.87)	1.30 (1.03–1.64)	0.41 (0.35–0.49)	1.27 (0.85–1.90)

Table C.4

Unadjusted (URR) and adjusted crash rate ratio (ARR) for males according to helmet use.

Age (years)	Helmet		No helmet	
	URR	ARR	URR	ARR
5–9	0.55 (0.40–0.76)	1.78 (0.70–4.78)	1.16 (1.06–1.27)	3.59 (2.69–4.75)
10–14	0.29 (0.25–0.34)	1.75 (1.21–2.58)	4.07 (3.79–4.38)	3.19 (2.66–3.82)
15–19	1.21 (0.10–1.32)	1.33 (1.07–1.63)	3.93 (3.66–4.22)	2.08 (1.76–2.45)
20–24	0.68 (0.62–0.76)	1.16 (0.93–1.44)	1.84 (1.70–1.99)	1.31 (1.09–1.55)
25–29	0.69 (0.62–0.76)	1.01 (0.83–1.22)	1.47 (1.35–1.59)	1.29 (1.07–1.53)
30–34	0.81 (0.74–0.89)	0.94 (0.77–1.13)	1.22 (1.12–1.32)	1.24 (1.04–1.47)
35–39	0.90 (0.82–0.99)	0.90 (0.74–1.08)	1.09 (1.00–1.19)	1.21 (0.99–1.47)
40–44	0.93 (0.85–1.03)	0.98 (0.81–1.21)	1.01 (0.93–1.10)	1.20 (0.97–1.48)
45–49	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)
50–54	0.96 (0.87–1.06)	1.00 (0.80–1.22)	0.88 (0.80–0.97)	1.08 (0.87–1.32)
55–59	0.73 (0.65–0.81)	0.95 (0.76–1.21)	0.89 (0.81–0.98)	1.07 (0.87–1.32)
60–64	0.64 (0.57–0.72)	0.90 (0.71–1.15)	0.99 (0.90–1.10)	0.99 (0.79–1.23)
65–69	0.57 (0.50–0.65)	0.90 (0.70–1.17)	1.06 (0.96–1.17)	1.00 (0.80–1.23)
70–74	0.40 (0.34–0.46)	1.04 (0.75–1.47)	1.18 (1.06–1.30)	1.21 (0.95–1.53)
75–79	0.23 (0.19–0.29)	1.21 (0.73–2.13)	1.08 (0.96–1.21)	1.30 (0.98–1.66)

Table C.5

Unadjusted (URR) and adjusted crash rate ratio (ARR) for males according to reason for travel.

Age (years)	Work-related		Leisure	
	URR	ARR	URR	ARR
5–9	0.25 (0.19–0.35)	5.04 (1.43–18.42)	0.75 (0.69–0.82)	3.77 (2.88–4.93)
10–14	1.30 (1.10–1.55)	3.20 (1.92–5.47)	2.54 (2.39–2.71)	3.33 (2.85–3.92)
15–19	2.95 (2.55–3.41)	2.19 (1.51–3.07)	2.51 (2.36–2.66)	2.00 (1.73–2.30)
20–24	2.49 (2.16–2.88)	1.52 (1.07–2.08)	1.03 (0.96–1.10)	1.20 (1.03–1.38)
25–29	1.85 (1.59–2.15)	1.49 (1.03–2.08)	0.90 (0.84–0.96)	1.12 (0.96–1.29)
30–34	1.62 (1.39–1.89)	1.24 (0.89–1.69)	0.87 (0.81–0.93)	1.11 (0.96–1.29)
35–39	1.38 (1.18–1.62)	1.30 (0.90–1.82)	0.90 (0.84–0.97)	1.05 (0.90–1.20)
40–44	1.05 (0.89–1.25)	1.16 (0.78–1.63)	0.95 (0.88–1.02)	1.09 (0.93–1.26)
45–49	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)
50–54	0.74 (0.61–0.91)	1.12 (0.72–1.71)	0.93 (0.86–1.00)	1.10 (0.93–1.30)
55–59	0.89 (0.73–1.08)	1.06 (0.69–1.64)	0.78 (0.72–0.85)	1.06 (0.88–1.26)
60–64	0.68 (0.55–0.85)	0.96 (0.59–1.50)	0.81 (0.75–0.89)	1.04 (0.88–1.23)
65–69	0.52 (0.41–0.67)	0.86 (0.52–1.38)	0.81 (0.74–0.88)	1.00 (0.83–1.18)
70–74	0.47 (0.36–0.62)	1.36 (0.70–2.54)	0.77 (0.70–0.85)	1.34 (1.10–1.64)
75–79	0.40 (0.29–0.56)	1.76 (0.69–3.94)	0.60 (0.54–0.68)	1.44 (1.10–1.85)

Table C.6

Unadjusted (URR) and adjusted crash rate ratio (ARR) for males according to severity of injuries.

Age (years)	Mild injuries		Severe injuries	
	URR	ARR	URR	ARR
5–9	0.66 (0.61–0.72)	3.21 (2.47–4.24)	0.66 (0.58–0.75)	4.29 (2.61–6.86)
10–14	2.49 (2.35–2.65)	2.87 (2.46–3.35)	2.06 (1.87–2.26)	3.61 (2.71–4.71)
15–19	3.06 (2.89–3.24)	1.85 (1.61–2.10)	2.08 (1.90–2.27)	2.20 (1.75–2.76)
20–24	1.59 (1.50–1.69)	1.29 (1.13–1.48)	0.99 (0.89–1.09)	1.10 (0.87–1.36)
25–29	1.32 (1.24–1.41)	1.21 (1.06–1.37)	0.82 (0.74–0.91)	1.13 (0.90–1.39)
30–34	1.21 (1.13–1.29)	1.16 (1.02–1.33)	0.76 (0.68–0.85)	1.12 (0.88–1.42)
35–39	1.07 (1.00–1.14)	1.10 (0.94–1.26)	0.92 (0.83–1.02)	1.02 (0.81–1.25)
40–44	1.03 (0.96–1.10)	1.09 (0.93–1.24)	0.88 (0.79–0.98)	1.13 (0.89–1.42)
45–49	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)	1 (Ref.)
50–54	0.88 (0.82–0.95)	1.05 (0.89–1.24)	0.92 (0.82–1.02)	1.06 (0.83–1.34)
55–59	0.75 (0.69–0.81)	0.94 (0.79–1.12)	0.91 (0.81–1.02)	1.22 (0.94–1.58)
60–64	0.70 (0.64–0.76)	0.89 (0.74–1.05)	1.04 (0.93–1.16)	1.15 (0.88–1.49)
65–69	0.66 (0.60–0.72)	0.87 (0.71–1.04)	1.05 (0.94–1.18)	1.11 (0.85–1.43)
70–74	0.62 (0.56–0.68)	1.04 (0.85–1.30)	1.06 (0.94–1.20)	1.30 (0.97–1.71)
75–79	0.45 (0.40–0.51)	1.01 (0.77–1.31)	1.04 (0.91–1.19)	1.64 (1.16–2.32)

References

- Andersson, A.L., Bunkentorp, O., 2002. Cycling and alcohol. *Injury* 33, 467–471.
- Bil, M., Bílova, M., Müller, I., 2010. Critical factors in fatal collisions of adult cyclists with automobiles. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1632–1636.
- Cestac, J., Paran, F., Delhomme, P., 2011. Young drivers' sensation seeking, subjective norms, and perceived behavioral control and their roles in predicting speeding intention: how risk-taking motivations evolve with gender and driving experience. *Safety Sci.* 49, 424–432.
- Chandraratna, S., Stamatiadis, N., 2009. Quasi-induced exposure method: evaluation of non-at-fault assumption. *Accid. Anal. Prev.* 41, 308–313.
- Charlton, J., Oxley, J., Scully, J., Koppel, S., Congiu, M., Muir, C., Fildes, B., 2006. Self-regulatory Driving Practices of Older Drivers in the Australian Capital Territory and New South Wales. Accident Research Centre, Monash University <http://www.monash.edu.au/miri/research/reports/muarc254.html> (last accessed 11.05.13).
- Cooper, P.J., Meckle, W., Andersen, L., 2010. The efficiency of using non-culpable crash claim involvements from insurance data as a mean of estimating travel exposure for road users sub-groups. *J. Safety Res.* 41, 129–136.

- de Hartog, J., Boogaard, H., Nijland, H., Hoek, G., 2010. Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environ. Health Perspect.* 118, 1109–1116.
- Dirección General de Tráfico, 2011. Barómetro anual de la bicicleta. Fundación ECA Bureau Veritas. http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidadTransportes/EspecialInformativo/OficinaBici/barometro.bici_2011.pdf (last accessed 02.06.13).
- Elvik, R., Mysen, A.B., 1999. Incomplete accident reporting, meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transport Res. Rec.* 1665, 133–140.
- European Road Safety Observatory, 2005. State of the Art Report on Risk and Exposure Data. <http://erso.swov.nl/safetynet/fixed/WP2/Deliverable%20wp%202.1%20state%20of%20the%20art.pdf> (last accessed 03.04.13).
- Heinen, E., van Wee, B., Maat, K., 2010. Commuting by bicycle: an overview of the literature. *Transport Rev.* 30, 59–96.
- Hermans, E., Wets, G., Van den Bossche, F., 2006. Describing the evolution in the number of highway deaths by decomposition in exposure, accident risk and fatality risk. *Transport Res. Rec.* 1950, 1–8.
- Ivers, R., Sanserrick, T., Boufous, S., Stevenson, M., Chen, H.-Y., Woodward, M., Norton, R., 2009. Novice drivers' risky behaviour, risk perception, and crash risk: findings from the DRIVE study. *Am. J. Public Health.* 99, 1638–1644.
- Juhra, C., Wieskötter, B., Chu, K., Trost, L., Weiss, U., Messerschmidt, M., Malczyk, A., Heckwolf, M., Raschke, M., 2012. Bicycle accidents – do we only see the tip of the iceberg? A prospective multi-centre study in a large German city combining medical and police data. *Injury Int. J. Care* 43, 2026–2034.
- Langley, J.D., Dow, N., Stephenson, S., Kypri, K., 2003. Missing cyclists. *Inj. Prev.* 9, 376–379.
- Lardelli-Claret, P., Luna-del-Castillo, J.D., Jiménez-Moleón, J.J., Bueno-Cavanillas, A., García-Martín, M., Gálvez-Vargas, R., 2003. Age and sex differences in the risk of causing vehicle collisions in Spain, 1990 to 1999. *Accid. Anal. Prev.* 35, 261–272.
- Lenguerrand, E., Martin, J.L., Moskal, A., Gadegbeku, B., Laumon, B., 2008. Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case-control design. Application to the estimation of risks associated under driving under the influence of cannabis or alcohol. *Accid. Anal. Prev.* 40, 861–868.
- Li, G., Baker, S.P., 1996. Exploring the male-female discrepancy in death rates from bicycling injury: the decomposition method. *Accid. Anal. Prev.* 28, 537–540.
- Loo, B.P.Y., Tsui, K.L., 2010. Bicycle crashes in a highly motorized city. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1902–1907.
- Lusk, A.C., Furth, P.G., Morency, P., Miranda-Moreno, L.F., Willett, W.C., Dennerlein, J.T., 2011. Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. *Inj. Prev.* 17, 131–135.
- Maring, W., van Schagen, I., 1990. Age dependence of attitudes and knowledge in cyclists. *Accid. Anal. Prev.* 22, 127–136.
- Martínez-Ruiz, V., Lardelli-Claret, P., Jiménez-Mejías, E., Amezcua-Prieto, C., Jiménez-Moleón, J.J., Luna-del-Castillo, J.D., 2013. Risk factors for causing road crashes involving cyclists: an application of a quasi-induced exposure method. *Accid. Anal. Prev.* 51, 228–237.
- Poulos, R.G., Hartfield, J., Rissel, C., Grzebieta, R., McIntosh, A.S., 2012. Exposure-based cycling crash, near-miss and injury rates: the Safer Cycling Prospective Cohort Study protocol. *Inj. Prev.* 18, 1–4.
- Rothman, K., 2012. What is causation? In: *Epidemiology: An Introduction*, 2nd ed. Oxford University Press, USA, pp. 23–38.
- Schepers, P., den Brinker, B., 2011. What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics* 54, 315–327.
- Shinar, D., 2007. *Traffic Safety and Human Behavior*. Elsevier, Oxford.
2009. *Stata Corp Stata Statistical Software: Release 11.0*. Stata Corporation, College Station, TX.
- Thorpe, J.T., 1967. Calculating relative involvement rates in accidents without determining exposure. *Traffic Safety Res. Rev.* 11, 3–8.
- Wessels, R.L., 1996. Bicycle collisions in Washington state: a six-year perspective, 1988–1993. *Transport Res. Rec.* 1538, 81–90.

**3. RISK FACTORS FOR CAUSING ROAD CRASHES INVOLVING
CYCLISTS: AN APPLICATION OF A QUASI-INDUCED EXPOSURE
METHOD**



Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method

Virginia Martínez-Ruiz^a, Pablo Lardelli-Claret^{a,b,*}, Eladio Jiménez-Mejías^{a,b}, Carmen Amezcua-Prieto^{a,b}, José Juan Jiménez-Moleón^{a,b}, Juan de Dios Luna del Castillo^{b,c}

^a Department of Preventive Medicine and Public Health, University of Granada, Spain

^b Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Spain

^c Department of Statistics and Operational Research, University of Granada, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 6 May 2012

Received in revised form 1 October 2012

Accepted 26 November 2012

Keywords:

Bicycling

Odds ratio

Risk factors

Traffic accident

ABSTRACT

A quasi-induced exposure approach was applied to the Spanish Register of Traffic Crashes to identify driver- and vehicle-related factors associated with the risk of causing a road crash involving a cyclist in Spain from 1993 to 2009. We analyzed 19,007 collisions between a bicycle and another vehicle in which only one of the drivers committed an infraction, and 13,540 records that included the group of non-infractor cyclists in the above collisions plus cyclists involved in single-bicycle crashes. Adjusted odds ratios were calculated for being responsible for each type of crash for each factor considered. Age from 10 to 19 years, male sex, alcohol or drug consumption and non-helmet use were cyclist-related variables associated with a higher risk of crash, whereas cycling more than 1 h increased only the risk of single crashes. Bicycles with brake defects and ridden by two occupants were also at higher risk of involvement in a crash, whereas light defects were associated only with collisions with another vehicle. For drivers of the other vehicle, age more than 60 years, alcohol, not using safety devices and nonprofessional drivers were at higher risk. The risk of colliding with a bicycle was higher for mopeds than for passenger cars.

© 2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Road crashes involving cyclists are a non-negligible health problem, especially in countries where bicycles are used frequently as a mode of transport (Bacchieri et al., 2010; Schepers and den Brinker, 2011; Tin Tin et al., 2010; Veisten et al., 2007; Wang and Nihan, 2004). Compared to other road users, cyclists run a higher risk of being injured in a road crash (Wegman et al., 2012). Furthermore, efforts to encourage the use of bicycles for commuting or for sports and leisure activities in many developed countries (Heinen et al., 2010; Morgan et al., 2010; Pucher et al., 2011) make it necessary to devote greater resources to the prevention of cycling-related crashes. Epidemiological studies of cycling-related road crashes are usually designed with a focus on exploring the most frequent patterns of accidents, their circumstances and environment-related factors (Johnson et al., 2010; Loo and Tsui, 2010; Lusk et al., 2011; Morgan et al., 2010; Nicaž et al., 2009; Räsänen and Summala, 1998; Schepers et al., 2007; Wang and Nihan, 2004; Wood et al., 2009), or describing the characteristics of injured cyclists and the

factors related with the severity of injuries (Amoros et al., 2011, 2012; Attewell et al., 2001; Bül et al., 2010; Elvik, 2011; Moore et al., 2011; Rivara et al., 1997; Simon-Tov et al., 2012; Thompson et al., 1999; Wessels, 1996). However, few studies have assessed the driver- and the vehicle-related factors associated with the risk of causing a crash involving a cyclist, adjusted by the intensity of exposure (Bacchieri et al., 2010; Maring and van Schagen, 1990), from the perspective of both the cyclist and the other driver or vehicle involved in the crash. This oversight leads to a major methodological challenge: how to assess exposure to the risk of causing a crash. Unfortunately, there are no valid exposure estimates of distance or time driven by cyclists in Spain stratified according to individual and environmental-related characteristics.

The quasi-induced exposure method constitutes a potentially useful tool to deal with this problem. This approach compares the characteristics of responsible and non-responsible drivers involved in road crashes (Lardelli-Claret et al., 2006; Lenguerrand et al., 2008). Although quasi-induced exposure methods have been widely used in previous decades to explore the effect of factors potentially related with the risk of road crashes (Jiang and Lyles, 2010), there appear to be no studies that have used this approach to investigate the factors that cause cycling-related road crashes.

The aim of the present study was to identify driver-related and vehicle-related factors associated with the risk of causing a road crash involving a cyclist in Spain. We analyzed two groups of

* Corresponding author at: Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Pharmacy, University of Granada, Campus de Cartuja s/n, 18017 Granada, Spain. Tel.: +34 958 249616; fax: +34 958 249958.

E-mail address: lardelli@ugr.es (P. Lardelli-Claret).

crashes: those involving a single cyclist, and collisions between a bicycle and another vehicle.

2. Materials and methods

The initial source population from this study comprised the 46,076 cyclists involved in road crashes from 1993 to 2009 in Spain, recorded in the database of the Spanish Register of Traffic Crashes with Victims maintained by the Spanish Traffic General Directorate (*Dirección General de Tráfico*, DGT). For each traffic crash resulting in injury or death, the register contains information about the nature of the crash and about the vehicles and persons involved. This information is taken from the statistical report and checklist filed for each accident, an official document that the Spanish Traffic Police must complete at the scene of all accidents with victims (Lardelli-Claret et al., 2003). From the original population of cyclists we initially selected two different groups: cyclists involved in collisions with another (non-bicycle) vehicle (34,179 cyclists) and cyclists involved in single-bicycle crashes, i.e., crashes in which only a cyclist was involved and no other vehicle or pedestrian was involved (4520 cyclists). Each record of cyclists in the first group was matched with the corresponding record for the driver of the other vehicle involved in the same collision.

The analysis of these two groups of cyclists was based on a quasi-exposure method. The aim of this method is to estimate the increase in risk of being involved in a road crash associated with different driver- or vehicle-related characteristics, when no direct measurements of the intensity of exposure are available for these characteristics. Briefly, the method is based on selecting two-vehicle collisions in which only one of the two drivers involved was considered responsible for the crash (“clean collisions”). Non-responsible drivers involved in these collisions may be considered an approximately random sample of the road-user population; this assumption means that estimating the risk of involvement in a collision for a certain type of driver or vehicle (i) requires simply comparing the frequency of this particular driver’s or vehicle’s appearing in the population of responsible drivers with the frequency of the same driver’s or vehicle’s appearing in the sample of non-responsible drivers. Furthermore, if the intensity of exposure to the risk of involvement in a crash is the same for single-vehicle crashes and crashes involving two vehicles, the relative propensity to cause a single crash can also be estimated for type i drivers or vehicles by comparing the frequency of appearance of a given driver in the population of drivers involved in single-vehicle crashes with the frequency of appearance of the same type of driver in the sample of non-responsible drivers (Lardelli-Claret et al., 2006).

The Spanish Traffic Crash Register does not contain information about responsibility for the crash; however, it records the commission of infractions (including speed-related infractions) for all drivers involved in the crash (see Appendix for the infractions coded in the DGT register). Therefore, we defined a clean collision between a bicycle and another vehicle as a collision in which one of the drivers committed an infraction and the other did not. The underlying assumption is that in these clean collisions, the infractor driver was much more likely to have been responsible for the crash than the driver of the other vehicle. It is important to emphasize here that we are not using the word “responsibility” in a legal sense, but in an epidemiological one. From an epidemiological point of view, almost all health outcomes (including, of course, road crashes) are multicausal, and no single necessary or sufficient cause can be identified. This is particularly true for road crashes, in which the only necessary cause is exposure to the risk, i.e., it is necessary to ride a bicycle in order to be at risk of having a road crash while riding a bicycle. Instead, we used the multicausal modified deterministic model proposed by Rothman (Rothman and Greenland, 2005)

according to which a given health event is the outcome of the combination of a (usually large) set of component causes which result in a specific sufficient cause. In our clean collisions (in which one of the drivers committed an infraction and the other did not), the use of the word “responsible” specifically means that among the set of component causes of the sufficient cause which led to a given collision, the infractor driver was much more likely to be one of the components of this specific sufficient cause than the non-infractor driver.

Based on the assumptions explained above, we determined whether an infraction was committed by all cyclists included in the present analysis as well as by any of the 34,179 drivers of the other vehicle involved in the same collision. After excluding crashes for which there was no information regarding the commission of an infraction by either of the involved drivers, we built a first dataset comprising 19,007 collisions between a bicycle and another vehicle (55.6% of all collisions) in which only one of the involved drivers (the cyclist or the driver of the other vehicle) committed an infraction. For each of these “clean” collisions, we created a data file containing the following information, taken from the DGT record:

- *Dependent variable*: infractor driver: a value of 0 was assigned if the cyclist committed an infraction ($n = 9294$, 48.9%), and a value of 1 if the other driver was the infractor ($n = 9713$). We assumed that in clean collisions, the infractor driver was highly likely to have been responsible for the crash.
- *Independent variables, grouped in the following categories*: type of crash; variables for both drivers (the cyclist and the driver of the other vehicle): age group (see tables for categories), sex, use of protective devices (helmet or seat belt), psychophysical circumstances (none, driving under the effect of alcohol or drugs, others), hours driving without a rest (less than 1, 1–3, more than 3), type of driver (professional or nonprofessional), and driver’s maneuver before the crash (no particular maneuver, i.e., traveling normally with the direction of traffic, passing, turning, joining the traffic flow, crossing an intersection, stopped/parked, other); variables for the vehicle: previous defects of the bicycle (none, lights, brakes, others); number of occupants of the bicycle (one, more than one), type of the other vehicle (passenger car, moped, motorcycle, van, truck less than 3500 kg, truck 3500 kg or more, bus, tractor or heavy machinery, other); age and number of occupants in the other vehicle (1, 2, more than 2). The environmental variables used as independent variables were: type of road (highway, two-lane road, rural road, etc.); place (highway, urban street, urban through-road), hour; type of day (working day, holiday, day before a holiday, day after a holiday); month; year; visibility conditions (good, diminished); surface (normal, altered); weather conditions (good, adverse); and light conditions (daylight, sun-down, night with good lighting, night with insufficient lighting, night without lighting).

In the next step, a second data dataset was created comprising 13,540 cyclists classified in three subgroups: non-infractor cyclists involved in clean collisions with another vehicle ($n = 9713$), non-infractor cyclists involved in single crashes ($n = 1322$) and infractor cyclists involved in single crashes ($n = 2505$). In this dataset we assumed that the first subgroup comprised mainly non-responsible cyclists, and therefore hypothesized that their characteristics would resemble those of all cyclists on the road. In the second group, responsibility was uncertain: although none of the cyclists committed an infraction, no other driver or pedestrian was involved in the crash. Cyclists in the last subgroup were considered responsible for the single crash they were involved in. In this data set, the dependent variable was the subgroup of cyclists under consideration. Independent variables were the same as in

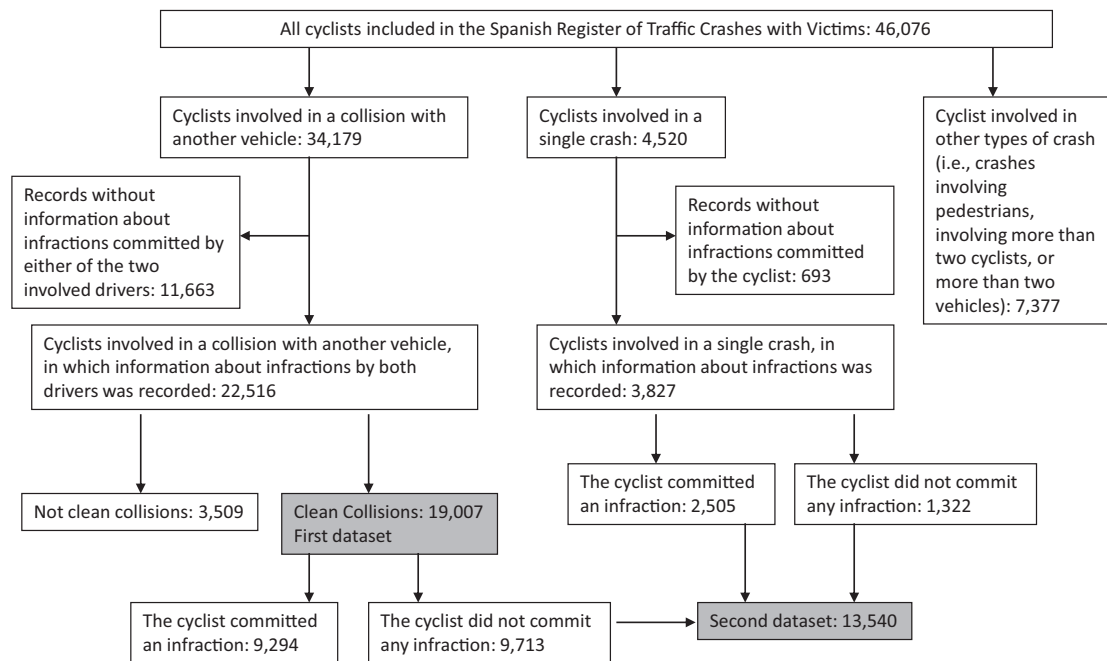


Fig. 1. Data tree of the selection procedure to obtain the final datasets for analysis from the original population of cyclists included in the Spanish Register of Traffic Crashes with Victims, from 1993 to 2009.

the first dataset, excluding the type of crash and variables referring to the other driver and vehicle.

Fig. 1 shows a data tree illustrating the way in which the final groups of cyclists were selected from the original source population.

Analysis: We performed separate analyses for each dataset. For the first one (clean collisions) we used logistic regression analysis to obtain adjusted odds ratios (OR) for the association of driver- and vehicle-related variables with the odds of being the driver responsible for the collision (the cyclist or the driver of the other vehicle). We included in the model all driver- and vehicle-related variables, as well as the type of crash and all environment-related variables (considered here as potential confounders).

For the second dataset (non-infractor cyclists involved in clean collisions plus infractor and non-infractor cyclists involved in single crashes), multinomial regression was applied. We used the first subgroup of cyclists as the reference category for the dependent variable. Adjusted OR were again obtained for each cyclist- and bicycle-related variable to assess their association with the odds of belonging to each of the other two subgroups of cyclists involved in single crashes (non-infractors and infractors). This analysis was also adjusted for all environment-related variables.

Information was missing for one or more of the independent variables in 66.7% of the records from the first dataset (collisions) and in 44.7% of the records from the second dataset (non-infractor cyclists involved in clean collisions plus cyclists involved in single crashes). To keep the entire sample in the two models, we first used a multiple imputation process with switching regression (multiple imputation by chained equations) (Van Buuren et al., 1999), which allowed us to construct 20 files (Schafer, 1999) in which missing values for the independent variables were replaced by their corresponding imputed values. We fitted a model for each file, and coefficients of each model were combined according to the combination rules of Rubin (Little and Rubin, 2002). These operations were done with the *Ice* program (Royston, 2005) from Stata version 11 (Stata Corp, 2009).

3. Results

The distributions of all driver- and vehicle-related factors across the populations of cyclists and drivers of the other vehicles involved are shown in Tables 1 and 2, respectively. Regarding the association between these variables and the risk of causing the crash, the adjusted OR for cyclists and bicycles are summarized in Table 3, although they were obtained in two separate analyses (see Section 2).

Regarding cyclist-related variables, children and adolescents (less than 20 years old) had an increased risk of causing a collision with another vehicle. This risk decreased as age increased and remained stable in between the ages of 30 and 64 years, increasing again slightly in the oldest cyclists. In contrast to this pattern, age seemed not be related with the risk of non-infractor single crashes except in the youngest cyclists (aged less than 10 years), for which a sharp decrease in the risk was observed. Finally, for infractor cyclists involved in single crashes, the lowest risk was also observed in children. In the 10-to-19 year-old group, risk increased sharply and was the highest of all age groups. The risk decreased from this age onward, remaining relatively stable between the ages of 20 and 74 years and decreasing slightly again in the oldest cyclists. Female cyclists had a lower risk of any type of crash compared to males.

Cycling after the consumption of alcohol or drugs was associated with a higher risk of any kind of crash, but this increase was especially high for infractor cyclists involved in single crashes. Sudden illness was strongly associated with involvement in a single-bicycle crash in non-infractor cyclists, and less strongly associated with single-bicycle crashes involving an infractor cyclist. Not using a helmet was associated with causing a collision with another vehicle and with infractor cyclists involved in single-bicycle crashes. Cycling during 1–3 h without resting was associated with single crashes, but not with collisions with another vehicle. Cycling more than 3 h without a rest was related with involvement in a single crash only among infractor cyclists. All cycling maneuvers other than traveling normally with the direction of traffic and stopping

Table 1
Distribution of cyclist- and bicycle-related variables according to the type of crash. Spain, 1993–2009.

Variable	Categories	Infraactor cyclists involved in collisions with another non-infraactor vehicle		Non-infraactor cyclists involved in collisions with another infraactor vehicle		Non-infraactor cyclists involved in single crashes		Infraactor cyclists involved in single crashes		Total	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Age (years)	<10	619	6.66	121	1.25	7	0.53	13	0.52	760	3.33
	10–14	1930	20.77	495	5.10	55	4.16	187	7.47	2667	11.68
	15–19	1780	19.15	1076	11.08	125	9.46	355	14.17	3336	14.61
	20–24	774	8.33	1044	10.75	81	6.13	210	8.38	2109	9.24
	25–29	602	6.48	988	10.17	98	7.41	214	8.54	1902	8.33
	30–34	453	4.87	916	9.43	123	9.30	223	8.90	1715	7.51
	35–39	408	4.39	858	8.83	119	9.00	201	8.02	1586	6.95
	40–44	315	3.39	719	7.40	94	7.11	216	8.62	1344	5.89
	45–49	268	2.88	705	7.26	127	9.61	206	8.22	1306	5.72
	50–54	242	2.60	532	5.48	108	8.17	154	6.15	1036	4.54
	55–59	245	2.64	434	4.47	69	5.22	114	4.55	862	3.78
	60–64	282	3.03	432	4.45	66	4.99	95	3.79	875	3.83
	65–69	275	2.96	370	3.81	59	4.46	82	3.27	786	3.44
	70–74	292	3.14	260	2.68	39	2.95	47	1.88	638	2.79
	>74	364	3.92	238	2.45	27	2.04	34	1.36	663	2.90
		Unknown	445	4.79	525	5.41	125	9.46	154	6.15	1249
Sex	Male	8120	87.37	8320	85.66	1172	88.65	2217	88.50	19,829	86.84
	Female	990	10.65	1166	12.00	117	8.85	234	9.34	2507	10.98
	Unknown	184	1.98	227	2.34	33	2.50	54	2.16	498	2.18
Psychophysical circumstances	None	7845	84.41	8791	90.51	1137	86.01	1981	79.08	19,754	86.51
	Alcohol-drugs	81	0.87	16	0.16	10	0.76	55	2.20	162	0.71
	Sudden illness	5	0.05	10	0.10	48	3.63	6	0.24	69	0.30
	Other	85	0.91	35	0.36	10	0.76	31	1.24	161	0.71
	Unknown	1278	13.75	861	8.86	117	8.85	432	17.25	2688	11.77
Helmet use	Yes	1128	12.14	2729	28.10	532	40.24	695	27.74	5084	22.27
	No	6650	71.55	4803	49.45	516	39.03	1412	56.37	13,381	58.60
	Unknown	1516	16.31	2181	22.45	274	20.73	398	15.89	4369	19.13
Hours driving without resting	Less than 1	6223	66.96	6009	61.87	522	39.49	1268	50.62	14,022	61.41
	1–3 h	247	2.66	476	4.90	160	12.10	230	9.18	1113	4.87
	More than 3	54	0.58	48	0.49	10	0.76	21	0.84	133	0.58
	Unknown	2770	29.80	3,18	32.74	630	47.66	986	39.36	7566	33.13
Type of cyclist	Nonprofessional	8417	90.56	8539	87.91	989	74.81	2161	86.27	20,106	88.05
	Professional	106	1.14	103	1.06	16	1.21	29	1.16	254	1.11
	Unknown	771	8.30	1071	11.03	317	23.98	315	12.57	2474	10.83
Cyclist maneuver	Traveling normally with the direction of traffic	2850	30.66	7626	78.51	973	73.60	2099	83.79	13,548	59.33
	Turning	1629	17.53	287	2.95	18	1.36	59	2.36	1993	8.73
	Joining the traffic flow	1250	13.45	147	1.51	30	2.27	11	0.44	1438	6.30
	Crossing an intersection	1985	21.36	866	8.92	15	1.13	47	1.88	2913	12.76
	Stopped/parked	141	1.52	366	3.77	189	14.30	48	1.92	744	3.26
	Other	1438	15.47	420	4.32	96	7.26	229	9.14	2183	9.56
	Unknown	1	0.01	1	0.01	1	0.08	12	0.48	15	0.07
		One	9070	97.59	9616	99.00	1300	98.34	2412	96.29	22,398
	Two	214	2.30	87	0.90	20	1.51	81	3.23	402	1.76
	Unknown	10	0.11	10	0.10	2	0.15	12	0.48	34	0.15
Bicycle defects	None	8628	92.83	9402	96.80	1187	89.79	2251	89.86	21,468	94.02
	Light defects	109	1.17	30	0.31	1	0.08	9	0.36	149	0.65
	Brake defects	153	1.65	9	0.09	10	0.76	29	1.16	201	0.88
	Other	174	1.87	79	0.81	72	5.45	40	1.60	365	1.60
	Unknown	230	2.47	193	1.99	52	3.93	176	7.03	651	2.85
Total		9294	100.00	9713	100.00	1322	100.00	2505	100.00	22,834	100.00

Table 2
Distribution of other driver- and other vehicle-related variables according to the type of crash. Spain, 1993–2009.

Variable	Category	Non-infractor driver involved in a collision with an infractor cyclist		Infractor driver involved in a collision with a non-infractor cyclist		Total	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Age (years)	<20	428	4.61	520	5.35	948	4.99
	20–24	1270	13.66	1284	13.22	2554	13.44
	25–29	1381	14.86	1273	13.11	2654	13.96
	30–34	1270	13.66	1073	11.05	2343	12.33
	35–39	1113	11.98	948	9.76	2061	10.84
	40–44	876	9.43	806	8.30	1682	8.85
	45–49	749	8.06	645	6.64	1394	7.33
	50–54	612	6.58	625	6.43	1237	6.51
	55–59	506	5.44	518	5.33	1024	5.39
	60–64	339	3.65	459	4.73	798	4.20
	65–69	221	2.38	304	3.13	525	2.76
	70–74	143	1.54	264	2.72	407	2.14
	>74	79	0.85	246	2.53	325	1.71
Sex	Unknown	307	3.30	748	7.70	1055	5.55
	Male	7408	79.71	7447	76.67	14,855	78.16
	Female	1719	18.50	1793	18.46	3512	18.48
	Unknown	167	1.80	473	4.87	640	3.37
Psychophysical circumstances	None	8954	96.34	8613	88.67	17,567	92.42
	Alcohol-drugs	26	0.28	248	2.55	274	1.44
	Other	44	0.47	100	1.03	144	0.76
	Unknown	270	2.91	752	7.74	1022	5.38
Use of protective devices	Yes	6219	66.91	5711	58.80	11,930	62.77
	No	1127	12.13	1177	12.12	2304	12.12
	Unknown	1948	20.96	2825	29.08	4773	25.11
Hours driving without resting	Less than 1	6462	69.53	6185	63.68	12,647	66.54
	1–3 h	437	4.70	323	3.33	760	4.00
	More than 3	119	1.28	68	0.70	187	0.98
	Unknown	2276	24.49	3137	32.30	5413	28.48
Type of driver	Nonprofessional	7594	81.71	7572	77.96	15,166	79.79
	Professional	1188	12.78	1020	10.50	2208	11.62
	Unknown	512	5.51	1121	11.54	1633	8.59
Driver maneuver	Traveling normally with the direction of traffic	6301	67.80	2845	29.29	9146	48.12
	Overtaking	319	3.43	770	7.93	1089	5.73
	Turning right	268	2.88	879	9.05	1147	6.03
	Turning left	225	2.42	1224	12.60	1449	7.62
	Joining traffic flow	263	2.83	1030	10.60	1293	6.80
	Crossing an intersection	813	8.75	1140	11.74	1953	10.28
	Stopped/parked	567	6.10	812	8.36	1379	7.26
	Other	538	5.79	1013	10.43	1551	8.16
	Passenger car	7262	78.14	7516	77.38	14,778	77.75
	Moped	359	3.86	581	5.98	940	4.95
	Motorcycle	300	3.23	213	2.19	513	2.70
Type of vehicle	Tractor/heavy machinery	27	0.29	28	0.29	55	0.29
	Truck less than 3500 kg	183	1.97	197	2.03	380	2.00
	Van	649	6.98	719	7.40	1368	7.20
	Truck more than 3500 kg	313	3.37	282	2.90	595	3.13
	Bus	164	1.76	83	0.85	247	1.30
	Other	37	0.39	94	0.97	131	0.68
	One	8097	87.12	8775	90.34	16,872	88.77
	Two	850	9.15	713	7.34	1563	8.22
	More than 2	331	3.56	220	2.27	551	2.90
	Unknown	16	0.17	5	0.05	21	0.11
Total		9294	100.00	9713	100.00	19,007	100.00
		<i>n</i>	Mean (SE)	<i>n</i>	Mean (SE)	<i>n</i>	Mean (SE)
Years in possession of a license		8287	13.48 (10.94)	7702	13.94 (11.86)	15,989	13.70 (11.40)
Vehicle age (years)		8055	6.26 (4.96)	7861	6.65 (5.20)	15,916	6.45 (5.08)

Table 3

Odds ratios for the association between cyclist- and bicycle-characteristics and the risk of being responsible for each type of crash in Spain, 1993–2009.

Variable	Categories	Type of crash								
		Infraactor cyclists involved in collisions with another non-infraactor vehicle			Non-infraactor cyclists involved in single crashes			Infraactor cyclists involved in single crashes		
		OR ^a	95% CI ^b		OR ^a	95% CI ^b		OR ^a	95% CI ^b	
Age (years)	<10	3.63	2.66	4.96	0.38	0.16	0.90	0.40	0.21	0.74
	10–14	3.70	2.96	4.62	0.89	0.61	1.30	1.45	1.12	1.87
	15–19	3.00	2.44	3.68	0.91	0.67	1.22	1.25	1.01	1.56
	20–24	1.63	1.32	2.02	0.68	0.49	0.94	0.84	0.66	1.06
	25–29	1.42	1.14	1.76	0.74	0.55	1.00	0.82	0.65	1.04
	30–34	1.16	0.92	1.45	0.86	0.64	1.14	0.92	0.73	1.16
	35–39	1.30	1.03	1.64	0.86	0.64	1.16	0.85	0.68	1.07
	40–44	1.19	0.93	1.51	0.75	0.55	1.03	1.04	0.82	1.32
	45–49	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	50–54	1.17	0.90	1.52	1.03	0.75	1.40	0.99	0.77	1.28
	55–59	1.21	0.92	1.59	0.83	0.59	1.18	0.87	0.66	1.16
	60–64	1.19	0.91	1.54	0.80	0.56	1.15	0.75	0.56	1.00
	65–69	1.23	0.92	1.62	0.90	0.62	1.29	0.81	0.60	1.09
	70–74	1.67	1.25	2.21	0.99	0.64	1.53	0.75	0.52	1.08
>74	1.74	1.31	2.32	0.74	0.44	1.25	0.60	0.40	0.91	
Sex	Male	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	Female	0.75	0.66	0.84	0.83	0.66	1.03	0.80	0.68	0.94
Psychophysical circumstances	None	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	Alcohol-drugs	4.48	2.40	8.34	5.06	2.08	12.32	12.36	6.33	24.13
	Sudden illness	1.05	0.36	3.09	25.57	11.98	54.60	3.02	1.27	7.17
	Other	3.84	2.22	6.65	2.06	0.99	4.26	2.55	1.53	4.24
Helmet use	Yes	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	No	1.51	1.35	1.69	0.92	0.77	1.09	1.37	1.19	1.57
Hours driving without resting	Less than 1 h	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	1–3 h	1.03	0.84	1.27	2.22	1.80	2.73	1.91	1.60	2.27
	>3 h	1.32	0.82	2.14	1.55	0.78	3.06	1.70	1.04	2.77
Type of driver	Nonprofessional	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	Professional	0.99	0.69	1.44	1.42	0.77	2.61	1.09	0.66	1.81
Cyclist maneuver	Traveling with the direction of traffic	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	Turning	13.22	11.30	15.46	0.52	0.31	0.85	0.71	0.52	0.96
	Joining traffic flow	17.56	14.20	21.71	1.70	1.09	2.65	0.32	0.17	0.62
	Crossing an intersection	7.90	6.94	9.00	0.15	0.09	0.26	0.21	0.16	0.29
	Stopped/parked	1.09	0.83	1.42	3.30	2.54	4.29	0.55	0.39	0.77
	Other	7.92	6.90	9.08	2.00	1.55	2.58	2.04	1.70	2.45
	None	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
Bicycle defects	Light defects	2.59	1.55	4.33	0.34	0.03	3.82	0.82	0.33	2.00
	Brake defects	7.08	3.29	15.27	10.64	3.76	30.11	12.23	5.58	26.80
	Other	1.83	1.28	2.60	9.23	6.43	13.24	1.91	1.26	2.88
	None	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
Bicycle occupants	One	1.00	Reference		1.00	Reference		1.00	Reference	
	Two	2.04	1.47	2.83	1.76	1.03	3.01	3.34	2.37	4.70

^a OR: odds ratio.^b CI: confidence interval.

were strongly associated with being responsible for a collision with another vehicle. Turning and crossing an intersection were inversely associated with both types of single crashes. Joining traffic on a main road and being stopped were related with a higher risk of non-infractor single crashes and a lower risk of infractor single crashes. Regarding bicycle-related variables, brake-related defects were associated with all types of crashes, but especially with single crashes. However, light-related defects were associated only with a higher risk of causing a collision with another vehicle. When two or more persons were riding the bicycle, the risk of all types of crashes was higher.

Table 4 shows the adjusted OR for causing a collision, calculated for each independent variable related with the characteristics of the other vehicle involved and its driver. Older drivers (more than 60 years) were clearly associated with a higher risk of causing a collision with a bicycle. A slight, nonsignificant increase in risk was also observed for drivers less than 20 years old. Experience (measured here as years in possession of a valid driving license) seemed to be inversely associated with this risk. In contrast, a strong relationship was found for driving after the use of alcohol or other drugs. Nonuse of protective devices (helmets for drivers of mopeds or motorcycles, or seat belts for drivers of any other motorized vehicle) was also related with a slight increase in the risk of causing a collision. A protective association was observed for professional drivers compared to nonprofessional drivers. All driving maneuvers other than traveling normally and being stopped were associated with an increase in the risk of causing the collision, especially left turns and entering another road. However, the strength of these associations was lower than for cyclists. Mopeds had a higher risk than passenger cars of causing a collision with a bicycle. The opposite association was observed for tractors, heavy machinery and buses. Vehicle age was related with an increase in the risk of causing the collision. Finally, a slightly lower risk of causing a collision was observed when the vehicle was occupied by one or more passengers in addition to the driver.

4. Discussion

Our results suggest that several cyclist-related factors play an important role in the risk of causing a road crash. However, the influence of some factors changes depending on the type of crash. A previous study (Moore et al., 2011) found that the magnitude of the association of some risk factors with crash severity changed depending on the location of the crash; however, there appear to be no published analyses of how the magnitude of the association for different risk factors with involvement in a crash also changes depending on location. As in the present study, a comparison of exposure-based rates of road crashes sustained by cyclists in New Zealand revealed an increased risk for males and cyclists less than 15 years old (Tin Tin et al., 2010). In The Netherlands, a U-shaped pattern of risk related with age was found (Maring and van Schagen, 1990). However, these risk estimates did not distinguish between types of crashes. Our results confirm the U-shaped pattern for collisions between a cyclist and another vehicle, but not for single-bicycle crashes. In this latter group, only the infractor cyclist subgroup showed a higher risk in the 10-to-19 year old age range. In fact, risk in the subgroup of infractor cyclists involved in a single-bicycle crash appeared to decrease as age increased. The association of aging with collisions caused by a cyclist with another vehicle may be related with a decreased ability to visualize the factors involved in maneuvers other than traveling normally with the direction of traffic (i.e., crossing an intersection), in which collision with another vehicle is more likely. It is therefore not surprising that older ages were not related with the risk of infractor single crashes. A previous study of single bicycle crashes by Schepers and den Brinker (2011)

found that cyclists more than 60 years old tended to have lower visual capability and a higher risk of involvement in the subset of single crashes in which visibility problems may be a determinant. In contrast, the increased risk in younger cyclists for infractor single crashes, and especially for collisions with another vehicle, may be the result of inexperience, lack of risk perception and inadequate knowledge of traffic laws, as reported for other road users (Cestac et al., 2011; Engström et al., 2003; Ivers et al., 2009; Williamson, 1999).

Regarding sex differences, our results are consistent with the higher rates of traffic injuries in male pedal cyclists reported by Tin Tin et al. (2010). To explain this association, it could be hypothesized that female cyclists have more defensive cycling patterns than males. In support of this hypothesis, a previous study by Johnson et al. (2011) found that female cyclists were less prone to ride through red lights than males. Another possible explanation is that women cyclists prefer safer routes, and thus may be less exposed to unsafe situations (Dill and Gliebe, 2008).

The risk of causing any type of crash increases substantially when cyclists are under the influence of alcohol or other drugs. Alcohol use by cyclists has been related with an increased risk of involvement in a crash in at least one previous study (Bacchieri et al., 2010). The association was stronger for infractor single crashes compared to collisions with another vehicle in our sample, which is in agreement with the results reported by Andersson and Bunkentorp (2002). Furthermore, in the study by Schepers and den Brinker (2011), alcohol consumption was also related with lower visual acuity. Not wearing a helmet (used here as a hypothetical marker for other high-risk cycling patterns) was also related with both infractor single crashes and collisions with another vehicle. A previous study (Andersson and Bunkentorp, 2002) demonstrated an association between non-helmet use and factors such driving under the influence of alcohol, cycling at night or riding a bicycle without hand-brakes. Therefore, in cyclists with high-risk cycling patterns, positive interactions between factors may increase the risk of involvement in a crash and its severity. Legislation regarding helmet use changed in Spain during the study period. Before 2004 helmet use was not mandatory in Spain, and from 2004 onward, helmet use has been mandatory only for nonprofessional cyclists on open roads.

Cycling with a passenger is related with a higher risk of any type of crash, perhaps because of cycling instability. On the other hand, cycling for more than 1 h without resting was associated only with single crashes, but not with collisions. Finally, as expected, bicycle brake defects were related with all type of crashes, but especially with single-bicycle crashes, although part of this association may be explained by information bias since the traffic police may check bicycle brakes more frequently among cyclists who committed an infraction. In contrast, light defects were associated only with a higher risk of colliding with another vehicle, probably because of the lack of conspicuity of the cyclist to other drivers.

For collisions between a cyclist and another vehicle, the characteristics of the other driver also played an important role. The influence of older age of the driver may be related with the same factor as that proposed for cyclists, i.e., a decreased ability to perceive visual stimuli. Diminished visual acuity is a particular determinant in complex situations such as intersections or turnings, in which the likelihood of colliding with a cyclist is high. The magnitude and direction of the associations found for the remaining driver-related and vehicle-related factors were similar to those widely described in earlier studies for other types of crashes and road users (Evans, 2004; Lardelli-Claret et al., 2006; Petridou and Moustaki, 2000; Roung and Kraus, 2009): nonprofessional and inexperienced drivers, nonusers of protective devices, and especially drivers who had consumed alcohol or drugs were at an increased risk of causing a collision with a cyclist. An interesting

Table 4

Odds ratios for the association between being responsible for a collision with a cyclist and characteristics of the other vehicle involved and its driver in Spain, 1993–2009.

Variable	Categories	OR ^a	95% CI ^b		
Age (years)	<20	1.27	0.98	1.66	
	20–24	1.10	0.89	1.35	
	25–29	0.99	0.81	1.20	
	30–34	0.87	0.72	1.06	
	35–39	0.94	0.77	1.14	
	40–44	0.95	0.78	1.16	
	45–49	1.00		Reference	
	50–54	1.11	0.91	1.37	
	55–59	1.10	0.88	1.37	
	60–64	1.33	1.04	1.69	
	65–69	1.38	1.04	1.82	
	70–74	1.76	1.29	2.42	
	>74	2.76	1.90	4.02	
Sex	Male	1.00		Reference	
	Female	1.02	0.92	1.13	
Years in possession of a license	One year increase	0.99	0.99	1.00	
Psychophysical circumstances	None	1.00		Reference	
	Alcohol-drugs	10.43	6.29	17.30	
Use of safety devices	Other	4.15	2.36	7.29	
	Yes	1.00		Reference	
Hours driving without resting	No	1.41	1.22	1.61	
	Less than one	1.00		Reference	
	1–3 h	0.98	0.79	1.20	
Type of driver	More than 3	0.92	0.60	1.42	
	Nonprofessional	1.00		Reference	
	Professional	0.82	0.70	0.97	
Driver's maneuver	Traveling normally with the direction of traffic	1.00		Reference	
	Passing	4.44	3.70	5.33	
	Turning right	5.34	4.47	6.38	
	Turning left	8.80	7.36	10.53	
	Joining traffic flow	7.12	5.95	8.51	
	Crossing an intersection	5.04	4.35	5.82	
	Stopped/parked	0.89	0.74	1.07	
	Other	2.56	2.21	2.96	
	Type of vehicle	Passenger car	1.00		Reference
		Moped	1.82	1.49	2.23
Motorcycle		0.90	0.71	1.14	
Tractor/heavy machinery		0.33	0.17	0.64	
Truck less than 3500 kg		0.74	0.55	0.99	
Van		1.02	0.87	1.19	
Truck more than 3500 kg		0.57	0.43	0.75	
Bus		0.34	0.24	0.50	
Other		0.71	0.39	1.29	
Vehicle age		One year increase	1.01	1.00	1.02
Number of occupants	One	1.00		Reference	
	Two	0.85	0.74	0.98	
	More than two	0.83	0.66	1.06	

^a OR: odds ratio.^b CI: confidence interval.

result of our analysis is the increased risk of causing a collision for moped users compared to passenger car drivers. In Spain, where specific facilities for cyclists (i.e., bicycle lanes) are unusual in most cities, moped and bicycle riders frequently share the same driving environment and probably the same patterns of driving, in relation to other road users.

Our study has several limitations which should be taken into account. They can be divided into two broad groups. The first refers to the method we used, which is derived from the original quasi-induced exposure approach. The caveats of this method have been widely noted in previous papers (Chandraratna and Stamatiadis, 2009; Cooper et al., 2010; Gómez Méndez and Aparicio Izquierdo, 2010; Jiang and Lyles, 2007, 2010). Briefly, the way we ascribed responsibility for the collisions merits consideration. Although we have no definite solutions for this issue, we assume that an infractor cyclist involved in a collision with another non-infractor driver is highly likely to be responsible for causing the collision, whereas a non-infractor cyclist is highly likely not to be responsible if the cyclist collided with an infractor driver. However, this assumption may not hold in all cases, and the resulting misclassification

of drivers would tend to reduce heterogeneity between the subgroups of responsible and non-responsible cyclists. This in turn would result in a bias toward the null in the magnitude of the estimated associations.

In addition, our sample of non-infractor cyclists involved in clean collisions may not be representative of all cyclists on the road; therefore the comparisons in our multinomial model may not have been adjusted by the actual exposure rate for each category of cyclists. For example, if non-responsible cyclists involved in collisions were more cautious than the general population of cyclists, all factors related with a cautious cycling style (i.e., older age, female sex, nonuse of alcohol), would be overrepresented, therefore the association of complementary categories with the risk of causing a crash (i.e., younger age, male sex or cycling under the effect of alcohol) would be overestimated.

The second group of limitations refers to problems related with the database. The Spanish Register of Traffic Crashes includes only crashes resulting in injuries or deaths. Therefore a high proportion of underreporting of single-bicycle crashes must be assumed, as with all police-based crash registries (Elvik and Mysen, 1999;

Langley et al., 2003; Veisten et al., 2007; Wegman et al., 2012). Furthermore, underreporting is inversely related with severity of the crash (Langley et al., 2003). Therefore the factors related with more severe injuries (i.e., female sex, older age and non-helmet use) are likely to be overrepresented in all subgroups of cyclists considered in the present study. This, in turn, would tend to decrease the magnitude of the associations for these categories of cyclists with the risk of causing a collision.

Another matter of concern is the completeness and validity of the information recorded by the police at the scene of the crash. We have tried to minimize the problem posed by missing values through the use of a multiple imputation process. The overall consistency of the results obtained with the imputed data file and the subset of data without missing values (results not shown) suggests that possible biases arising from the differential lack of information were not large enough to substantially distort the magnitude of the associations. Regarding the validity of the information in the register, there are no published studies in Spain that have attempted to verify the accuracy of the information. Therefore, the magnitude of information bias in our study is uncertain, especially for variables with a highly subjective component such as psychophysical circumstances of the driver.

5. Conclusion

In contrast to the usual portrayal of cyclists as innocent, vulnerable victims of the dangers posed by other road users, our study reveals that many cyclists (and their bicycles) play an active role in the crash they are involved in and share most of risk factors described for drivers of motorized vehicles. Therefore, in efforts to develop a comprehensive approach to prevent crashes and collisions, measures to improve the safety of the environment for cycling should be accompanied of measures aimed at controlling cyclist- and bicycle-related factors (including information, education, legislation, and sanction), as is currently done for other vehicles and their drivers. Attention should therefore focus on bicycle registration and inspection, drug and alcohol checks for cyclists, helmet use, and improved information about high-risk subgroups of cyclists, among other areas.

Our results also confirm two expected findings: first, the influence of cyclist-related factors differs depending on the type of crash, and second, the factors related with the other drivers involved in collisions with cyclists are somewhat similar to those observed for other types of crashes. These associations should be considered in policies that aim to reduce the health impact of crashes involving cyclists, a problem which appears likely to increase in Spain and elsewhere as the use of bicycles increases.

Financial support

This work was supported by FEDER funds (EU) and by the Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP).

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Acknowledgments

We thank K. Shashok for improving the use of English in the manuscript, and the Dirección General de Tráfico of Spain for allowing access to their database of traffic accidents with victims.

Appendix A.

Traffic infractions recorded by the Spanish General Traffic Office (*Dirección General de Tráfico*)

1. Speed-related infractions
 - Inappropriate speed for existing conditions
 - Excessive speed
 - Driving too slowly
2. Other infractions committed by the driver
 - Distracted or inattentive
 - Incorrect use of vehicle lights
 - Driving in the wrong lane or in the wrong direction
 - Partially invading opposite lane
 - Incorrect turn
 - Illegal passing
 - Zigzagging
 - Violating the minimum safety distance between vehicles
 - Unjustified braking
 - Failure to grant right-of-way
 - Disobeying a traffic light
 - Disobeying a stop sign
 - Disobeying a yield sign
 - Invading a pedestrian crossing
 - Disobeying a traffic sign or a police signal
 - Failure to correctly signal intention
 - Joining traffic flow carelessly
 - Stopping where no stopping is allowed or in a dangerous place
 - Opening vehicle door into traffic
 - Other infraction

References

- Amoros, E., Chiron, M., Martin, J.L., Thélot, B., Laumon, B., 2012. Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a French case-control study based on a road trauma registry. *Injury Prevention* 18, 22–32.
- Amoros, E., Chiron, M., Thélot, B., Laumon, B., 2011. The injury epidemiology of cyclists based on a road trauma registry. *BMC Public Health* 11 (653), <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-11-653>.
- Andersson, A.L., Bunkentorp, O., 2002. Cycling and alcohol. *Injury* 33, 467–471.
- Attewell, R., Glase, K., McFadden, M., 2001. Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. *Accident Analysis and Prevention* 33, 345–352.
- Bacchieri, G., Barros, A.J.D., dos Santos, J.V., Gigante, D.P., 2010. Cycling to work in Brazil: users profile, risk behaviors, and traffic accident occurrence. *Accident Analysis and Prevention* 42, 1025–1030.
- Bíl, M., Bílová, M., Müller, I., 2010. Critical factors in fatal collisions of adult cyclists with automobiles. *Accident Analysis and Prevention* 42, 1632–1636.
- Cestac, J., Paron, F., Delhomme, P., 2011. Young drivers' sensation seeking, subjective norms, and perceived and perceived behavioural control and their roles in predicting intention: how risk-taking motivations evolve with gender and driving experience. *Safety Science* 49, 424–432.
- Chandraratna, S., Stamatiadis, N., 2009. Quasi-induced exposure method: evaluation of non-at-fault assumption. *Accident Analysis and Prevention* 41, 308–313.
- Cooper, P.J., Meckle, W., Andersen, L., 2010. The efficiency of using non-culpable crash claim involvements from insurance data as a means of estimating travel exposure for road user sub-groups. *Journal of Safety Research* 41, 129–136.
- Dill, J., Gliebe, J., 2008. Understanding and measuring bicycling behavior: a focus on travel time and route choice final report. Oregon Transportation Research and Education Consortium (OTREC), Portland, OTREC-RR-08-03, December 2008. <http://www.otrec.us/project/33>
- Elvik, R., 2011. Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: a re-analysis of Attewell, Glase and McFadden. *Accident Analysis and Prevention* 43, 1245–1251.
- Elvik, R., Mysen, A.B., 1999. Incomplete accident reporting, meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transportation Research Record* 1665, 133–140.
- Engström, I., Gregersen, N.P., Hernetkoski, K., Keskinen, E., Nyberg, A., 2003. Young novice drivers, driver education and training. Literature review. VTI rapport 491A. Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping.
- Evans, L., 2004. Traffic Safety. Science Serving Society. Bloomfield Hills, Michigan.
- Gómez Méndez, A., Aparicio Izquierdo, F., 2010. Quasi-induced exposure: the choice of exposure metrics. *Accident Analysis and Prevention* 42, 582–588.
- Heinen, E., van Wee, B., Maat, K., 2010. Commuting by bicycle: an overview of the literature. *Transport Reviews* 30, 59–96.
- Ivers, R., Senserrick, T., Boufous, S., Stevenson, M., Chen, H.Y., Woodward, M., Norton, R., 2009. Novice drivers' risky behaviour, risk perception, and crash risk: finding from the DRIVE study. *American Journal of Public Health* 99, 1638–1644.

- Jiang, X., Lyles, R.W., 2007. Difficulties with quasi-induced exposure when speed varies systematically by vehicle type. *Accident Analysis and Prevention* 39, 649–656.
- Jiang, X., Lyles, R.W., 2010. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accident Analysis and Prevention* 42, 1352–1358.
- Johnson, M., Charlton, J., Oxley, J., Newstead, S.V., 2010. Naturalistic cycling study: identifying risk factors for on-road commuter cyclists. *Annals of Advances in Automotive Medicine* 54, 275–283.
- Johnson, M., Newstead, S., Charlton, J., Oxley, J., 2011. Riding through red lights: the rate, characteristics and risk factors of non-compliant urban commuter cyclists. *Accident Analysis and Prevention* 43, 323–328.
- Langley, J.D., Dow, N., Stephenson, S., Kypri, K., 2003. Missing cyclists. *Injury Prevention* 9, 376–379.
- Lardelli-Claret, P., Jiménez-Moleón, J.J., Luna-del-Castillo, J.D., García-Martín, M., Moreno-Abril, O., Bueno-Cavanillas, A., 2006. Comparison between two quasi-induced exposure methods for studying risk factors for road crashes. *American Journal of Epidemiology* 163, 188–195.
- Lardelli-Claret, P., Luna-del-Castillo, J.D., Jiménez-Moleón, J.J., Bueno-Cavanillas, A., García-Martín, M., Gálvez-Vargas, R., 2003. Age and sex differences in the risk of causing vehicle collisions in Spain, 1990 to 1999. *Accident Analysis and Prevention* 35, 261–272.
- Lenguerrand, E., Martin, J.L., Moskal, A., Gadebeku, B., Laumon, B., the SAM group, 2008. Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case-control design. Application to the estimation of risks associated with driving under the influence of cannabis or alcohol. *Accident Analysis and Prevention* 40, 861–868.
- Little, R.J.A., Rubin, D.B., 2002. *Statistical Analysis with Missing Data*, 2nd ed. John Wiley, New York.
- Loo, B.P.Y., Tsui, K.L., 2010. Bicycle crash casualties in a highly motorized city. *Accident Analysis and Prevention* 42, 1902–1907.
- Lusk, A.C., Furth, P.G., Morency, P., Miranda-Moreno, L., Willett, W.C., Dennerlein, J.T., 2011. Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. *Injury Prevention* 17, 131–135.
- Maring, W., van Schagen, I., 1990. Age dependence of attitudes and knowledge in cyclists. *Accident Analysis and Prevention* 22, 127–136.
- Moore, D.N., Schneider 4th, W.H., Savolainen, P.T., Farzaneh, M., 2011. Mixed logit analysis of bicyclist injury severity resulting from motor vehicle crashes at intersection and non-intersection locations. *Accident Analysis and Prevention* 43, 621–630.
- Morgan, A.S., Dale, H.B., Lee, W.E., Edwards, P.J., 2010. Deaths of cyclists in London: trends from 1992 to 2006. *BMC Public Health* 10 (699), <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-10-699>.
- Nicaj, L., Stayton, C., Mandel-Ricci, J., McCarthy, P., Grasso, K., Woloch, D., Kerker, B., 2009. Bicyclist fatalities in New York City: 1996–2005. *Traffic Injury Prevention* 10, 157–161.
- Petridou, E., Moustaki, M., 2000. Human factors in the causation of road traffic crashes. *European Journal of Epidemiology* 16, 819–826.
- Pucher, J., Buehler, R., Seinen, M., 2011. Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 45, 451–475.
- Räsänen, M., Summala, H., 1998. Attention and expectation problems in bicycle-car collisions: an in-depth study. *Accident Analysis and Prevention* 30, 657–666.
- Rivara, F.P., Thompson, D.C., Thompson, R.S., 1997. Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Injury Prevention* 3, 110–114.
- Rothman, K., Greenland, S., 2005. Causation and causal inference in epidemiology. *American Journal of Public Health* 95, S144–S150.
- Roung, M., Kraus, J.F., 2009. A review of risk factors and patterns of motorcycle injuries. *Accident Analysis and Prevention* 41, 710–722.
- Royston, P., 2005. Multiple imputation of missing values: update of ice. *The Stata Journal* 5, 527–536.
- Schafer, J.L., 1999. Multiple imputation: a primer. *Statistical Methods in Medical Research* 8, 3–15.
- Schepers, J.P., Kroeze, P.A., Sweers, W., Wüst, J.C., 2007. Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections. *Accident Analysis and Prevention* 39, 1162–1169.
- Schepers, P., den Brinker, B., 2011. What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics* 54, 315–327.
- Simon-Tov, M., Jaffe, D.H., Israel Trauma Group, Peleg, K., 2012. Bicycle injuries: a matter of mechanism and age. *Accident Analysis and Prevention* 44, 135–139.
- Stata Corporation, 2009. *Stata Statistical Software (Computer Program)*, Release 11.0. Stata Corporation, College Station, TX.
- Thompson, D., Rivara, F., Thompson, R., 1999. Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 4, CD001855, <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD001855>.
- Tin Tin, S., Woodward, A., Ameratunga, S., 2010. Injuries to pedal cyclists on New Zealand roads, 1988–2007. *BMC Public Health* 10 (655), <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-10-655>.
- Van Buuren, S., Boshuizen, H.C., Knook, D.L., 1999. Multiple imputation of missing blood pressure covariates in survival analysis. *Statistics in Medicine* 18, 681–694.
- Veisten, K., Saelensminde, K., Alvaer, K., Bjornskau, T., Elvik, R., Schistad, T., Ytterstad, B., 2007. Total costs of bicycle injuries in Norway: correcting injury figures and indicating data needs. *Accident Analysis and Prevention* 39, 1162–1169.
- Wang, Y., Nihan, N.L., 2004. Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention* 36, 313–321.
- Wegman, F., Zhang, F., Dijkstra, A., 2012. How to make more cycling good for road safety? *Accident Analysis and Prevention* 44, 19–29.
- Wessels, R.L., 1996. Bicycle collisions in Washington State: a six-year perspective, 1988–1993. *Transportation Research Record* 1538, 81–90.
- Williamson, A., 1999. Why are young drivers over-represented in crashes? Summary of the issues. Summary paper prepared for Motor Accidents Authority. December 1999. <http://www.maa.nsw.gov.au/default.aspx?MenuID=380>
- Wood, J.M., Lacherez, P.F., Marszalek, R.P., King, M.J., 2009. Drivers' and cyclists' experiences of sharing the road: incidents, attitudes and perceptions of visibility. *Accident Analysis and Prevention* 41, 772–776.

**4. FACTORES ASOCIADOS AL RIESGO DE PROVOCAR UNA COLISIÓN
ENTRE UN CICLISTA Y UN PEATÓN EN ESPAÑA, 1993-2011**

Monográfico

Factores asociados al riesgo de provocar una colisión entre un ciclista y un peatón en España, 1993-2011

Virginia Martínez Ruiz^{a,b,*}, Eladio Jiménez Mejías^{a,c}, Carmen Amezcua Prieto^{a,c}, Rocío Olmedo Requena^{a,c}, José Pulido Manzanero^{c,d} y Pablo Lardelli Claret^{a,c}^a Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, Granada, España^b Programa de Doctorado en Medicina Clínica y Salud Pública, Universidad de Granada, Granada, España^c CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España^d Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 15 de julio de 2014

Aceptado el 17 de abril de 2015

On-line el 2 de septiembre de 2015

Palabras clave:

Ciclista

Peatón

Riesgo

Accidente

RESUMEN

Objetivo: Identificar y cuantificar los factores dependientes del peatón, del ciclista y del ambiente asociados a un mayor riesgo de ser causa de una colisión entre un ciclista y un peatón en España, entre 1993 y 2011.**Métodos:** Diseño del estudio: serie de casos retrospectiva. Población: 1228 pares peatón-ciclista implicados en otras tantas colisiones en zona urbana, en las que sólo uno de los dos cometió una infracción. Fuente de información: Registro de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la Dirección General de Tráfico. Variables: comisión de infracción (sí/no), edad, sexo, uso de casco (ciclista), hora, tipo de día, año, presencia de aceras, lugar del accidente, prioridad regulada. Análisis: modelo de regresión logística para estimar la fuerza de la asociación entre la responsabilidad del peatón y las variables independientes. Invertiendo el valor de las *odds ratios* obtenidas se valoró la asociación con la responsabilidad del ciclista.**Resultados:** En ambos grupos de usuarios, el riesgo de ser responsable de la colisión fue mayor en las edades extremas. Las mujeres ciclistas presentaron un riesgo ligeramente mayor que los hombres, mientras que usar casco tuvo un efecto protector. El riesgo de que el peatón fuera responsable fue mayor en ausencia de aceras. Los ciclistas provocaron con más frecuencia los atropellos en los pasos de peatones. **Conclusión:** Sería recomendable implementar campañas de seguridad vial dirigidas a peatones y ciclistas, prestando especial atención a jóvenes y ancianos. Las intervenciones para el uso correcto de la calzada también serían de utilidad.

© 2014 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Risk factors for provoking collisions between cyclists and pedestrians in Spain, 1993-2011

ABSTRACT

Objective: To identify and quantify the factors depending on pedestrians, cyclists and the environment associated with the risk of causing a collision between a cyclist and a pedestrian in Spain from 1993 to 2011.**Methods:** Study design: retrospective case series. Population: 1228 pedestrian-cyclist pairs involved in the same number of collisions in an urban area, only one of whom committed an infraction. Source: Register of Traffic Accidents with Victims, supported by the Spanish Traffic General Directorate. Variables: committing an infraction (yes/no), age, sex, helmet use (cyclist), hour, type of day, year, existence of sidewalks, place of the accident, and priority regulated. Analysis: logistic regression model to estimate the strength of the association between the pedestrian's responsibility and independent variables. The association with the cyclist's responsibility was assessed by reversing the value of the odds ratios obtained.**Results:** In both groups of users, the risk of causing a collision was higher in extreme ages. Female cyclists had a slightly higher risk than male cyclists, while the use of a helmet had a protective effect. The risk of the pedestrian causing an accident was higher in the absence of sidewalks. Cyclists more frequently provoked accidents in crosswalks.**Conclusion:** We recommend the implementation of safety campaigns aimed at pedestrians and cyclists, with special attention paid to the youngest and older people. Interventions for correct road use would also be advisable.

© 2014 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords:

Bicycling

Walking

Risk

Accident

* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: virruiz@ugr.es (V. Martínez Ruiz).

Introducción

Peatones y ciclistas son los dos grupos de usuarios de la vía más vulnerables¹. El aumento en el uso de la bicicleta observado en España, beneficioso por su impacto ambiental, económico y sanitario², puede llevar emparejado un incremento en el número de colisiones entre ciclistas y peatones, en especial en un país como el nuestro, sin tradición ciclista y donde ambos usuarios a menudo comparten el mismo espacio por falta de vías específicas para bicicletas. Este aumento también constituye un motivo de inquietud en otros países, como queda patente en el trabajo de Tuckel et al.³, en el que se determina la incidencia de peatones heridos por ciclistas en Nueva York (2004-2011) y en California (2005-2011) basándose en registros hospitalarios. De hecho, tal como los mismos autores señalan en su artículo, resulta curioso que este tipo de colisiones, a pesar del patente incremento en el uso de la bicicleta, haya sido tan escasamente estudiado hasta la fecha. Según nos consta, sólo se ha tratado este tema en un artículo previo⁴, si bien su enfoque no es de tipo epidemiológico (se trata de un estudio forense, en el cual se reconstruyen tres colisiones peatón-ciclista que resultaron en muerte del peatón). Asimismo, en el año 2010 se desarrolló una patente basada en la tecnología móvil para prevenir las colisiones entre ambos tipos de usuarios⁵, lo que denota que desde hace ya algunos años existe cierta preocupación por este problema de salud. Ello justifica un análisis riguroso de los factores asociados a este tipo de atropellos, aún no realizado en España, que ayude a orientar las mejores estrategias para su prevención. Por tanto, el objetivo del presente estudio es identificar y cuantificar los factores dependientes del peatón, del ciclista y del ambiente asociados a un mayor riesgo de ser causa de una colisión entre un ciclista y un peatón en España, entre 1993 y 2011.

Métodos

Se ha estudiado una serie de casos retrospectiva, originalmente formada por las 2985 colisiones entre un ciclista y un peatón que tuvieron lugar en España entre los años 1993 y 2011. La fuente de información utilizada para ello fue el Registro de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la Dirección General de Tráfico. Una de las variables recogidas en el registro es la comisión o no de infracciones por parte de los usuarios de la vía implicados (la distribución del tipo de infracciones posibles cometidas se muestra en la [tabla 1](#)). Se seleccionaron las 1228 colisiones de las que existía información sobre la comisión de infracciones por parte del ciclista y el peatón, en las que sólo uno de ellos había cometido alguna infracción y que habían ocurrido en zona urbana. En este subgrupo de colisiones es razonable asumir que el único usuario infractor tiene una alta probabilidad de ser el que la ha provocado. Así pues, la población final estuvo formada por 1228 pares peatón-ciclista. De esta forma realizamos simultáneamente una doble comparación: ciclistas infractores (responsables de la colisión) frente a ciclistas no infractores (no responsables), y peatones infractores (responsables de la colisión) frente a no infractores (no responsables). A partir de ambas comparaciones puede realizarse una valoración de los factores dependientes de cada uno de los dos usuarios implicados asociados a provocar la colisión, condicionada a que ésta ha ocurrido. Así, lo que se pretende identificar mediante este diseño no son los factores asociados al riesgo de implicarse en una colisión, sino al riesgo de ser el responsable de ella, lo que supone una aproximación causal matizada. Su principal ventaja con respecto a otros diseños radica en que es posible valorar estas asociaciones utilizando sólo los datos de un registro de accidentes, lo que soslaya la dificultad de otros diseños que, para una correcta valoración de los factores asociados al riesgo de colisión entre ciclistas y

Tabla 1

Distribución del tipo de infracciones cometidas por peatones y ciclistas incluidos en el estudio. España, 1993-2011

Tipo de infracción	n (%)
Peatón	
No respetar señal de peatones	33(2,7)
No utilizar paso para peatones	119(9,7)
No respetar señal del agente	1(0,1)
Irrumpir o cruzar la vía antirreglamentariamente	158(12,9)
Estar o marchar por la calzada en forma antirreglamentaria	24(2,0)
Estar o marchar por el arcén en forma antirreglamentaria	1(0,1)
Subir o bajar del vehículo antirreglamentariamente	2(0,2)
Otras infracciones	51(4,2)
Ninguna infracción	839(68,3)
Total	1228(100)
Ciclista	
Conducción distraída o desatenta	182(14,8)
Incorrecta utilización del alumbrado	1(0,1)
Circular por mano contraria o sentido prohibido	33(2,7)
Girar incorrectamente	1(0,1)
Adelantar antirreglamentariamente	2(0,2)
Circular en zig-zag	2(0,2)
No respetar la norma genérica de prioridad	14(1,1)
No cumplir las indicaciones del semáforo	78(6,3)
No cumplir la señal de ceda el paso	2(0,2)
No respetar el paso para peatones	108(8,8)
No cumplir otra señal de tráfico o policía	13(1,1)
Entrar sin precaución en la circulación	6(0,5)
Ciclistas en posición paralela	2(0,2)
Ciclistas circulando fuera de pista o arcén	53(4,3)
Infracciones sobre velocidad:	
Como única infracción	8(0,7)
Acompañando a otra infracción	111(-)
Otras infracciones	334(27,2)
Ninguna infracción	389(31,7)
Total ^a	1339(100)

^a En el apartado correspondiente a las infracciones del ciclista, n representa el total de infracciones cometidas y % el total de ciclistas incluidos en el estudio.

peatones, requerirían la estimación de la intensidad de exposición en ambos colectivos.

Para las 1228 colisiones se recogieron, a partir de la información del registro, las siguientes variables:

- Variable dependiente: usuario infractor. Se asignó el valor 0 si fue el ciclista quien cometió la infracción (n = 839, 68,3%), y el valor 1 si el infractor fue el peatón (n = 389, 31,7%).
- Variables independientes: edad ([tabla 2](#); se ha empleado una diferente categorización por grupos de edad en ciclistas y peatones debido a la diferente distribución de esta variable en cada uno) y sexo de ciclista y peatón, uso de casco por parte del ciclista (sí, no, desconocido) y circunstancias ambientales [hora del accidente: día (de 9 h a 21 h) o noche (de 22 h a 8 h); tipo de día: festivo (sábado y domingo) o laborable (lunes a viernes); periodo: se plantearon alternativamente dos estratos (1993-2001 y 2002-2011) y cuatro estratos (1993-1997, 1998-2002, 2003-2007 y 2008-2011); presencia de aceras: sí, no; lugar donde ocurrió el accidente: calle recta, curva, intersección o rotonda; prioridad regulada en el lugar del accidente: no regulada, regulada por semáforo, regulada por señales verticales o agentes, sólo marcas viales, paso de peatones].

Análisis

Para estimar la fuerza de la asociación entre la responsabilidad del peatón y las variables independientes se han calculado

Tabla 2

Distribución de las características de peatones y ciclistas incluidos en el estudio. España, 1993-2011

Variable	Categorías	Población global n (%)	Hombres n (%)	Mujeres n (%)
Peatón				
Edad (años)	<10	114 (9,3)	65 (14,4)	49 (6,9)
	10-19	52 (4,2)	28 (6,2)	24 (3,4)
	20-29	71 (5,8)	25 (5,5)	46 (6,5)
	30-39	68 (5,5)	22 (4,9)	46 (6,5)
	40-49	131 (10,7)	43 (9,5)	88 (12,5)
	50-64 ^a	255 (20,8)	85 (18,8)	169 (23,9)
	65-79	283 (23,1)	113 (24,9)	170 (24,1)
	>79	130 (10,6)	45 (9,9)	85 (12,0)
	Desconocido	124 (10,1)	27 (6,0)	29 (4,1)
Total		1228 (100)	453 (36,9) ^b	706 (57,5) ^b
Ciclista				
Edad (años)	0-14 ^c	152 (12,4)	139 (13,6)	12 (8,9)
	15-24	478 (38,9)	418 (40,9)	60 (44,4)
	25-34	227 (18,5)	197 (19,3)	30 (22,2)
	35-44	141 (11,5)	124 (12,1)	17 (12,6)
	45-54	57 (4,6)	52 (5,1)	5 (3,7)
	55-64	27 (2,2)	25 (2,5)	2 (1,5)
	>64	20 (1,6)	17 (1,7)	3 (2,2)
	Desconocido	126 (10,3)	49 (4,8)	6 (4,4)
Uso de casco	No	729 (59,4)	618 (60,5)	73 (54,1)
	Sí	151 (12,3)	131 (12,8)	15 (11,1)
	Desconocido	348 (28,3)	272 (26,6)	47 (34,8)
Total		1228 (100)	1021 (83,1) ^d	135 (11,0) ^d

^a Un valor desconocido en esta categoría.

^b Distribución porcentual por sexos. El sexo de 69 sujetos (5,6%) es desconocido.

^c Un valor desconocido en esta categoría.

^d Distribución porcentual por sexos. El sexo de 72 sujetos (5,9%) es desconocido.

las *odds ratios* (OR) crudas y ajustadas. Para obtener estas últimas se construyó un modelo de regresión logística incluyendo todas las variables independientes consideradas. Puesto que la variable dependiente toma el valor 0 cuando el responsable de la colisión es el ciclista y 1 cuando lo es el peatón, las estimaciones de OR para valorar la asociación con la responsabilidad del ciclista se obtuvieron invirtiendo las obtenidas originalmente en el modelo (1/OR). El modelo global se estratificó en función del sexo de ambos usuarios y del subperiodo de estudio. Adicionalmente, se valoró la posible interacción del sexo de ambos usuarios y del subperiodo de estudio con las restantes variables independientes, incluyendo los correspondientes términos de interacción en el modelo y valorando la mejora del ajuste así obtenido mediante el test de la razón de verosimilitudes. El análisis se realizó con el paquete Stata (v.12).

Resultados

En la *tabla 1* se muestra la distribución del tipo de infracciones posibles cometidas tanto por peatones como por ciclistas. En el caso del peatón, las infracciones con más frecuencia cometidas fueron «irrumper o cruzar la vía antirreglamentariamente» (12,9%) y «no utilizar el paso para peatones» (9,7%). Respecto a los ciclistas, al margen de «otras infracciones» (27,2%), las que cometieron con más frecuencia fueron «conducción distraída o desatenta» (14,8%) y «no respetar el paso para peatones» (8,8%). La distribución de las características de peatones y ciclistas se presenta en la *tabla 2*. Entre los peatones, los grupos de edad más frecuentes son los de 50-64 años (255 peatones, 20,8%) y 65-79 años (283 peatones, 23,1%), y son más numerosas las mujeres (57,5%). Esta distribución de sexos se invirtió en el caso de los ciclistas (el 83,1% fueron varones). Asimismo, entre estos usuarios los grupos de edad más frecuentes fueron los de jóvenes y adultos: 15-24 años (38,9%) y 25-34 años (18,5%). Respecto al casco, el 59,3% de los ciclistas no lo llevaba en el momento

del accidente. La *tabla 3* muestra las OR crudas y ajustadas que cuantifican la asociación de las características individuales con la *odds* de ser el responsable. Ambas estimaciones siguen un patrón similar. En el modelo ajustado sólo se detectó una interacción significativa ($p = 0,005$) entre el subperiodo (estratificado en dos categorías) y el sexo del peatón. No obstante, para caracterizar mejor dicha interacción se empleó finalmente el término de interacción con cuatro subperiodos, con una $p = 0,0876$.

Para los peatones, tomando como referencia el grupo de 30-39 años, el riesgo de causar la colisión fue mayor entre los 10 y los 19 años de edad. También se aprecia un riesgo mayor a partir de los 65 años de edad. La asociación del sexo femenino con la responsabilidad de la colisión fue cambiando a lo largo de los cuatro subperiodos de tiempo empleados, con una asociación inversa en el último de ellos. En lo referente a los ciclistas, en comparación con el grupo de 25-34 años, los más jóvenes, en especial los niños, presentaron un mayor riesgo de causar la colisión. Este riesgo también fue alto entre los 55 y los 64 años de edad. Las mujeres presentaron un ligero mayor riesgo de ser responsables, aunque no fue estadísticamente significativo. Finalmente, el uso de casco se asoció de manera inversa con la *odds* de ser responsable.

En la *tabla 4* se muestra la asociación de las circunstancias ambientales con la responsabilidad de peatones y de ciclistas. El riesgo de que el peatón no fuera responsable (y, complementariamente, de que lo fuera el ciclista), fue mayor de noche, en días festivos, en intersecciones y rotondas, y en presencia de aceras, semáforos y, en especial, pasos para peatones.

El análisis estratificado por el sexo de cada usuario se muestra en el Apéndice *online* (no se ha analizado el estrato de ciclistas mujeres debido al insuficiente tamaño muestral). Aunque las estimaciones puntuales difieren sustancialmente para algunas categorías de las variables independientes, el escaso tamaño de la muestra en la mayoría de ellas da lugar a unos intervalos de confianza muy amplios, que sugieren que tales diferencias se deben al azar. De hecho, salvo la interacción ya citada (sexo y subperiodo), ninguno de los otros términos de interacción para el sexo mejoró significativamente el ajuste del modelo global.

Discusión

El patrón de asociaciones obtenido es coherente con lo descrito para otros tipos de colisiones y usuarios de la vía, con respecto a su riesgo de sufrir un accidente de tráfico y los factores asociados⁶⁻¹⁰. En cuanto a la edad, para ciclistas y peatones hemos hallado un patrón en U, con un mayor riesgo en jóvenes y un ligero incremento en personas de edad avanzada. En los primeros, este aumento podría explicarse por su menor percepción del riesgo. Según Sullman et al.⁶, los peatones adolescentes en España tienden a involucrarse con más frecuencia que los adultos en conductas peligrosas, un hecho también demostrado en otros países⁷. Respecto a los jóvenes ciclistas, las razones anteriores, y su menor experiencia, también han sido propuestas por Maring y Van Schagen⁸ para explicar su mayor riesgo. En las personas mayores, el exceso de riesgo puede depender de otros factores, como déficits visuales y una menor capacidad de reacción⁹, unidos a algunos comportamientos de riesgo observados en peatones ancianos, como cruzar la calzada de manera inadecuada¹⁰.

El sexo femenino del peatón se ha asociado a un menor riesgo de provocar la colisión, pero sólo en el último subperiodo. Esta asociación es concordante con el menor riesgo de atropello en la mujer referido en algunos estudios previos¹¹, así como con su menor implicación en conductas de riesgo^{12,13}. Lo que es difícil de interpretar es la evolución del sentido de esta asociación a lo largo del tiempo. Con respecto a los ciclistas, el ligero exceso de riesgo en las mujeres (aunque no estadísticamente significativo), contrario a

Tabla 3
Asociación entre las características individuales del usuario y su responsabilidad de causar el accidente

Variable	Categorías	n	ORc (IC2,5%, IC97,5%)	ORa ^a (IC2,5%, IC97,5%)	
<i>Peatón</i>					
Edad (años)	<10	114	0,59 (0,29-1,22)	0,69 (0,29-1,64)	
	10-19	52	2,38 (1,11-5,12)	3,05 (1,18-7,84)	
	20-29	71	1,60 (0,78-3,31)	1,81 (0,76-4,32)	
	30-39	68	1 (ref.)	1 (ref.)	
	40-49	131	1,05 (0,54-2,04)	1,32 (0,58-2,83)	
	50-64	255	0,87 (0,47-1,61)	1,33 (0,64-2,78)	
	65-79	283	1,52 (0,84-2,74)	2,12 (1,03-4,34)	
	>79	130	1,33 (0,69-2,55)	1,93 (0,88-4,22)	
Sexo	Hombre	453	1 (ref.)	1 (ref.)	
	Mujer	1993-1997	223	1,29 (0,85-1,94)	1,49 (0,91-2,45)
		1998-2002	125	0,78 (0,44-1,39)	0,88 (0,45-1,70)
		2003-2007	139	0,71 (0,36-1,40)	0,84 (0,37-1,93)
		2008-2011	219	0,59 (0,34-1,00)	0,48 (0,23-1,00)
<i>Ciclista^b</i>					
Edad (años)	<14	152	2,08 (1,28-3,33)	4,76 (2,63-9,09)	
	15-24	478	1,10 (0,79-1,54)	2,00 (1,30-3,13)	
	25-34	227	1 (ref.)	1 (ref.)	
	35-44	141	1,14 (0,73-1,79)	1,39 (0,78-2,50)	
	45-54	57	1,06 (0,58-1,96)	0,92 (0,41-2,04)	
	55-64	27	1,85 (0,72-4,76)	4,17 (1,19-14,29)	
	>64	20	1,61 (0,56-4,55)	2,13 (0,56-8,33)	
	Sexo	Hombre	1021	1 (ref.)	1 (ref.)
Uso de casco	Mujer	135	1,47 (0,98-2,22)	1,64 (0,96-2,78)	
	No	729	1 (ref.)	1 (ref.)	
	Sí	151	0,63 (0,44-0,90)	0,42 (0,25-0,71)	
	Desconocido	348	0,93 (0,70-1,22)	0,53 (0,35-0,78)	

IC: intervalo de confianza; ORa: *odds ratio* ajustada; ORc: *odds ratio* cruda.

^a El número de sujetos considerado en el modelo multivariado fue de 942 (tras la exclusión de los casos con datos faltantes para las variables edad y sexo, y de aquellos subgrupos de casos que impedían la convergencia del modelo).

^b OR calculadas invirtiendo el valor de las estimaciones obtenidas para peatones en el modelo de regresión logística.

lo referido en trabajos previos¹⁴, podría explicarse si la mayor percepción de riesgo de la mujer la llevara a elegir rutas con menor densidad de tráfico¹⁵, pero con mayor riesgo de ser compartidas por peatones. La asociación del uso de casco, no obligatorio en zonas urbanas, con una menor responsabilidad del ciclista puede deberse a que sea un marcador de patrones de conducción más cautos. Según Andersson y Bunketorp¹⁶, no usar casco se asocia con otras conductas de riesgo, como conducir de noche o consumir alcohol.

Con respecto a los factores ambientales, nuestros resultados concuerdan con los de un estudio que concluye que la ausencia

de aceras es un motivo para que el peatón camine por la calzada, aumentando su riesgo de implicarse en un accidente con un vehículo a motor¹⁷. Otro estudio ha descrito una menor culpabilidad del peatón en los atropellos que ocurren en intersecciones, frente a los que ocurren al cruzar una calle¹⁸. Es posible que el peatón adopte un comportamiento más cauto en entornos percibidos como más complicados¹⁹. Finalmente, aunque se ha descrito un mayor riesgo de atropellos en cruces señalizados²⁰, nuestro estudio se restringe a colisiones con ciclistas, usuarios que con frecuencia no respetan la prioridad de los semáforos y los pasos de peatones, lo que aumenta su riesgo de causar atropellos.

Tabla 4
Asociación entre las circunstancias ambientales y la responsabilidad de peatones y ciclistas de causar el accidente

Variable	Categorías	n	Peatón		Ciclista ^b	
			ORc (IC2,5%, IC97,5%)	ORa ^a (IC2,5%, IC97,5%)	ORc (IC2,5%, IC97,5%)	ORa ^a (IC2,5%, IC97,5%)
Hora	Día	1128	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)
	Noche	100	0,74 (0,47-1,18)	0,54 (0,27-1,07)	1,35 (0,85-2,13)	1,85 (0,93-3,70)
Tipo de día	Festivo	149	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)
	Laborable	1079	1,47 (0,99-2,17)	2,41 (1,41-4,14)	0,68 (0,46-1,01)	0,41 (0,24-0,71)
Presencia de aceras	Sí	877	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)
	No	351	2,99 (2,19-4,08)	2,30 (1,38-3,85)	0,33 (0,25-0,46)	0,43 (0,26-0,72)
Lugar	Calle recta	860	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)
	Curva	45	0,73 (0,38-1,41)	0,93 (0,40-2,18)	1,37 (0,71-2,63)	1,08 (0,46-2,50)
Prioridad regulada	Intersección o rotonda	323	0,48 (0,35-0,65)	0,39 (0,26-0,60)	2,08 (1,54-2,86)	2,56 (1,67-3,85)
	No	672	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)	1 (ref.)
	Semáforo	193	0,80 (0,57-1,12)	0,69 (0,44-1,09)	1,25 (0,89-1,75)	1,45 (0,92-2,27)
	Señales verticales o agentes	65	1,10 (0,65-1,85)	1,00 (0,50-2,00)	0,91 (0,54-1,54)	1,00 (0,50-2,00)
	Sólo marcas viales	61	1,07 (0,62-1,83)	0,89 (0,45-1,74)	0,93 (0,55-1,61)	1,12 (0,57-2,22)
Paso de peatones	106	0,12 (0,05-0,25)	0,08 (0,03-0,18)	8,33 (4,00-20,00)	12,50 (5,56-33,33)	

IC: intervalo de confianza; ORa: *odds ratio* ajustada; ORc: *odds ratio* cruda.

^a El número de sujetos considerado en el modelo multivariado fue de 942 (tras la exclusión de los casos con datos faltantes para las variables edad y sexo, y de aquellos subgrupos de casos que impedían la convergencia del modelo).

^b OR calculadas invirtiendo el valor de las estimaciones obtenidas para peatones en el modelo de regresión logística.

Con respecto a las limitaciones del estudio, algunas de ellas vienen determinadas por su diseño. En primer lugar, se está estimando el riesgo de ser responsable de una colisión condicionado a que dicha colisión se ha dado, y no de implicarse en ella (para lo cual sería necesario disponer de una estimación sobre la intensidad de exposición de cada usuario implicado). En segundo lugar, la forma de asignar la responsabilidad exige seleccionar un subtipo particular de colisiones: aquellas en las que sólo hay un infractor. Ello obliga a excluir el resto de las colisiones entre ciclistas y peatones incluidas en el registro de la Dirección General de Tráfico. Al comparar, por ejemplo, las colisiones seleccionadas en nuestro estudio con aquellas otras (mucho menos frecuentes) en las que no hay ningún usuario infractor (pero en las que, sin duda, también debe haber factores que las generen, o al menos que las favorezcan), existen diferencias relevantes entre ambas con respecto a algunas variables (datos no mostrados), lo que nos lleva a concluir que, aunque estamos trabajando con un subtipo de colisiones particularmente frecuente, no representa al total de las colisiones entre ciclistas y peatones.

Otras limitaciones dependen de la fuente de información utilizada: un registro policial, en el cual los accidentes de ciclistas y los menos graves están infradeclarados²¹. Así, los factores positivamente asociados con la gravedad estarán sobrerrepresentados en nuestra muestra (p. ej., la edad avanzada). Asimismo, falta información sobre otras variables (en el uso de casco, por ejemplo, el porcentaje desconocido llega al 28,3%). Con respecto a la asignación de la responsabilidad, es difícil saber en qué medida la policía puede registrar la comisión de infracciones de manera sesgada, en función de las características del usuario.

Finalmente, el escaso tamaño muestral nos ha forzado a incluir todas las colisiones ocurridas en un período de tiempo muy largo (19 años), en el que nos consta que se han producido importantes cambios: por ejemplo, una expansión en el uso de la bicicleta, en la construcción de infraestructuras viales orientadas a fomentar esta práctica, así como en la oferta de servicios de bicicleta pública, junto a importantes cambios legislativos tendentes a la protección de los ciclistas. Es imposible valorar, a partir de los datos empleados, el efecto contextual de estas variables sobre las asociaciones detectadas. Nuestra única alternativa ha sido incorporar el subperíodo de estudio (tomado como un correlato grosero de estos cambios) como un posible factor de confusión y de interacción en los modelos multivariados. No obstante, la reducción del tamaño muestral asociado a esta estrategia no ha permitido detectar patrones temporales claros, al margen del ya referido para la asociación con el sexo del peatón.

A pesar de las limitaciones anteriores, creemos que los factores individuales y ambientales identificados en nuestro estudio son relevantes de cara al diseño de estrategias para reducir el impacto negativo en la salud de dos actividades, caminar y montar en bicicleta, que por sus beneficios deben ser promocionadas como formas de movilidad activa. En concreto, a la vista de los resultados obtenidos, sería recomendable implementar estrategias de seguridad vial específicamente dirigidas a los grupos de edad extremos dentro de ambos colectivos, poniendo especial énfasis en la realización de intervenciones para el correcto uso de la calzada y, en el caso de los ciclistas, para respetar los pasos de peatones y extremar la precaución durante la circulación nocturna. Parece igualmente necesaria la habilitación de aceras para peatones y, en general, la separación física de ambos usuarios. Por último, la asociación inversa obtenida para el uso de casco es un argumento más a favor de extender su empleo por parte de los ciclistas, también en zona urbana.

Editor responsable del artículo

Miguel Ángel Negrín Hernández.

¿Qué se sabe sobre el tema?

Las colisiones entre peatones y ciclistas han sido escasamente estudiadas hasta la fecha. El aumento del uso de la bicicleta y la promoción del desplazamiento activo pueden ocasionar, además de numerosos beneficios en la salud, un incremento de este tipo de accidentes.

¿Qué añade el estudio realizado a la literatura?

Se ofrecen estimaciones de la fuerza de asociación entre la responsabilidad del peatón y la del ciclista, y diversos factores individuales y ambientales. Los resultados permitirán contribuir al diseño de campañas y políticas viales que aumenten la seguridad para ambos grupos de usuarios vulnerables.

Declaraciones de autoría

V. Martínez Ruiz realizó la revisión de la literatura, la recogida de información, la ejecución del estudio y la redacción del artículo. E. Jiménez Mejías y J. Pulido Manzanero hicieron una revisión crítica del original, correcciones y aportaciones en metodología y discusión, y aprobaron la versión final del artículo para su publicación. C. Amezcua Prieto y R. Olmedo Requena realizaron la revisión de la literatura, la recogida de información y la discusión, y aprobaron la versión final del artículo para su publicación. P. Lardelli Claret contribuyó en la concepción y el diseño del trabajo, la redacción del artículo, la revisión crítica y la aprobación final para su publicación.

Financiación

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Ministerio de Educación mediante el programa FPU (nº de beca AP2012-1975).

Conflictos de intereses

Ninguno.

Agradecimientos

A la Dirección General de Tráfico, por habernos facilitado la consulta y el uso del Registro Español de Accidentes de Tráfico con Víctimas, sin el cual la elaboración de este trabajo no hubiera sido posible.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.gaceta.2015.04.005](https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.04.005).

Bibliografía

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. Geneva: World Health Organization; 2013. p. 303.
2. Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Tainio M, et al. The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *BMJ*. 2011;343:d4521.
3. Tuckel P, Milczarski W, Maisel R. Pedestrian injuries due to collisions with bicycles in New York and California. *J Safety Res*. 2014;51:7-13.
4. Graw M, Köning HG. Fatal pedestrian-bicycle collisions. *Forensic Sci Int*. 2002;126:241-7.
5. Halttunen L. Method for providing collision alert from cyclist to pedestrian, involves performing collision alert triggering operation when distance between cyclist and pedestrian is within short-range limit. Järvenpää: LH COMMUNICATIONS OY; 2010. N° patente: WO2010004078-A1.

6. Sullman MJM, Gras ME, Font-Mayolas S, et al. The pedestrian behaviour of Spanish adolescents. *J Adolesc.* 2011;34:531–9.
7. Lipovac K, Vujanic M, Maric B, et al. Pedestrian behavior at signalized pedestrian crossings. *J Transp Eng.* 2013;139:165–72.
8. Maring W, van Schagen I. Age dependence of attitudes and knowledge in cyclists. *Accid Anal Prev.* 1990;22:127–36.
9. Schepers P, den Brinker B. What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics.* 2011;54:315–27.
10. Dommès A, Cavallo V, Dubuisson J-B, et al. Crossing a two-way street: comparison of young and old pedestrians. *J Safety Res.* 2014;50:27–34.
11. Zhu M, Zhao S, Coben JH, et al. Why more male pedestrians die in vehicle-pedestrian collisions than female pedestrians: a decompositional analysis. *Inj Prev.* 2013;19:227–31.
12. Clifton K, Livi A. Gender differences in walking behavior, attitudes about walking, and perceptions of the environment in three Maryland communities. En: *Research on women's issues in transportation, report of a conference. Vol. 2: Technical papers.* Washington, DC: Transportation Research Board; 2005.
13. Holland C, Hill R. The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accid Anal Prev.* 2007;39:224–37.
14. Félonneau M-L, Causse E, Constant A, et al. Gender stereotypes and superior conformity of the self in a sample of cyclists. *Accid Anal Prev.* 2013;50:336–40.
15. Dill J, Gliebe J. Understanding and measuring bicycling behavior: a focus on travel time and route choice. Portland: Oregon Transportation Research and Education Consortium; 2008. Informe técnico N°: OTREC-RR-08-03. Disponible en: <http://pdxscholar.library.pdx.edu/usp.fac/28>
16. Andersson A-L, Bunketorp O. Cycling and alcohol. *Injury.* 2002;33:467–71.
17. McMahon P, Duncan C, Stewart J, et al. Analysis of factors contributing to walking along roadway crashes. *Transp Res Rec J Transp Res Board.* 1999;1674:41–8.
18. Ulfarsson GF, Kim S, Booth KM. Analyzing fault in pedestrian-motor vehicle crashes in North Carolina. *Accid Anal Prev.* 2010;42:1805–13.
19. Lee C, Abdel-Aty M. Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. *Accid Anal Prev.* 2005;37:775–86.
20. Koepsell T, McCloskey L, Wolf M, et al. Crosswalk markings and the risk of pedestrian-motor vehicle collisions in older pedestrians. *JAMA.* 2002;288:2136–43.
21. Elvik R, Mysen A. Incomplete accident reporting: meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transp Res Rec J Transp Res Board.* 1999;1665:133–40.

Apéndice. Material suplementario

Análisis estratificado por sexo

Tabla I

Asociación entre las características individuales del usuario y su responsabilidad de causar el accidente (colisiones en que el peatón es varón)

Variable	Categorías	n	ORc (IC2,5%, IC97,5%)	ORa ^a (IC2,5%, IC97,5%)
Peatón				
<i>Edad (años)</i>	<10	65	0,62 (0,19-2,06)	1,36 (0,30-6,21)
	10-19	28	2,20 (0,63-7,70)	4,75 (0,95-23,86)
	20-29	25	1,60 (0,43-5,89)	3,29 (0,59-18,22)
	30-39	22	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	40-49	43	1,82 (0,56-5,91)	3,40 (0,75-15,41)
	50-64	85	1,34 (0,44-4,03)	3,12 (0,76-12,79)
	65-79	113	2,42 (0,83-7,02)	4,81 (1,21-19,12)
	>79	45	1,54 (0,47-5,00)	3,54 (0,80-15,77)
Ciclista^b				
<i>Edad (años)</i>	<14	50	1,35 (0,63-2,94)	3,13 (1,19-7,69)
	15-24	192	1,28 (0,75-2,17)	2,50 (1,20-5,26)
	25-34	87	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	35-44	50	1,02 (0,49-2,13)	1,85 (0,68-5,00)
	45-54	22	0,44 (0,17-1,14)	0,71 (0,21-2,44)
	55-64	8	0,53 (0,12-2,27)	0,72 (0,10-5,26)
	>64	10	1,23 (0,30-5,00)	0,57 (0,09-3,70)
	<i>Sexo</i>	Hombre	397	1 (Referencia)
Mujer		52	1,75 (0,89-3,45)	1,69 (0,65-4,55)
<i>Uso de casco</i>	No	265	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	Sí	57	0,45 (0,25-0,80)	0,38 (0,17-0,87)
	Desconocido	131	0,92 (0,58-1,43)	0,49 (0,26-0,93)

IC: intervalo de confianza; ORa: *odds ratio* ajustada; ORc: *odds ratio* cruda.

^aEl número de sujetos considerado en el modelo multivariado fue de 362 (tras la exclusión de los casos con datos faltantes para las variables edad y sexo, y de aquellos subgrupos de casos que impedirían la convergencia del modelo).

^bOR calculadas invirtiendo el valor de las estimaciones obtenidas para peatones en el modelo de regresión logística.

Tabla II

Asociación entre las características individuales del usuario y su responsabilidad de causar el accidente (colisiones en las que el peatón es mujer)

Variable	Categorías	n	ORc (IC2,5%, IC97,5%)	ORa ^a (IC2,5%, IC97,5%)
Peatón				
<i>Edad (años)</i>	<10	49	0,65 (0,25-1,68)	0,43 (0,13-1,41)
	10-19	24	3,00 (1,07-8,39)	3,11 (0,78-12,34)
	20-29	46	1,63 (0,68-3,91)	1,25 (0,43-3,64)
	30-39	46	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	40-49	88	0,80 (0,35-1,78)	0,72 (0,26-1,96)
	50-64	169	0,71 (0,34-1,49)	0,87 (0,35-2,19)
	65-79	170	1,15 (0,56-2,36)	1,29 (0,52-3,20)
	>79	85	1,25 (0,57-2,73)	1,48 (0,56-3,95)
Ciclista^b				
<i>Edad (años)</i>	<14	101	2,86 (1,54-5,56)	8,33 (3,57-16,67)
	15-24	282	1,01 (0,66-1,54)	1,96 (1,10-3,45)
	25-34	136	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	35-44	89	1,25 (0,70-2,22)	1,25 (0,59-2,63)
	45-54	32	2,38 (0,91-6,25)	1,59 (0,47-5,26)
	55-64	19	4,55 (1,03-20,00)	20,00 (2,13-100,00)
	>64	10	2,17 (0,44-11,11)	8,33 (0,82-100,00)
	<i>Sexo</i>	Hombre	613	1 (Referencia)
Mujer		79	1,30 (0,76-2,22)	1,67 (0,85-3,33)
<i>Uso de casco</i>	No	426	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	Sí	83	0,85 (0,52-1,41)	0,44 (0,21-0,93)
	Desconocido	197	0,98 (0,68-1,43)	0,58 (0,34-0,99)

IC: intervalo de confianza; ORa: odds ratio ajustada; ORc: odds ratio cruda.

^aEl número de sujetos considerado en el modelo multivariado fue de 580 (tras la exclusión de los casos con datos faltantes para las variables edad y sexo, y de aquellos subgrupos de casos que impedirían la convergencia del modelo).

^bOR calculadas invirtiendo el valor de las estimaciones obtenidas para peatones en el modelo de regresión logística.

Tabla III

Asociación entre las características individuales del usuario y su responsabilidad de causar el accidente (colisiones en las que el ciclista es varón)

Variable	Categorías	n	ORc (IC2,5%, IC97,5%)	ORa ^a (IC2,5%, IC97,5%)
Peatón				
<i>Edad (años)</i>	<10	94	0,60 (0,27-1,33)	0,70 (0,27-1,77)
	10-19	44	2,93 (1,28-6,74)	3,09 (1,14-8,40)
	20-29	65	1,72 (0,79-3,72)	2,00 (0,80-4,95)
	30-39	59	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	40-49	111	1,24 (0,61-2,53)	1,57 (0,68-3,63)
	50-64	226	1,04 (0,54-2,00)	1,52 (0,70-3,29)
	65-79	248	1,61 (0,85-3,06)	2,05 (0,96-4,38)
	>79	116	1,60 (0,80-3,23)	2,34 (1,02-5,32)
<i>Sexo</i>	Hombre	397	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	Mujer	613	0,84 (0,64-1,10)	0,92 (0,66-1,29)
Ciclista^b				
<i>Edad (años)</i>	<14	139	2,33 (1,41-3,85)	5,00 (2,78-9,09)
	15-24	418	1,18 (0,83-1,69)	2,13 (1,35-3,33)
	25-34	197	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	35-44	124	1,11 (0,69-1,79)	1,22 (0,67-2,22)
	45-54	52	1,11 (0,58-2,13)	0,85 (0,36-1,96)
	55-64	25	1,85 (0,71-5,00)	4,00 (1,16-14,29)
	>64	17	1,41 (0,48-4,17)	1,69 (0,43-6,67)
<i>Uso de casco</i>	No	618	1 (Referencia)	1 (Referencia)
	Sí	131	0,68 (0,46-1,00)	0,46 (0,27-0,78)
	Desconocido	272	0,93 (0,68-1,27)	0,55 (0,36-0,83)

IC: intervalo de confianza; ORa: odds ratio ajustada; ORc: odds ratio cruda.

^aEl número de sujetos considerado en el modelo multivariado fue de 838 (tras la exclusión de los casos con datos faltantes para las variables edad y sexo, y de aquellos subgrupos de casos que impedirían la convergencia del modelo).

^bOR calculadas invirtiendo el valor de las estimaciones obtenidas para peatones en el modelo de regresión logística.

**5. CONTRIBUTION OF EXPOSURE, RISK OF CRASH AND FATALITY TO
EXPLAIN AGE- AND SEX-RELATED DIFFERENCES IN TRAFFIC-
RELATED CYCLISTS MORTALITY RATES**



Contribution of exposure, risk of crash and fatality to explain age- and sex-related differences in traffic-related cyclist mortality rates



Virginia Martínez-Ruiz^{a,b,*}, Eladio Jiménez-Mejías^{a,c}, Carmen Amezcua-Prieto^{a,c}, Rocío Olmedo-Requena^{a,c}, Juan de Dios Luna-del-Castillo^{c,d}, Pablo Lardelli-Claret^{a,c}

^a Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Granada, Avenida de Madrid 11, 18012 Granada, Spain

^b Doctoral Program in Clinical Medicine and Public Health, University of Granada, Spain

^c Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Spain

^d Department of Biostatistics, School of Medicine, University of Granada, Avenida de Madrid 11, 18012 Granada, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 September 2014

Received in revised form 11 December 2014

Accepted 9 January 2015

Available online 3 February 2015

Keywords:

Cyclists
Mortality
Exposure
Risk
Fatality

ABSTRACT

This study was designed to quantify the percent contribution of exposure, risk of collision and fatality rate to the association of age and sex with the mortality rates among cyclists in Spain, and to track the changes in these contributions with time. Data were analyzed for 50,042 cyclists involved in road crashes in Spain from 1993 to 2011, and also for a subset of 13,119 non-infractor cyclists involved in collisions with a vehicle whose driver committed an infraction (used as a proxy sample of all cyclists on the road). We used decomposition and quasi-induced exposure methods to obtain the percent contributions of these three components to the mortality rate ratios for each age and sex group compared to males aged 25–34 years. Death rates increased with age, and the main component of this increase was fatality (around 70%). Among younger cyclists, however, the main component of increased death rates was risk of a collision. Males had higher death rates than females in every age group: this rate increased from 6.4 in the 5–14 year old group to 18.8 in the 65–79 year old group. Exposure, the main component of this increase, ranged between 70% and 90% in all age categories, although the fatality component also contributed to this increase. The contributions of exposure, risk of crash and fatality to cyclist death rates were strongly associated with age and sex. Young male cyclists were a high-risk group because all three components tended to increase their mortality rate.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Traffic injuries in cyclists are a health problem of growing interest in developed countries, mainly as a result of increased bicycle use (European Road Safety Observatory, 2012; World Health Organization, 2013). In Europe, bicycle fatalities accounted for 7% of the total number of road accident fatalities in 2010 (European Road Safety Observatory, 2012). Although in Spain this figure is lower (4% in 2013) (Dirección General de Tráfico, 2014) because of the still comparatively low use of bicycles as a mode of transport (Dirección General de Tráfico, 2011), the expected increase in bicycle use will probably lead to a worldwide increase in cyclist crash mortality rate (CCMR = number of deaths among

cyclists involved in a crash \times 100,000 population). This increase can be expected particularly in countries such as Spain, which still lack suitable infrastructures or specific traffic laws for cycling (Anaya et al., 2012; Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2011).

As in other groups of road users, the death of a cyclist may be viewed as the final outcome of a causal chain composed of three links acting as necessary causes: exposure (use of a bicycle), involvement in a crash, and severe injury leading to death. This simple model is useful to understand some well-known characteristics of crash-related mortality in cyclists. For example, most of the excess CCMR among younger Spanish people is clearly related with the much greater use of bicycles by young people compared to older people (Dirección General de Tráfico, 2011). Several previous individual-level studies have analyzed the contribution of factors such as age or sex on the risk of crash, severe injury or death among cyclists (Boufous et al., 2012; Persaud et al., 2012; Roberts et al., 2012). However, to our knowledge no previous studies at an individual level have attempted to investigate a complementary issue: the relative contributions of some key factors to the overall

* Corresponding author at: Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, Avda. de Madrid 11, 18012 Granada, Spain. Tel.: +34 958 241000x43543; fax: +34 958 246118.

E-mail address: virmruiz@ugr.es (V. Martínez-Ruiz).

risk of death defined according to characteristics such as age and sex. Among these factors are (i) the amount of exposure (measured as distance traveled, time spent cycling or number of trips) (Mindell et al., 2012), (ii) the exposure-adjusted risk of involvement in a crash, and (iii) the risk of death after a crash. This gap in our knowledge most likely reflects difficulties with identifying a large cohort of cyclists and following them during many years in order to obtain enough cases of crash-related deaths for analysis. However, the methodological challenge may be partly overcome with an ecological approach, e.g., by applying decomposition methods. These methods make it possible to estimate the relative contribution (e.g., as percentage values) of each of the three links noted above in the causal chain at a group level (e.g., the exposure rate of cycling in the entire population chosen for study, the crash rate among cyclists, and the fatality rate among cyclists involved in a crash). As a result, decomposition methods provide a way to explain the differences in CCMR between age and sex subgroups in the target population. Although such methods have been widely used in analyses of other road users (Dellinger et al., 2002; Goldstein et al., 2011; Hermans et al., 2006; Zhu et al., 2013), we found only one study (Li and Baker, 1996) that applied this method to identify the determinants of differences in CCMR between males and females in the USA in 1990.

To design and implement specific measures aimed at reducing the risk of cycling-related deaths, it is essential to know the relative contributions of each of these three possible determinants of risk in age and sex subgroups within a given population. This fact contrasts sharply, however, with the scarcity of epidemiologic research on this topic in Spain. Accordingly, we designed the present study to use a decomposition procedure in order (i) to determine the specific contributions of exposure, risk of crash and fatality to age- and sex-related differences in CCMR in Spain during

the period from 1993 to 2011, and (ii) to determine how these contributions changed during the study period.

2. Methods

The main source of information for this ecological study was the Spanish Register of Road Crashes with Victims held by the Spanish General Traffic Directorate. The characteristics of this police-based register, designed to include all road crashes with victims in Spain, have been described previously (Martínez-Ruiz et al., 2013). From this database we collected information for all 50,042 cyclists involved in road crashes in Spain from 1993 to 2011 for whom information was recorded about their age (5–79 years) and sex. One of the variables in the database was whether the cyclist had committed an infraction or whether the driver or drivers of other vehicles involved in the collision had committed a driving infraction. From this information we selected a subset of 13,119 cyclists involved in so-called clean collisions, i.e., collisions involving a non-infractor cyclist and another vehicle whose driver committed a driving infraction. Fig. 1 shows the procedure used to select this subsample of cyclists. We assumed that the likelihood that these cyclists were responsible for the collision was low. Therefore, we considered them as a representative sample of cyclists on the road who were passively involved in a collision with another vehicle. In accordance with the quasi-induced exposure method (Stamatiadis and Deacon, 1997), their age and sex distribution can be assumed to reflect that of the whole population of cyclists exposed to the risk of being struck by another vehicle. For all cyclists involved in a crash we collected information about their age (5–14, 15–24, 25–34, 35–44, 45–54, 55–64, 65–79 years), sex and outcome with the first 24 h after the crash (death, severe injury, minor injury, no injury).

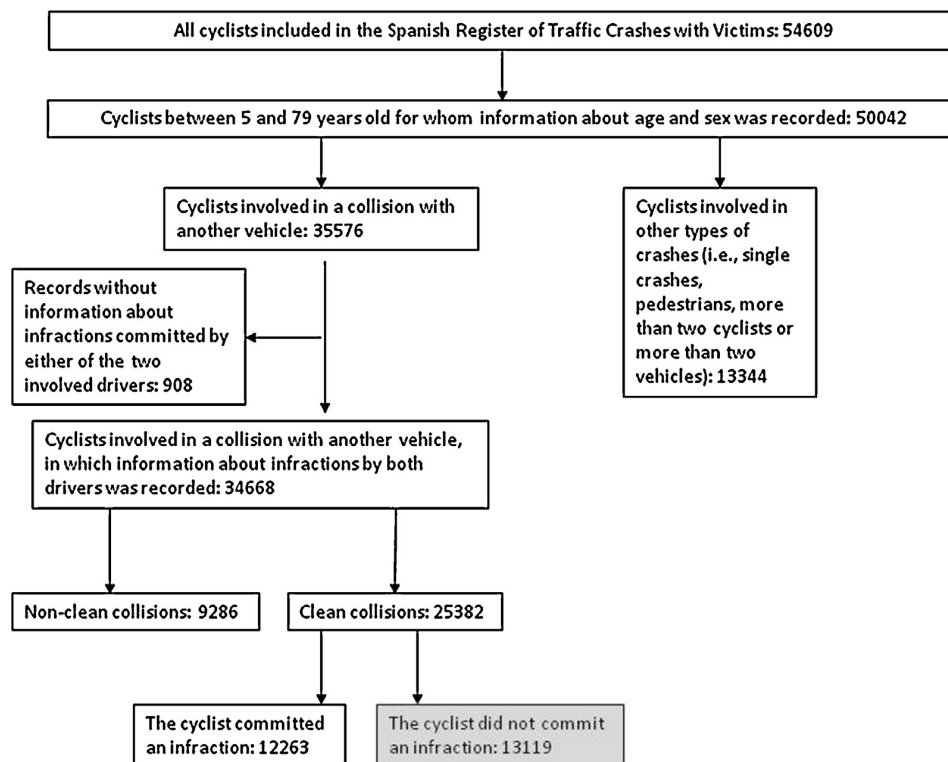


Fig. 1. Flow chart illustrating the selection of the subpopulations of cyclists used in the study.

The second data source was the Spanish National Institute of Statistics, from which we obtained estimates of the population aged between 5 and 79 years stratified according to the same age and sex categories as we used for cyclists, for each year between 1993 and 2011.

2.1. Analysis

Imagine a subgroup of people of type *i*, defined by their sex and age range. According to decomposition analysis (Dellinger et al., 2002; Hermans et al., 2006; Zhu et al., 2013), the CCMR for this subgroup (CCMR_{*i*}) can be obtained by multiplying three separate rates: the exposure rate (ER_{*i*}: distance traveled or time exposed to the risk of being struck by a vehicle/population), the crash rate (CR_{*i*}: number of collisions/amount of exposure) and the fatality rate (FR_{*i*}: number of deaths after the collisions/number of collisions). If we compare the rates for type *i* people with the corresponding rates for a reference category of people (namely *j*), the model can be expressed as follows:

$$\frac{CCMR_i}{CCMR_j} = \frac{ER_i}{ER_j} \times \frac{CR_i}{CR_j} \times \frac{FR_i}{FR_j} \tag{1}$$

(A) (B) (C) (D)

Hereafter we will call term (A) in expression (1) the mortality rate ratio for type *i* people (MRR_{*i*}), term (B) the exposure rate ratio for type *i* people (ERR_{*i*}), term (C) the crash rate ratio for people in category *i* (CRR_{*i*}), and term (D) the fatality rate ratio for people in category *i* (FRR_{*i*}). Therefore, expression (1) may be rewritten as follows:

$$MRR_i = ERR_i \times CRR_i \times FRR_i \tag{2}$$

From the two data sources we used, we can directly obtain two components of Eq. (2), MRR_{*i*} and FRR_{*i*}, as follows:

$$MRR_i = \frac{\text{number of deaths of cyclists in category } i / \text{total population in category } i}{\text{number of deaths of cyclists in category } j / \text{total population in category } j}$$

$$FRR_i = \frac{\text{number of deaths of cyclists in category } i / \text{cyclists in category } i \text{ involved in crashes}}{\text{number of deaths of cyclists in category } j / \text{cyclists in category } j \text{ involved in crashes}}$$

To determine ERR_{*i*}, the expression that in principal should be used is:

$$ERR_i = \frac{\text{amount of cycling exposure of people in category } i / \text{total population in category } i}{\text{amount of cycling exposure of people in category } j / \text{total population in category } j} \tag{3}$$

Expression (3) can be rewritten as follows:

$$ERR_i = \frac{\text{amount of cycling exposure of people in category } i / \text{total population in category } i}{\text{total population in category } j / \text{total population in category } j}$$

However, if the assumption stated above for the subsample of non-infractor cyclists used in our study is correct, the numerator in expression (3) can be estimated as the following quotient:

$$\frac{\text{number of non – infractor cyclists in category } i \text{ involved in clean collisions}}{\text{number of non – infractor cyclists in category } j \text{ involved in clean collisions}}$$

Accordingly, ERR can be estimated as follows:

$$ERR_i = \frac{\text{number of non – infractor cyclists in category } i \text{ involved in clean collisions} / \text{number of non – infractor cyclists in category } j \text{ involved in clean collisions}}{\text{total population in category } i / \text{total population in category } j}$$

Finally, CRR_{*i*} was obtained from Eq. (2) with the simple algebraic formula:

$$CRR_i = \frac{MRR_i}{ERR_i \times FRR_i} \tag{4}$$

For the present analysis we selected cyclists between 25 and 34 years of age as the reference category. Poisson regression was used to obtain point estimates and the corresponding 95% confidence intervals (95% CI) of MRR_{*i*}, ERR_{*i*}, and FRR_{*i*} for each age group (both sexes combined) and for each combination of age and sex category (with males aged 25–34 years as the reference). Eq. (4) was used to calculate CRR_{*i*}, and a bootstrap procedure with 1500 replications was used to obtain the 95% CI. To quantify the association between male sex and MRR, ERR, CRR and FRR within each age group, the corresponding male/female rate ratios were obtained. Finally, to derive the proportion of MRR_{*i*} attributable to each of the three components (ERR_{*i*}, CRR_{*i*} and FRR_{*i*}) in each group *i* of people, we first converted the components to their natural logarithms. Then we used the following expressions for each component:

$$\%E_i: [|\ln(ERR_i)| / (|\ln(ERR_i)| + |\ln(CRR_i)| + |\ln(FRR_i)|)] \times 100$$

$$\%C_i: [|\ln(CRR_i)| / (|\ln(ERR_i)| + |\ln(CRR_i)| + |\ln(FRR_i)|)] \times 100$$

$$\%F_i: [|\ln(FRR_i)| / (|\ln(ERR_i)| + |\ln(CRR_i)| + |\ln(FRR_i)|)] \times 100$$

%E_{*i*}, %C_{*i*}, and %F_{*i*} are, respectively, the percentage of MRR_{*i*} in each group *i* of people attributable to (i) their exposure as cyclists, (ii) their risk of collision with a vehicle adjusted by their exposure, and (iii) their risk of death within the first 24h after the collision. Unlike previous decomposition studies (Dellinger et al., 2002; Zhu et al., 2013), we only used the absolute values of the natural logarithm of rate ratios in the denominator. Because rate ratios may be higher or lower than 1 depending on the direction of the association of age and sex with each component, our approach yielded negative percentages for some components, whereas the sum of their absolute values was always 100%. We believe that this procedure better reflects the magnitude and especially the direction in which each component affected overall MRR expressed as a percentage. For example, as shown below, the mortality rate for people aged 35–44 years is 1.39 times as high as that for the 25–34 year old group (the reference group). The decomposition method allowed us to determine that the percent contribution of each factor to this difference in mortality was –21.57% for exposure, –2.68% for risk of crash and 75.75% for fatality. These figures indicate that the main determinant of this difference was clearly the increased fatality for people in the 35–44 year old age group. The second largest contributor in absolute terms was the exposure component, but its negative sign indicated that this

Table 1

Distribution of the general population, cyclists involved in road crashes (all and non-responsible cyclists involved in clean collisions) and deaths according to age and sex, Spain, 1993–2011.

Age (years)	Males				Females			
	General population ^a	All cyclists involved in crashes	Non-responsible cyclists involved in clean collisions	Deaths	General population ^a	All cyclists involved in crashes	Non-responsible cyclists involved in clean collisions	Deaths
5–14	42,293,279	6204	754	110	39,698,940	849	128	16
15–24	55,332,937	11,317	2551	182	52,791,803	1768	481	18
25–34	67,189,905	7968	2379	142	64,357,536	1583	473	17
35–44	61,193,602	6636	2018	187	60,032,890	888	271	16
45–54	49,720,147	5110	1607	180	50,414,781	563	182	7
55–64	40,333,057	3434	1109	214	43,058,797	321	101	14
65–79	43,652,041	3204	1020	318	54,308,625	197	45	21

^a These figures were obtained by adding the annual population estimates for each age and sex category from 1993 to 2011.

component operated in the opposite direction. In other words, it tended to decrease the difference in mortality between the two age groups, because the amount of exposure in the 35–44 year old group was lower than in the 25–34 year old group.

To assess possible changes in the magnitude or direction of each component in MRR_i for each age and sex subgroup, all analyses were repeated for four sub-periods of time: 1993–1996, 1997–2001, 2002–2006 and 2007–2011. All analyses were done with the Stata statistical package (version 12.0) (Stata Corp., 2011).

3. Results

Table 1 shows the age and sex distribution of the general population, the cyclists involved in road crashes (all cyclists and the subset of those considered non-responsible [see Section 2]), and deaths during the study period. Table 2 shows the MRR for each age group in the whole population, as well as the percent contribution of exposure, risk of crash and fatality to the age-related increases in mortality (the corresponding values of ERR_i, CRR_i, and FRR_i can be consulted in Supplementary data Appendix A). The lowest CCMR were observed in the 25–34 year age group. The increase in CCMR observed in the adjacent younger group (MRR=1.53 in the 15–24 year age group) was equally explained by their higher exposure and risk of crash (43% for each component), whereas the effect of the fatality component was in the opposite direction (–14%), because fatality was lower in the 15–24 year old group compared to the reference group. The youngest age group also yielded a higher CCMR compared to the 25–34 year group, a result explainable mainly by the higher risk of involvement in a crash in younger cyclists (53%), which was not

Table 2

Decomposition of mortality rate ratio for each age group (both sexes).

Age (years)	Both sexes				
	MRR ^a	95% CI	%E ^b	%C ^c	%F ^d
5–14	1.27	1.01–1.61	–42.58 ^e	52.97	4.45
15–24	1.53	1.24–1.88	43.32	43.01	–13.67
25–34	1	Reference			
35–44	1.39	1.13–1.71	–21.57	–2.68	75.75
45–54	1.55	1.25–1.91	–20.75	–5.78	73.48
55–64	2.26	1.85–2.77	–22.65	–4.18	73.17
65–79	2.86	2.37–3.46	–27.27	–1.84	70.89

^a MRR: mortality rate ratio.

^b %E: percent of MRR explained by the exposure rate ratio.

^c %C: percent of MRR explained by the risk of crash rate ratio.

^d %F: percent of MRR explained by the fatality rate ratio.

^e A negative percentage indicates that the component operates in the opposite direction to the differences found between mortality rates. Negative percentage values thus indicate a reduction in the excess mortality in some age groups compared to the reference group.

entirely offset by their lower exposure (–42.6%). Finally, the excess mortality related with aging from 35 years old onward was strongly related with the fatality component (greater than 70% in all age groups), although the weight of this component decreased slightly with age. The exposure component, with a much lower weight less than 30%, had the opposite effect, i.e., it tended to decrease the differences in CCMR. Finally, the risk of crash involvement made a very small (but negative) contribution to the excess mortality related with aging, indicating that this component also tended to decrease the differences in CCMR associated with aging.

Table 3

Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group.

Age (years)	Males		Females		MRR males/ MRR females		
	MRR ^a	95% CI	MRR ^a	95% CI	%E ^b	%C ^c	%F ^d
5–14	1.23	0.96–1.58	0.19	0.11–0.32	6.45	86.46	–3.25 ^e
15–24	1.56	1.25–1.94	0.16	0.10–0.26	9.65	71.08	20.76
25–34	1	Reference	0.12	0.08–0.21	8	75.76	–0.01
35–44	1.45	1.16–1.80	0.13	0.08–0.21	11.47	81.58	18.31
45–54	1.71	1.37–2.13	0.07	0.03–0.14	26.07	66.94	32.4
55–64	2.51	2.03–3.10	0.15	0.09–0.27	16.32	85.94	12.8
65–79	3.45	2.83–4.20	0.18	0.12–0.29	18.84	88.75	–1.87

^a MRR: mortality rate ratio.

^b %E: percent of MRR in males/MRR in females explained by the exposure rate ratio.

^c %C: percent of MRR in males/MRR in females explained by the risk of crash rate ratio.

^d %F: percent of MRR in males/MRR in females explained by the fatality rate ratio.

^e A negative percentage indicates that the component operates in the opposite direction to the differences found between mortality rates. Negative percentage values thus indicate a reduction in the excess mortality in some age groups compared to the reference group.

Table 4

Changes in decomposition models with time for the 5–14 and 15–24 year old groups.

Subperiod	5–14 years old					15–24 years old				
	MRR ^a	95% CI	%E ^b	%C ^c	%F ^d	MRR ^a	95% CI	%E ^b	%C ^c	%F ^d
1993–1996	1.36	0.90–2.02	–25.38	59.24	–15.38	1.68	1.16–2.34	50.21	22.47	–27.32 ^e
1997–2001	1.48	0.89–2.23	–35.52	62.1	–2.38	1.39	0.90–2.10	25.15	44.33	–30.53
2002–2006	1.09	0.59–1.74	–46.46	52.97	–0.56	1.24	0.75–1.87	13.49	58.18	–28.32
2007–2011	0.85	0.39–1.51	–54.26 ^f	36.31 ^f	9.43 ^f	1.45	0.81–2.37	7.99	82.99	9.02

^a MRR: mortality rate ratio. Reference category: 25–34 years old.^b %E: percent of MRR explained by the exposure rate ratio.^c %C: percent of MRR explained by the risk of crash rate ratio.^d %F: percent of MRR explained by the fatality rate ratio.^e A negative percentage indicates that the component operates in the opposite direction to the differences found between mortality rates. Negative percentage values thus indicate a reduction in the excess mortality in some age groups compared to the reference group.^f Because mortality in this group is lower than in the reference group, the negative sign indicates that the component operates in the same direction as the differences found between mortality rates. Negative percentage values thus indicate an increase in the excess mortality in the reference group compared to the 5–14 year old group. Positive percentage values in the 5–14 year old group indicate a decrease in excess mortality.

Table 3 shows the age-related MRR separately for both sexes. In males we found the same pattern as for the whole population. In females, the highest CCMR were observed in the extreme age groups (i.e., 5–14 and 65–79 years old), and the lowest CCMR was found in the 45–54 year group. Table 3 also shows the male/female MRR ratios: CCMR was always higher in males, and this excess tended to increase with age from 6.45 in the 5–14 year old category to 18.84 in the oldest age category, although the greatest increase (26.07) was found in the 45–54 year old category. Finally, Table 3 also displays the percent contributions of exposure, risk of crash and fatality to the excess mortality related to male sex. Exposure was clearly the main contributor at all ages, with percent values ranging from 66.9% (45–54 year group) to 88.8% in the oldest age group. With the exception of the extreme age groups, the fatality component also tended to increase the male-related excess in mortality, although to a much lesser extent from 12.8% to 20.8%. Finally, the weight of the risk of crash component was low and positive at younger ages (10.3% in the 5–14 year and 8.2% in 15–24 year groups), meaning that in these age groups the risk of crash involvement was higher in males than in females, but negative in the oldest age group (–9.4%).

Stratified analyses according to the four sub-periods of time reported in the methods section revealed relevant changes only in younger cyclists (Table 4). The MRR in the 5–14 year and 15–24 year groups tended to decrease with time. In the youngest cyclists, this was mainly the result of the increasing weight of the negative effect of the exposure component from –25% in the 1993–1996 sub-period to –54% in the 2007–2011 sub-period. In the 15–24 year group, a combined effect was seen for the lower weight of the exposure component and the greater weight of the risk of crash component. The complete set of results for each of the four sub-periods can be consulted in Supplementary data Appendix B.

4. Discussion

Our results show a strong association between CCMR and both increasing age and male sex, in a manner consistent with previous studies (Mindell et al., 2012; Li and Baker, 1996; Lustenberger et al., 2010). Earlier studies ascribed the increased mortality at older ages (Rivara et al., 1997; Schepers, 2012; Shinar, 2007) to increased frailty associated to aging, which would cause, in accidents of a similar nature, more serious injuries and more deaths in older people than in younger ones. This is in agreement with our results, in which fatality, i.e., the risk of death in cyclists involved in a crash, was the main determinant associated with older age groups. Regarding the risk of involvement in a crash, this component accounted for the increased CCMR only among the youngest cyclists, but its weight was strong: in fact, this component made

the largest contribution to excess mortality in this age group. According to Maring and van Schagen (1990), the increased risk of crash can be explained by young cyclists' lower level of perceived risk, limited knowledge of the traffic rules and limited cycling experience, in light of the comparatively smaller accumulated exposure in these age groups. The same behavior pattern has been described in other young road users (Cestac et al., 2011). Finally, as expected (Pucher et al., 1999, 2011), the low exposure tended to offset the fatality component in older age groups. The opposite phenomenon was observed in the 15–24 year age group: their higher exposure accounted for almost half of the excess of CCMR in this group compared to the 25–34 year group.

Regarding gender, our results are in agreement with previous reports of a higher CCMR in males than in females (Ackery et al., 2012; Morgan et al., 2010). As expected, exposure was the main determinant of this increase (Twaddle et al., 2010). According to Pucher and Buehler (2008), in countries such as Spain, with comparatively low cycling rates, fewer females than males usually use the bicycle as a means of transport. The opposite would be expected in settings where cycling is a widespread, commonplace practice as in the Netherlands, where the proportion of women cyclists is larger (Pucher et al., 2010). Risk of crash explained the excess mortality only in younger males compared to females of the same ages. Some authors found that females report greater perceived risks than males (Byrnes et al., 1999; Cobey et al., 2013; Cross et al., 2011). Interestingly, the fatality component also contributed to the larger differences in mortality between the two sexes. According to previous studies, males are more prone than females to be involved in risky situations that might result in more severe collisions (and consequently lead to serious injuries or deaths), such as cycling under the influence of alcohol (Orsi et al., 2014) or running a red light (Johnson et al., 2013; Pai and Jou, 2014).

The changes with time in the youngest cyclists can be explained by increased exposure over time, i.e., an increase in the distance traveled or time spent cycling, in the reference age category (25–34 years). Also noteworthy was the increased contribution of the risk component, i.e., the risk of being involved in a crash while cycling, in the 15–24 year group. The absence of relevant changes with time in the decomposition models for the association of male sex with mortality may reflect the fact that differences between genders in the levels of exposure to cycling have not yet been substantially reduced in Spain.

Our study has several limitations. One of them is the use of the quasi-induced exposure method, which has been widely applied for other types of road crashes to assess differences in exposure rates across age and sex categories of drivers (Chandraratna and Stamatidis, 2009; Cooper et al., 2010; Jiang and Lyles, 2010). In our study the validity of the information recorded by the police

regarding the commission of infractions by cyclists or motor vehicle drivers cannot be ensured beyond question, so there may be uncertainties in the attributions of responsibility for some crashes. We have no reason a priori to suspect the occurrence of differential classification bias in the recording of infractions by the police depending on the type of road user (the cyclist or the driver of the other vehicle) or the user's age or sex. Furthermore, it could be argued that the characteristics of non-responsible cyclists selected in our study did not completely match those of all cyclists on the road, because these characteristics may differ depending on the driving environment in which each type of crash occurs. Assuming that non-responsible cyclists in our sample do not accurately reflect the characteristics of all cyclists on the road, then our exposure estimates may specifically reflect the age and sex distribution of cyclists exposed to the risk of colliding with another vehicle.

Another limitation is related to the use of a police database, a registry which, as widely reported in other countries (Elvik and Mysen, 1999; Langley et al., 2003), tends to underreport less severe crashes. In addition, older people tend to be overrepresented in these registers because of their greater frailty. These considerations together may have led us to underestimate the FRR and overestimate the ERR for the oldest groups of cyclists.

5. Conclusions

In summary, our study documents the different contributions of exposure, risk of crash and fatality to the differences in CCMR between age and sex groups. Because of the essentially descriptive nature of this study, it was not designed to address the effectiveness of specific measures intended to decrease CCMR. However, our approach was clearly able to identify both specific high-risk groups within the target population and specific subgroups of CCMR determinants. This information is potentially useful in guiding the choice of preventive countermeasures. Taking into account that the known health benefits of cycling exposure outweigh the accompanying risks of cycling (De Hartog et al., 2010), interventions aimed at reducing the exposure component would probably not be useful even though exposure was the main determinant of the increased CCMR in males in the present study. However, the different contributions of the other two determinants of CCMR in different age and sex subgroups within the population merit further consideration and analysis. Of particular interest is the 15–24 year old group, because in this group the effects of two components of mortality acted in conjunction: high exposure and high risk of involvement in a crash. A number of interventions can be suggested to decrease the risk of crash involvement among young cyclists. For example, roadway environments could be made safer for cyclists, safe cycling training courses could be offered, fines for infractor cyclists could be increased, and alcohol and substance use by cyclists could be more strictly controlled. For older cyclists, on the other hand, the fatality component made the most relevant contribution to excess mortality in this age sub-group, so efforts should be made to decrease the impact of this component by (for example) encouraging increased helmet use or reducing the speed limit for motorized vehicles in urban areas. Such measures may be particularly advisable in the near future since cycling exposure is expected to increase among older people in Spain and many other countries.

Financial support

This work was partially supported by the Spanish Ministry of Education [grant number AP2012/1975] and the Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP).

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgments

We wish to thank the Spanish General Traffic Directorate (DGT) for allowing access to their database of traffic accidents with victims and K. Shashok for improving the use of English in the manuscript.

Appendix. Supplementary data

Supplementary data associated with this article can be found, in the online version, at <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.01.008>.

References

- Ackery, A.D., McLellan, B.A., Redelmeier, D.A., 2012. Bicyclist deaths and striking vehicles in the USA. *Inj. Prev.* 18, 22–26. doi:<http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2011-040066>.
- Anaya, E., Castro, A., Corominas, X., 2012. Balance general de la bicicleta pública en España. *Fundació'n ECA Bureau Veritas, Alcobendas, Girona*.
- Boufous, S., de Rome, L., Sanserrick, T., Ivers, R., 2012. Risk factors for severe injury in cyclists involved in traffic crashes in Victoria, Australia. *Accid. Anal. Prev.* 49, 404–409. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.03.011>.
- Byrnes, J.P., Miller, D.C., Schafer, W.D., 1999. Gender differences in risk taking: a meta-analysis. *Psychol. Bull.* 125, 367–383. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.125.3.367>.
- Cestac, J., Paron, F., Delhomme, P., 2011. Young drivers' sensation seeking, subjective norms, and perceived behavioral control and their roles in predicting speeding intention: how risk-taking motivations evolve with gender and driving experience. *Saf. Sci.* 49, 232–424. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2010.10.007>.
- Chandraratna, S., Stamatidis, N., 2009. Quasi-induced exposure method: evaluation of not-at-fault assumption. *Accid. Anal. Prev.* 41, 308–313. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2008.12.005>.
- Cobey, K.D., Stulp, G., Laan, F., Buunk, A.P., Pollet, T.V., 2013. Sex differences in risk taking behavior among Dutch cyclists. *Evol. Psychol.* 11, 350–364.
- Cooper, P.J., Meckle, W., Andersen, L., 2010. The efficiency of using non-culpable crash-claim involvements from insurance data as a means of estimating travel exposure for road user sub-groups. *J. Saf. Res.* 41, 129–136. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2010.02.004>.
- Cross, C.P., Copping, L.T., Campbell, A., 2011. Sex differences in impulsivity: a meta-analysis. *Psychol. Bull.* 137, 97–130. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/a0021591>.
- De Hartog, J.J., Boogaard, H., Nijland, H., Hoek, G., 2010. Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environ. Health Perspect.* 118, 1109–1116. doi:<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.090174>.
- Dellinger, A.M., Langlois, J.A., Li, G., 2002. Fatal crashes among older drivers: decomposition of rates into contributing factors. *Am. J. Epidemiol.* 155, 234–241. doi:<http://dx.doi.org/10.1093/aje/155.3.234>.
- Dirección General de Tráfico, 2011. *Barómetro anual de la bicicleta*. Fundación ECA Bureau Veritas <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/investigacion/estudios-e-informes/INFORME-BAROMETRO-BICICLETA-15.pdf> (last accessed 18.11.14).
- Dirección General de Tráfico, 2014. *Las principales cifras de la siniestralidad vial*. España, 2013. Ministerio de Interior http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/Siniestralidad_Vial_2013.pdf (last accessed 21.11.14).
- Elvik, R., Mysen, A., 1999. Incomplete accident reporting: meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transp. Res. Rec.* 1665, 133–140. doi:<http://dx.doi.org/10.3141/1665-18>.
- European Road Safety Observatory, 2012. *Traffic safety basic facts 2012*. Cyclists. European Commission Directorate General for Mobility and Transport http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/bfs20xx_dacota-swov-cyclists.pdf (last accessed 15.06.14).
- Goldstein, G.P., Clark, D.E., Travis, L.L., Haskins, A.E., 2011. Explaining regional disparities in traffic mortality by decomposing conditional probabilities. *Inj. Prev.* 17, 84–90. doi:<http://dx.doi.org/10.1136/ip.2010.029249>.
- Hermans, E., Wet, G., Van den Bossche, F., 2006. Describing the evolution in the number of highway deaths by decomposition in exposure, accident risk, and fatality risk. *Transp. Res. Rec.* 1, 1–8. doi:<http://dx.doi.org/10.3141/1950-01>.
- Jiang, X., Lyles, R.W., 2010. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1352–1358. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.016>.
- Johnson, M., Charlton, J., Oxley, J., Newstead, S., 2013. Why do cyclists infringe at red lights? An investigation of Australian cyclists' reasons for red light infringement. *Accid. Anal. Prev.* 50, 840–847. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.07.008>.

- Langley, J.D., Dow, N., Stephenson, S., Kypri, K., 2003. Missing cyclists. *Inj. Prev.* 9, 376–379. doi:http://dx.doi.org/10.1136/ip.9.4.376.
- Li, G., Baker, S.P., 1996. Exploring the male–female discrepancy in death rates from bicycling injury: the decomposition method. *Accid. Anal. Prev.* 28, 537–540.
- Lustenberger, T., Inaba, K., Talving, P., Barmparas, G., Schnüriger, B., Green, D., Plurad, D., Demetriades, D., 2010. Bicyclists injured by automobiles: relationship of age to injury type and severity – a national trauma databank analysis. *J. Trauma Inj. Infect. Crit. Care* 69, 1120–1125. doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0b013e3181d0f68b.
- Maring, W., van Schagen, I., 1990. Age dependence of attitudes and knowledge in cyclists. *Accid. Anal. Prev.* 22, 127–136. doi:http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(90)90064-R.
- Martínez-Ruiz, V., Lardelli-Claret, P., Jiménez-Mejías, E., Amezcua-Prieto, C., Jiménez-Moleón, J.J., Luna del Castillo, J.D., 2013. Risk factors for causing road crashes involving cyclists: an application of a quasi-induced exposure method. *Accid. Anal. Prev.* 51, 228–237. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.11.023.
- Mindell, J.S., Leslie, D., Wardlaw, M., 2012. Exposure-based, like-for-like assessment of road safety by travel mode using routine health data. *PLoS One* 7 (12), e50606. doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0050606.
- Morgan, A.S., Dale, H.B., Lee, W.E., Edwards, P.J., 2010. Deaths of cyclists in London: trends from 1992 to 2006. *BMC Public Health* 10, 699. doi:http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-10-699.
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2011. *La movilidad segura de los colectivos más vulnerables* (No. 128-11-098-1). Dirección General de Tráfico, 2011, Madrid, España <http://www.dgt.es/Galerias/la-dgt/centro-de-documentacion/publicaciones/2011/doc/la-movilidad-segura-de-los-colectivos-mas-vulnerables.pdf> (last accessed 11.08.14).
- Orsi, C., Ferraro, O.E., Montomoli, C., Otte, D., Morandi, A., 2014. Alcohol consumption, helmet use and head trauma in cycling collisions in Germany. *Accid. Anal. Prev.* 65, 97–104. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.12.019.
- Pai, C.W., Jou, R.C., 2014. Cyclists' red-light running behaviours: an examination of risk-taking, opportunistic, and law-obeying behaviours. *Accid. Anal. Prev.* 62, 191–198. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.008.
- Persaud, N., Coleman, E., Zwolakowski, D., Lauwers, B., Cass, D., 2012. Nonuse of bicycle helmets and risk of fatal head injury: a proportional mortality, case-control study. *Can. Med. Assoc. J.* 184, E921–E923. doi:http://dx.doi.org/10.1503/cmaj.120988.
- Pucher, J., Buehler, R., 2008. Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark and Germany. *Transp. Res.* 28, 495–528. doi:http://dx.doi.org/10.1080/01441640701806612.
- Pucher, J., Komanoff, C., Schimek, P., 1999. Bicycling renaissance in North America? Recent trends and alternative policies to promote bicycling. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 33, 625–654. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564(99)10-5.
- Pucher, J., Buehler, R., Basset, D.R., Dannenberg, A.L., 2010. Walking and cycling to health: a comparative analysis of city, state and international data. *Am. J. Public Health* 100, 1986–1992.
- Pucher, J., Buehler, R., Merom, D., Bauman, A., 2011. Walking and cycling in the United States, 2001–2009: evidence from the National Household Travel Surveys. *Am. J. Public Health* 101, 310–317. doi:http://dx.doi.org/10.2105/AJPH2010.300067.
- Rivara, F.P., Thompson, D.C., Thompson, R.S., 1997. Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Inj. Prev.* 3, 110–114. doi:http://dx.doi.org/10.1136/ip.3.2.110.
- Roberts, J.D., Ouellet, J.F., Sutherland, F.R., Kirkpatrick, A.W., Lall, R.N., Ball, C.G., 2012. Severe street and mountain bicycling injuries in adults: a comparison of the incidence, risk factors and injury patterns over 14 years. *Can. J. Surg.* 56, E32–E38. doi:http://dx.doi.org/10.1503/cjs.027411.
- Schepers, P., 2012. Does more cycling also reduce the risk of single-bicycle crashes? *Inj. Prev.* 18, 240–245. doi:http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2011-040097.
- Shinar, D., 2007. *Traffic Safety and Human Behavior*. Elsevier.
- Stamatiadis, N., Deacon, J.A., 1997. Quasi-induced exposure: methodology and insight. *Accid. Anal. Prev.* 29, 37–52. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(96)60-7.
- Twaddle, H., Hall, F., Bracic, B., 2010. Latent bicycle commuting demand and effects of gender on commuter cycling and accident rates. *Transp. Res. Rec.* 2190, 28–36. doi:http://dx.doi.org/10.3141/2190-04.
- World Health Organization, 2013. *Global Status Report on Road Safety 2013: Supporting a Decade of Action*. World Health Organization, Geneva.
- Zhu, M., Zhao, S., Coben, J.H., Smith, G.S., 2013. Why more male pedestrians die in vehicle–pedestrian collisions than female pedestrians: a decompositional analysis. *Inj. Prev.* 19, 227–231. doi:http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040594.

APPENDIX A.

Table A.1. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group: ERR, CRR and FRR

Decomposition of MRR for age groups (Ref. 25-34 years)							Decomposition of MRR for male sex
3.1. Exposure rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		ERR males/ ERR females
	ERR	95% CI	ERR	95% CI	ERR	95% CI	
5-14	0.50	0.46-0.53	0.50	0.46-0.55	0.09	0.07-0.11	5.55
15-24	1.29	1.23-1.36	1.30	1.23-1.38	0.26	0.23-0.29	5.06
25-34	1	Reference	1	Reference	0.21	0.19-0.23	4.81
35-44	0.87	0.82-0.92	0.93	0.88-0.99	0.13	0.11-0.14	7.29
45-54	0.82	0.77-0.88	0.91	0.86-0.97	0.10	0.09-0.12	8.98
55-64	0.67	0.63-0.71	0.78	0.72-0.84	0.07	0.05-0.08	11.73
65-79	0.50	0.47-0.54	0.66	0.61-0.71	0.02	0.01-0.03	28.17
3.2. Crash rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		CRR males/ CRR females
	CRR	95% CI	CRR	95% CI	CRR	95% CI	
5-14	2.39	2.20-2.59	2.46	2.25-2.68	2.00	1.66-2.43	1.23
15-24	1.29	1.22-1.37	1.32	1.24-1.41	1.10	0.98-1.23	1.20
25-34	1	Reference	1	Reference	1.00	0.89-1.12	1.00
35-44	0.98	0.92-1.05	0.98	0.92-1.05	0.98	0.85-1.13	1.00
45-54	0.95	0.88-1.02	0.95	0.88-1.02	0.93	0.79-1.10	1.02
55-64	0.93	0.86-1.00	0.92	0.85-1.00	0.96	0.77-1.20	0.96
65-79	0.95	0.88-1.04	0.94	0.86-1.03	1.34	0.97-1.87	0.70
3.3. Fatality rate ratio							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		FRR males/ FRR females
	FRR	95% CI	FRR	95% CI	FRR	95% CI	
5-14	1.08	0.85-1.33	1.00	0.76-1.27	1.07	0.57-1.68	0.94
15-24	0.92	0.74-1.12	0.91	0.73-1.13	0.57	0.31-0.88	1.61
25-34	1	Reference	1	Reference	0.60	0.34-0.95	1.65
35-44	1.63	1.31-1.98	1.59	1.27-1.95	1.02	0.55-1.61	1.56
45-54	1.98	1.60-2.44	1.99	1.59-2.46	0.69	0.21-1.26	2.89
55-64	3.67	3.01-4.44	3.52	2.87-4.29	2.44	1.25-3.82	1.44
65-79	6.01	5.02-7.16	5.60	4.58-6.78	6.01	3.58-8.91	0.93

APPENDIX B. Decomposition models for time sub-periods

B.1. SUB-PERIOD 1993-1996

Table B.1.1. Decomposition of mortality rate ratio for each age group (both sexes), 1993-1996

Age (years)	Both sexes				
	MRR	95% CI	%E	%C	%F
5-14	1.36	0.90-2.02	-25.38	59.24	-15.38
15-24	1.68	1.16-2.34	50.21	22.47	-27.32
25-34	1	Reference			
35-44	1.32	0.89-1.93	-18.45	-9.98	71.56
45-54	1.05	0.66-1.58	-33.39	-13.29	53.32
55-64	1.94	1.33-2.74	-27.34	-2.76	69.90
65-79	2.10	1.45-2.97	-34.90	6.41	58.70

Table B.1.2. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group, 1993-1996

Age (years)	Males		Females		MRR males/ MRR females	%E	%C	%F
	MRR	95% CI	MRR	95% CI				
5-14	1.31	0.84-1.92	0.14	0.03-0.30	9.05	88.55	-5.04	6.41
15-24	1.61	1.11-2.32	0.19	0.07-0.34	8.51	90.56	6.12	3.31
25-34	1	Reference	0.09	0.01-0.18	11.66	81.01	7.17	11.81
35-44	1.29	0.86-1.89	0.16	0.05-0.32	8.18	86.63	3.45	-9.92
45-54	1.11	0.68-1.66	0.06	0.01-0.15	17.81	81.99	1.71	16.30
55-64	2.04	1.39-2.92	0.16	0.04-0.32	13.09	92.45	-4.36	-3.19
65-79	2.47	1.72-3.51	0.13	0.03-0.28	18.75	82.77	8.35	-8.89

Table B.1.3. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group: ERR, CRR and FRR, 1993-2006

Decomposition of MRR for age groups (Ref. 25-34 years)							Decomposition of MRR for male sex
3.1. Exposure rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		ERR males/ ERR females
	ERR	95% CI	ERR	95% CI	ERR	95% CI	
5-14	0.66	0.57-0.76	0.66	0.56-0.76	0.08	0.05-0.11	8.48
15-24	1.79	1.62-1.97	1.77	1.58-1.97	0.25	0.21-0.30	6.94
25-34	1	Reference	1	Reference	0.14	0.11-0.18	6.97
35-44	0.89	0.78-1.00	0.92	0.81-1.05	0.10	0.07-0.13	9.63
45-54	0.75	0.65-0.86	0.80	0.69-0.93	0.08	0.05-0.11	10.16
55-64	0.64	0.55-0.73	0.72	0.60-0.83	0.05	0.03-0.07	15.50
65-79	0.42	0.36-0.50	0.51	0.43-0.61	0.03	0.01-0.05	17.39
3.2. Crash rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		CRR males/ CRR females
	CRR	95% CI	CRR	95% CI	CRR	95% CI	
5-14	2.68	2.27-3.13	2.61	2.21-3.07	2.95	1.92-4.46	0.89
15-24	1.30	1.15-1.44	1.29	1.14-1.46	1.13	0.91-1.40	1.14
25-34	1	Reference	1	Reference	0.84	0.62-1.11	1.19
35-44	0.94	0.81-1.08	0.93	0.80-1.08	0.85	0.57-1.22	1.09
45-54	0.89	0.76-1.05	0.88	0.74-1.04	0.83	0.52-1.34	1.05
55-64	0.96	0.80-1.13	0.93	0.77-1.12	1.06	0.58-1.92	0.88
65-79	1.17	0.96-1.41	1.18	0.95-1.44	0.88	0.40-1.79	1.33
3.3. Fatality rate ratio							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		FRR males/ FRR females
	FRR	95% CI	FRR	95% CI	FRR	95% CI	
5-14	0.77	0.52-1.13	0.76	0.50-1.13	0.66	0.12-1.33	1.17
15-24	0.73	0.52-1.02	0.71	0.50-1.03	0.66	0.26-1.24	1.07
25-34	1	Reference	1	Reference	0.75	0.16-1.59	1.33
35-44	1.60	1.09-2.32	1.51	1.00-2.22	1.96	0.59-3.98	0.77
45-54	1.57	0.99-2.33	1.57	0.98-2.38	0.99	0.21-2.49	1.59
55-64	3.18	2.19-4.50	3.10	2.09-4.38	3.41	0.73-6.68	0.91
65-79	4.30	2.98-5.96	4.10	2.87-5.87	5.57	1.26-10.83	0.74

B.2. SUB-PERIOD 1997-2001

Table B.2.1. Decomposition of mortality rate ratio for each age group (both sexes), 1997-2001

Age (years)	Both sexes				
	MRR	95% CI	%E	%C	%F
5-14	1.48	0.89-2.23	-35.52	62.10	-2.38
15-24	1.39	0.90-2.10	25.15	44.33	-30.53
25-34	1				
35-44	1.54	0.99-2.25	-26.62	5.89	67.48
45-54	2.23	1.45-3.25	-19.71	1.05	79.23
55-64	2.64	1.74-3.95	-22.69	2.37	74.94
65-79	4.03	2.74-5.77	-26.03	7.47	66.50

Table B.2.2. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group, 1997-2001

Age (years)	Males		Females		MRR males/ MRR females	%E	%C	%F
	MRR	95% CI	MRR	95% CI				
5-14	1.41	0.85-2.17	0.18	0.04-0.39	7.72	73.56	20.17	6.27
15-24	1.35	0.85-2.01	0.15	0.03-0.33	8.71	84.43	8.03	7.54
25-34	1	Reference	0.09	0.01-0.21	11.72	81.38	0.58	18.03
35-44	1.61	1.03-2.45	0.06	0.01-0.18	24.98	73.14	-0.08	26.78
45-54	2.39	1.59-3.56	0.08	0.02-0.21	30.89	69.00	-3.03	27.97
55-64	2.78	1.82-4.13	0.18	0.04-0.41	15.28	93.73	-1.58	4.69
65-79	4.68	3.26-6.90	0.23	0.08-0.45	20.26	82.15	-14.90	-2.95

Table B.2.3. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group: ERR, CRR and FRR, 1997-2001

Decomposition of MRR for age groups (Ref. 25-34 years)							Decomposition of MRR for male sex
3.1. Exposure rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		ERR males/ ERR females
	ERR	95% CI	ERR	95% CI	ERR	95% CI	
5-14	0.56	0.48-0.65	0.52	0.45-0.60	0.12	0.08-0.15	4.49
15-24	1.24	1.11-1.37	1.20	1.07-0.34	0.20	0.16-0.24	6.11
25-34	1	Reference	1	Reference	0.14	0.11-0.17	7.13
35-44	0.78	0.70-0.88	0.82	0.72-0.93	0.08	0.06-0.11	10.24
45-54	0.77	0.68-0.87	0.83	0.72-0.93	0.07	0.05-0.09	11.86
55-64	0.67	0.58-0.76	0.74	0.65-0.85	0.05	0.03-0.08	13.99
65-79	0.47	0.41-0.54	0.59	0.50-0.68	0.01	0.01-0.03	39.36
3.2. Crash rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		CRR males/ CRR females
	CRR	95% CI	CRR	95% CI	CRR	95% CI	
5-14	2.73	2.34-3.19	2.91	2.47-3.43	1.93	1.40-2.66	1.51
15-24	1.46	1.29-1.63	1.49	1.31-1.66	1.25	1.00-1.56	1.19
25-34	1	Reference	1	Reference	0.99	0.76-1.27	1.01
35-44	1.06	0.92-1.21	1.06	0.91-1.21	1.06	0.73-1.50	1.00
45-54	1.01	0.87-1.17	1.00	0.87-1.16	1.12	0.74-1.70	0.90
55-64	1.04	0.90-1.23	1.04	0.88-1.22	1.08	0.65-1.82	0.96
65-79	1.24	1.05-1.46	1.22	1.03-1.45	2.37	1.11-5.13	0.51
3.3. Fatality rate ratio							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		FRR males/ FRR females
	FRR	95% CI	FRR	95% CI	FRR	95% CI	
5-14	0.96	0.59-1.45	0.94	0.57-1.45	0.83	0.16-1.91	1.14
15-24	0.77	0.51-1.16	0.76	0.48-1.14	0.65	0.12-1.36	1.18
25-34	1	Reference	1	Reference	0.65	0.10-1.51	1.55
35-44	1.86	1.19-2.84	1.90	1.22-2.81	0.81	0.16-2.13	2.34
45-54	2.85	1.91-4.15	2.92	1.94-4.31	1.07	0.22-2.75	2.72
55-64	3.80	2.54-5.45	3.69	2.39-5.58	3.24	0.68-6.80	1.14
65-79	6.98	4.86-10.03	6.70	4.69-9.57	7.65	2.70-15.09	0.88

B.3. SUB-PERIOD 2002-2006

Table B.3.1. Decomposition of mortality rate ratio for each age group (both sexes), 2002-2006

Age (years)	Both sexes				
	MRR	95% CI	%E	%C	%F
5-14	1.09	0.59-1.74	-46.46	52.97	-0.56
15-24	1.24	0.75-1.87	13.49	58.18	-28.32
25-34	1				
35-44	1.65	1.06-2.41	-19.99	-1.26	78.74
45-54	1.56	0.98-2.31	-22.54	-5.48	71.98
55-64	2.32	1.48-3.49	-24.76	-3.59	71.65
65-79	2.97	1.96-4.29	-24.42	-2.63	72.95

Table B.3.2. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group, 2002-2006

Age (years)	Males		Females		MRR males/ MRR females	%E	%C	%F
	MRR	95% CI	MRR	95% CI				
5-14	0.96	0.49-1.55	0.22	0.04-0.48	4.39	81.97	-2.31	-15.72
15-24	1.30	0.76-2.06	0.05	0.02-0.14	27.63	42.90	9.03	48.08
25-34	1	Reference	0.09	0.01-0.22	10.67	55.30	5.96	38.74
35-44	1.71	1.10-2.60	0.10	0.01-0.23	17.87	68.38	-2.39	29.23
45-54	1.74	1.09-2.72	0.03	0.01-0.10	53.07	56.01	1.74	42.25
55-64	2.55	1.62-3.86	0.10	0.02-0.26	24.70	68.05	3.18	28.77
65-79	3.46	2.27-5.14	0.22	0.06-0.44	15.88	87.39	-8.53	-4.08

Table B.3.3. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group: ERR, CRR and FRR, 2002-2006

Decomposition of MRR for age groups (Ref. 25-34 years)							Decomposition of <u>MRR for male</u> sex
3.1. Exposure rate ratios							
Age (years)	<u>Both sexes</u>		<u>Males</u>		<u>Females</u>		<u>ERR males/ ERR females</u>
	<u>ERR</u>	<u>95% CI</u>	<u>ERR</u>	<u>95% CI</u>	<u>ERR</u>	<u>95% CI</u>	
5-14	0.41	0.35-0.49	0.45	0.36-0.53	0.07	0.04-0.10	6.45
15-24	1.07	0.96-1.20	1.09	0.96-1.24	0.27	0.21-0.32	4.10
25-34	1	Reference	1	Reference	0.27	0.22-0.32	3.73
35-44	0.84	0.75-0.93	0.95	0.84-1.07	0.12	0.09-0.15	7.84
45-54	0.79	0.70-0.89	0.92	0.82-1.04	0.10	0.07-0.13	9.35
55-64	0.61	0.53-0.70	0.73	0.63-0.84	0.08	0.05-0.11	9.19
65-79	0.55	0.48-0.63	0.76	0.65-0.87	0.03	0.02-0.05	23.43
3.2. Crash rate ratios							
Age (years)	<u>Both sexes</u>		<u>Males</u>		<u>Females</u>		<u>CRR males/ CRR females</u>
	<u>CRR</u>	<u>95% CI</u>	<u>CRR</u>	<u>95% CI</u>	<u>CRR</u>	<u>95% CI</u>	
5-14	2.75	2.29-3.27	2.68	2.22-3.25	2.82	1.76-4.61	0.95
15-24	1.36	1.20-1.53	1.39	1.20-1.59	1.03	0.82-1.30	1.35
25-34	1	Reference	1	Reference	0.87	0.70-1.06	1.15
35-44	0.99	0.87-1.12	0.96	0.83-1.09	1.03	0.75-1.38	0.93
45-54	0.94	0.82-1.08	0.93	0.80-1.06	0.86	0.59-1.22	1.07
55-64	0.93	0.79-1.09	0.92	0.78-1.08	0.83	0.52-1.30	1.11
65-79	0.94	0.80-1.09	0.90	0.77-1.06	1.23	0.67-2.27	0.74
3.3. Fatality rate ratio							
Age (years)	<u>Both sexes</u>		<u>Males</u>		<u>Females</u>		<u>FRR males/ FRR females</u>
	<u>FRR</u>	<u>95% CI</u>	<u>FRR</u>	<u>95% CI</u>	<u>FRR</u>	<u>95% CI</u>	
5-14	0.99	0.56-1.66	0.82	0.42-1.36	1.17	0.21-2.78	0.70
15-24	0.86	0.51-1.34	0.87	0.53-1.31	0.18	0.06-0.52	4.86
25-34	1	Reference	1	Reference	0.40	0.07-0.94	2.51
35-44	2.03	1.31-3.04	1.91	1.24-2.82	0.79	0.13-1.89	2.41
45-54	2.11	1.32-3.29	2.06	1.29-3.10	0.38	0.17-1.12	5.40
55-64	4.12	2.67-6.25	3.84	2.47-5.89	1.50	0.32-4.10	2.55
65-79	5.82	4.00-8.42	5.08	3.48-7.44	5.89	1.75- 11.40	0.86

B.4. SUB-PERIOD 2007-2011

Table B.4.1. Decomposition of mortality rate ratio RR for each age group (both sexes), 2007-2011

Age (years)	Both sexes				
	MRR	95% CI	%E	%C	%F
5-14	0.85	0.39-1.51	-54.26	36.31	9.43
15-24	1.45	0.81-2.37	7.99	82.99	9.02
25-34	1				
35-44	1.34	0.79-2.18	-6.62	-17.79	75.59
45-54	1.83	1.11-2.86	-7.05	-12.66	80.29
55-64	2.62	1.58-4.17	-16.04	-9.14	74.82
65-79	2.83	1.76-4.52	-21.12	-11.10	67.77

Table B.4.2. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group, 2007-2011

Age (years)	Males		Females		MRR males/ MRR females	%E	%C	%F
	MRR	95% CI	MRR	95% CI				
5-14	0.87	0.32-1.74	0.29	0.04-0.70	3.02	53.16	18.96	-27.88
15-24	1.75	0.94-3.16	0.24	0.04-0.59	7.42	57.75	17.03	25.22
25-34	1	Reference	0.38	0.13-0.80	2.66	79.40	-3.73	-16.87
35-44	1.57	0.87-2.74	0.27	0.05-0.60	5.93	92.76	4.47	2.78
45-54	2.37	1.29-4.01	0.19	0.03-0.45	12.77	77.51	3.05	19.44
55-64	3.47	2.00-5.83	0.23	0.04-0.53	15.28	81.69	-4.25	14.07
65-79	4.08	2.43-6.65	0.20	0.03-0.49	20.21	77.23	-19.44	3.33

Table B.4.3. Decomposition of mortality rate ratio for each age and sex group: ERR, CRR and FRR, 2007-2011

Decomposition of MRR for age groups (Ref. 25-34 years)							Decomposition of MRR for male sex
3.1. Exposure rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		ERR males/ ERR females
	ERR	95% CI	ERR	95% CI	ERR	95% CI	
5-14	0.35	0.30-0.41	0.35	0.28-0.42	0.09	0.06-0.13	3.76
15-24	1.03	0.93-1.14	1.00	0.88-1.13	0.32	0.26-0.38	3.11
25-34	1	Reference	1	Reference	0.27	0.23-0.32	3.71
35-44	0.97	0.87-1.06	1.03	0.93-1.14	0.20	0.16-0.24	5.22
45-54	0.93	0.84-1.03	1.06	0.94-1.18	0.15	0.11-0.18	7.11
55-64	0.74	0.65-0.83	0.89	0.79-1.00	0.08	0.06-0.11	10.76
65-79	0.55	0.48-0.62	0.76	0.66-0.87	0.02	0.01-0.03	38.74
3.2. Crash rate ratios							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		CRR males/ CRR females
	CRR	95% CI	CRR	95% CI	CRR	95% CI	
5-14	2.01	1.71-2.40	2.22	1.83-2.72	1.38	0.95-2.07	1.60
15-24	1.36	1.22-1.53	1.48	1.29-1.69	1.06	0.86-1.32	1.40
25-34	1	Reference	1	Reference	1.06	0.88-1.28	0.94
35-44	0.91	0.82-1.01	0.93	0.83-1.05	0.86	0.69-1.08	1.08
45-54	0.88	0.79-0.99	0.90	0.80-1.02	0.84	0.64-1.10	1.08
55-64	0.84	0.73-0.96	0.84	0.73-0.97	0.95	0.64-1.38	0.88
65-79	0.73	0.62-0.84	0.71	0.61-0.83	1.79	0.88-3.87	0.40
3.3. Fatality rate ratio							
Age (years)	Both sexes		Males		Females		FRR males/ FRR females
	FRR	95% CI	FRR	95% CI	FRR	95% CI	
5-14	1.20	0.53-2.17	1.14	0.44-2.43	2.28	0.34-5.76	0.50
15-24	1.03	0.58-1.65	1.20	0.60-2.24	0.73	0.11-1.76	1.64
25-34	1	Reference	1	Reference	1.32	0.40-2.86	0.76
35-44	1.49	0.87-2.40	1.63	0.87-2.90	1.55	0.30-3.40	1.05
45-54	2.20	1.33-3.55	2.47	1.43-4.20	1.51	0.23-3.75	1.64
55-64	4.18	2.55-6.53	4.67	2.75-8.18	3.10	0.48-7.50	1.51
65-79	6.97	4.51-10.96	7.60	4.54-13.43	6.49	1.05-15.78	1.17

VII. DISCUSIÓN

VII. DISCUSIÓN

Esta Tesis Doctoral plantea un tema que hasta la fecha no había sido abordado en nuestro país: el estudio de la cadena epidemiológica de accidentalidad por tráfico en ciclistas, usuarios vulnerables de la vía cuyo número se está incrementando en los últimos tiempos. Tal y como puede colegirse de la lectura de los resultados que se presentan en cada uno de los artículos que conforman la Tesis, la investigación desarrollada ha permitido:

- 1) Evaluar la intensidad de exposición al uso de la bicicleta en España y su evolución temporal, en función de la edad y el sexo, mediante la utilización de técnicas indirectas.
- 2) Comparar la magnitud de la asociación de la edad y el sexo con el riesgo de sufrir un accidente de bicicleta, en función de que se ajuste o no por la exposición al uso de la misma.
- 3) Cuantificar la asociación de diversos factores (dependientes del ciclista y su bicicleta, de otro vehículo implicado y su conductor, y del peatón) con el riesgo de causar un accidente con intervención de un ciclista, ya sea simple o con participación de otro vehículo o peatón.
- 4) Conocer la contribución porcentual en las tasas de mortalidad ciclista a consecuencia del tráfico de los tres eslabones de la cadena causal (exposición, accidentalidad y letalidad), en función del sexo y del grupo de edad.

Puesto que ha transcurrido ya un tiempo desde la publicación de los artículos que conforman esta Tesis Doctoral (hasta dos años, en el caso del artículo número 3), en esta sección se procederá a revisar los resultados obtenidos y a actualizar su discusión si fuera procedente.

Asimismo, se discutirá la metodología utilizada, se planteará la utilidad práctica de los resultados obtenidos y se sentarán las bases de las futuras líneas de trabajo posibles.

1. REVISIÓN DE RESULTADOS

En este apartado, como ya se ha expresado anteriormente, se resumen los principales resultados de cada uno de los artículos, que dan respuesta a los objetivos específicos descritos en la presente Tesis. Cada artículo responde a uno de ellos.

El primer artículo, titulado “*Asociación de la edad y el sexo con la intensidad de la exposición al uso de la bicicleta en España*”, muestra que la intensidad del uso de la bicicleta está intensamente ligada con la edad y el sexo del ciclista, variando esta asociación según las circunstancias de circulación. Se observó una mayor exposición en los varones y en los grupos de edad más jóvenes, que descendía paulatinamente según aumentaba la edad. No obstante, al analizar la evolución temporal se pudo apreciar una atenuación en la menor exposición de las mujeres con respecto a los hombres en los últimos años del período de estudio. Las diferencias de exposición, sin embargo, se mantuvieron en el grupo de edad de las personas mayores respecto a las más jóvenes.

En el segundo artículo, “*Association of cyclists’ age and sex with risk of involvement in a crash before and after adjustment for cycling exposure*”, se confirma nuestra hipótesis de que la exposición ejerce una gran influencia en la estimación de las tasas de accidentalidad ciclistas. Dado que la cantidad de exposición al uso de la bicicleta depende fuertemente de la edad y el sexo, al comparar ambos patrones de accidentalidad (ajustado y sin ajustar) se

observó que las diferencias en función del sexo y del grupo de edad eran mucho más pronunciadas cuando no se realizaba el ajuste por exposición. Por el contrario, las tasas de accidentalidad en función de la edad y el sexo confluían cuando la exposición era tenida en cuenta, apreciándose un exceso de riesgo en las categorías extremas de edad, especialmente en los jóvenes. En cuanto al sexo, se observó un ligero incremento en el riesgo de accidentalidad en los jóvenes varones ciclistas, en comparación con las mujeres de la misma franja etaria.

El tercer artículo, “*Risk factors for causing road crashes involving cyclists: an application of a quasi-induced exposure method*”, pone de manifiesto la importancia de varios factores en el riesgo de provocar un accidente de tráfico en el que intervenga un ciclista, si bien ésta dependería del tipo de accidente (simple o colisión con otro vehículo). En lo que a la edad del ciclista se refiere, se confirmó el patrón en forma de U anteriormente comentado –mayor riesgo en los usuarios jóvenes y en aquellos de edad avanzada– en las colisiones con otro vehículo a motor, pero no en los accidentes simples, donde únicamente se constató un aumento del riesgo en los ciclistas infractores de 10 a 19 años. Se observó un mayor riesgo de provocar cualquier tipo de accidente en los ciclistas varones, riesgo que se incrementó también si el ciclista había consumido alcohol o drogas. Que el ciclista no utilizara casco (factor que se utilizó como un hipotético marcador de otras conductas peligrosas) también aumentó el riesgo de provocar cualquier tipo de accidente. También se asociaron con un incremento de riesgo el transportar a otro pasajero en la bicicleta y los defectos en los frenos, si bien los defectos en las luces de la bicicleta únicamente se asociaron con un mayor riesgo de provocar una colisión, y montar durante más de una hora se asoció solamente con el riesgo de provocar un accidente simple. En cuanto a las características del otro vehículo y de

su conductor (en colisiones con una bicicleta), se observó un mayor riesgo de provocar un accidente con un ciclista en personas de edad avanzada, conductores no profesionales, personas que no utilizaran dispositivos de seguridad (como el cinturón) y las que hubieran consumido alcohol o drogas. Además, respecto al tipo de vehículo, la motocicleta fue aquel que presentó mayor riesgo de provocar una colisión, en comparación con el turismo.

En el cuarto artículo, titulado “*Factores asociados al riesgo de provocar una colisión entre un ciclista y un peatón en España, 1993-2011*”, se volvió a constatar, en lo que a la edad se refiere, un patrón en forma de U tanto para ciclistas como para peatones, con un mayor riesgo de provocar el accidente en jóvenes y un ligero incremento en las personas de edad avanzada. El sexo femenino se asoció con un menor riesgo de provocar la colisión en los peatones, pero en las mujeres ciclistas se observó un ligero exceso de riesgo. El uso de casco en el ciclista se asoció con una menor probabilidad de provocar una colisión con un peatón, mientras que la ausencia de aceras aumentó el riesgo del peatón de causar el accidente.

En el quinto artículo, “*Contribution of exposure, risk of crash and fatality to explain age- and sex-related differences in traffic-related cyclist mortality rates*”, se utiliza el análisis de descomposición para determinar la contribución de los tres componentes de la cadena causal en las tasas de mortalidad ciclista por tráfico, en función de la edad y el sexo. El primer hecho que se constató fue una fuerte asociación de la edad avanzada y el sexo masculino con dichas tasas de mortalidad. Respecto al análisis por edad, el componente de letalidad (riesgo de morir en ciclistas que han sufrido un accidente) fue el principal determinante de la mortalidad en los grupos de edad avanzada, mientras que el riesgo de implicarse en un accidente tuvo una gran influencia en la mortalidad de los ciclistas jóvenes. El componente de exposición tendió a contrarrestar la influencia de la letalidad en los ciclistas ancianos,

pero sin embargo contribuyó significativamente a la mortalidad de los ciclistas de entre 15 y 24 años. Al comparar a las mujeres con los hombres, se observaron tasas de mortalidad más altas en ellos, determinadas principalmente por el componente de exposición al uso de la bicicleta. El riesgo de implicarse en un accidente, sin embargo, explicó únicamente el exceso de mortalidad en los varones jóvenes, comparados con las mujeres de la misma edad. El componente de letalidad también resultó determinante en la mortalidad más elevada de los varones.

A continuación se revisarán, dividiéndolos en grandes bloques, los resultados comentados anteriormente, actualizando su discusión si fuera preciso.

1.1. LA INTENSIDAD DE EXPOSICIÓN AL USO DE LA BICICLETA

Tal y como se puso de manifiesto en el primer artículo de los que conforman esta Tesis, en España no se dispone de información directa acerca del uso de la bicicleta por sus habitantes, ni en distancia recorrida ni en tiempo invertido. La situación no ha cambiado desde la publicación de nuestro trabajo hace un año: los únicos datos oficiales existentes a nivel nacional son los del Barómetro Anual de la Bicicleta, que no ha sido actualizado desde el año 2011 (GESOP (Gabinet d'Estudis Socials i Opinió Pública, S.L.), 2011). Se recuerda que información de este documento procede de encuestas telefónicas a muestras representativas de la población, en las que se pregunta por la frecuencia de uso de la bicicleta pero sin valorar la intensidad de exposición en términos de distancia o tiempo, que sería lo deseable. A pesar de ello, y aunque, como se ha dicho, no consta información oficial, sí se ha

hecho evidente que en los últimos años el uso de la bicicleta como medio de transporte ha aumentado, hecho del que se hace eco la prensa frecuentemente (Cadena Ser, 2015).

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo apuntaron a una mayor exposición en los varones y en los grupos de edad más jóvenes, que iba descendiendo progresivamente a medida que aumentaba la edad. Este perfil coincide con lo observado en la población inglesa, según un reciente estudio (Sport England and Department of Transport, 2014).

Una posible explicación a la diferencia en la exposición por sexos es la baja tasa de uso de la bicicleta que existe todavía en nuestro país, en comparación con otros como Alemania, Dinamarca o Países Bajos. En estos últimos países se ha descrito que la exposición es similar en varones y mujeres, e incluso superior en estas últimas en el caso de los Países Bajos (Garrard, 2003; Garrard et al., 2008). De hecho, un reciente estudio confirma que en los Países Bajos la proporción de mujeres que montan en bicicleta para desplazarse al trabajo y para realizar compras es mayor que la de los hombres, y similar por motivos de ocio y para desplazarse a centros educativos (Harms et al., 2014). Así pues, la menor exposición de la mujer en nuestro país podría justificarse por su preocupación al montar en bicicleta en un entorno que aún no percibe como seguro, dada su menor predisposición a afrontar riesgos en comparación con los varones (Dill and Gliebe, 2008; Lusk et al., 2014). Además, recientemente se ha observado que ellas prefieren, en mayor medida que los hombres, pedalear en espacios segregados del tráfico a motor (Beecham and Wood, 2014; Heesch et al., 2012). Las circunstancias anteriores, unidas al hecho de que las diferencias en la exposición entre ambos sexos se atenuaron en los últimos años de nuestro período de estudio (probablemente debido a la progresiva expansión del uso de la bicicleta en nuestro país,

comentada anteriormente, y a la construcción de infraestructuras ciclistas en algunos casos), nos hacen mantener nuestra hipótesis.

En cuanto a la edad, en nuestro estudio se observó para ambos sexos una mayor exposición en los estratos más jóvenes (15-19 años en hombres y 20-24 años en mujeres), coincidente con el perfil de países que tampoco tienen una gran tradición ciclista, como Estados Unidos o Reino Unido (London for Transport, 2014; Pucher and Buehler, 2008). En países con tasas elevadas de uso de la bicicleta, sin embargo, consta un menor descenso de la exposición con la edad, e incluso se ha observado un ligero incremento entre las personas de edad avanzada (Pucher and Buehler, 2008). Esto puede deberse a la sensación de seguridad percibida por este subgrupo de ciclistas: en España, al no considerarla aún suficiente, los usuarios de bicicleta de mayor edad tenderían a compensar el riesgo limitando su exposición. El trabajo de Bernhoft y Castersen (2008), que declara que las personas mayores conceden más importancia a la existencia de infraestructura ciclista que los jóvenes, apoyaría esta hipótesis. No obstante, al contrario de lo que sucedió con el sexo, nuestros resultados no muestran que la menor exposición a la bicicleta en las edades más avanzadas se haya atenuado con el tiempo. Tal y como se justificó en nuestro trabajo, aún asumiendo que en España se haya incrementado el uso de la bicicleta en los últimos años, es más probable que el cambio hacia la mayor utilización se haya producido en personas jóvenes que en las más ancianas, ya que la edad suele estar inversamente asociada a la facilidad para cambiar los estilos de vida (Rogers, 1995). Por otra parte, es más fácil que las personas jóvenes experimenten variaciones de vida (como cambiar de domicilio o de trabajo) que propicien también un cambio en el modo en que se desplazan (Clark et al., 2014).

Respecto al uso de casco, la mayor exposición relativa de las mujeres en el subgrupo de no usuarios podría ser atribuida a que el uso de la bicicleta en ellas es mayoritariamente urbano, no siendo el casco obligatorio en esta zona. En los varones, sin embargo, se registró, en comparación con las mujeres, una exposición mucho mayor en carretera (donde sí es obligatorio el casco), exposición que se asocia al uso de la bicicleta por motivos de ocio (Heinen et al., 2010; Titze et al., 2014). Hay que tener también en cuenta que durante el año 2014 ha cambiado la normativa referente al uso de casco en España, siendo actualmente obligatorio su uso en los menores de 16 años en zonas urbanas (Jefatura del Estado, 2014). Dado que el período de estudio abarca hasta el año 2009, es razonable pensar que el perfil de exposición en el subgrupo de usuarios de casco ha debido de cambiar a partir de 2014, ya que los estratos de edad más jóvenes necesariamente deben cumplir dicha medida de seguridad.

1.2. ACCIDENTALIDAD CICLISTA AJUSTADA O NO POR EXPOSICIÓN

La cantidad de exposición al uso de la bicicleta ejerce una gran influencia sobre las tasas de accidentalidad ciclista. Así, los patrones de accidentalidad que obtuvimos en nuestro estudio variaron fuertemente dependiendo de que se realizara un ajuste por exposición o no: en el patrón sin ajustar se observó, para ambos sexos, un mayor riesgo de implicarse en un accidente en los grupos de edad más jóvenes (10-19 años) que descendía progresivamente conforme aumentaba la edad, de forma más acusada en el sexo femenino. Como recordará el lector, dicho patrón fue muy parecido al perfil de exposición que se obtuvo en el trabajo

previo, lo que ya indica que las citadas tasas de accidentalidad estarían fuertemente confundidas por la cantidad de uso de la bicicleta.

Cuando la exposición fue tomada en cuenta, las diferencias en la accidentalidad debidas a la edad, y especialmente al sexo, se atenuaron fuertemente. Para ambos sexos se obtuvo un perfil de riesgo en forma de U, de acuerdo con lo que se ha descrito para otros usuarios de la vía (Charlton et al., 2006; Lardelli-Claret et al., 2003b) y ligeramente superior en los hombres que en las mujeres (excepto en edades más longevas, donde podría estar implicada la mayor fragilidad asociada al sexo femenino (Coelho et al., 2015; Collard et al., 2012; Puts et al., 2005). El riesgo de implicarse en un accidente, por tanto, fue mayor en los grupos de edad más joven (menores de 20 años) y también, aunque no al mismo nivel, en aquellos de edad avanzada (de 65 años en adelante). A pesar de que estos resultados no pueden ser comparados fácilmente con estudios previos, puesto que son muy escasos los que realizan un ajuste por exposición, sí que apuntan en la misma dirección que la literatura precedente (Bíl et al., 2010; Maring and van Schagen, 1990; Palmer et al., 2014; Wessels, 1996). Una posible hipótesis que explique el exceso de riesgo en los ciclistas jóvenes podría ser, tal y como se ha afirmado en trabajos anteriores, la conjunción de varios factores: su inexperiencia (consecuencia de su corta edad), un limitado conocimiento de las normas de tráfico y una menor percepción de riesgo en comparación con las personas adultas (Cestac et al., 2011; Ivers et al., 2009). Además, recientemente se ha descrito que los ciclistas jóvenes tienen una mayor tendencia a manipular su *smartphone* mientras montan en bicicleta que los usuarios de mayor edad, actividad que se asocia al riesgo de sufrir un accidente debido a la consecuente distracción (De Waard et al., 2015, 2014). Por su parte, el incremento de riesgo en los ciclistas de edad más avanzada podría deberse a la capacidad visual disminuida y a

mayores tiempos de reacción ante situaciones imprevistas de tráfico (Schepers and den Brinker, 2011).

El aumento del riesgo de accidentarse que se observó en los ciclistas jóvenes al restringir a los accidentes de mayor gravedad (aquellos que resultaron en muerte o lesión grave) puede explicarse por esa baja percepción de riesgo citada en el párrafo anterior, que les haría más propensos a incurrir en conductas de circulación peligrosas que pueden desembocar en este tipo de accidentes. Esta hipótesis también resulta válida para explicar el menor riesgo observado para este grupo de edad en el estrato de usuarios de casco: puesto que, como ya se ha expuesto, el uso de casco no es obligatorio en España en zonas urbanas, su uso voluntario podría indicar un perfil de ciclista más cauto y respetuoso con las normas, en contraposición con aquellos que no lo utilizan (Andersson and Bunketorp, 2002). No obstante, es importante volver a recordar que el reciente cambio de legislación introduce la obligatoriedad del casco en zonas urbanas para menores de 16 años en nuestro país. Por tanto, aunque esta asunción pueda ser correcta para el período de tiempo al que se circunscribe nuestro estudio, debería ser revisada en trabajos futuros.

1.3. FACTORES ASOCIADOS AL RIESGO DE PROVOCAR UN ACCIDENTE

Asumiendo la existencia de diversos factores que juegan un papel relevante en el riesgo de causar un accidente de tráfico en el que se halle implicado un ciclista, la principal novedad aportada en este trabajo fue evaluar su efecto diferencial en función del tipo de accidente (simple o colisión con un vehículo a motor). Según nos consta, hasta la fecha no se había realizado un estudio similar. Además, no sólo se tuvieron en cuenta los factores dependientes

del ciclista y su bicicleta, sino también aquellos dependientes del otro conductor y de su vehículo en el caso de que el accidente fuera una colisión.

Respecto al **ciclista**, para ambos tipos de accidente el efecto del sexo fue el mismo que se describió en el anterior trabajo de esta Tesis Doctoral (protector para el sexo femenino) por lo que no profundizaremos aquí en ello. Sin embargo, en lo que a la edad se refiere sí se encontraron diferencias: en las colisiones con un vehículo se observó el patrón en forma de U anteriormente descrito, pero no fue así en los accidentes simples, donde el mayor riesgo se asoció únicamente con edades más jóvenes y fue descendiendo progresivamente. Las posibles razones se han explicado con anterioridad (Cestac et al., 2011; Ivers et al., 2009; Schepers and den Brinker, 2011). Merece la pena recordar que las probables explicaciones al exceso de riesgo en los ancianos (capacidad visual disminuida y peores reflejos) jugarían un papel más determinante en el momento de evitar una colisión con otro vehículo que en un accidente en el que solamente está implicado el ciclista.

El riesgo de causar cualquier tipo de accidente aumenta fuertemente cuando los ciclistas se encuentran bajo la influencia de alcohol u otras drogas, hecho corroborado por otros estudios (Asbridge et al., 2014; Bacchieri et al., 2010; Orsi et al., 2014). La asociación tiene una mayor fuerza para los accidentes simples en comparación con las colisiones, lo que puede deberse al empeoramiento de las habilidades psicomotoras producido por el consumo de alcohol: el ciclista tendería a pedalear más despacio, con el consecuente riesgo de caídas (Andersson and Bunketorp, 2002). No utilizar casco también se asocia con el riesgo de causar colisiones y accidentes simples por igual. El no uso de casco vuelve a considerarse un marcador de comportamientos de alto riesgo, de acuerdo con la literatura existente (Crocker et al., 2010; Orsi et al., 2014).

Transportar a un pasajero en la bicicleta también se asocia con un riesgo aumentado para cualquier tipo de accidente, probablemente provocado por la inestabilidad al montar, como corroboró un estudio tras nuestro trabajo (Schwab, 2012). El hecho de montar durante más de una hora sin descanso, no obstante, únicamente demostró asociación con accidentes simples, hecho que podría atribuirse a la pérdida de las habilidades psicomotoras necesarias para montar en bicicleta que se han comentado anteriormente, en este caso debido al cansancio. Nuevamente, esta hipótesis ha sido apoyada por otros estudios tras la publicación de nuestro artículo (Talbot and Kirk, 2013; Twisk and Reurings, 2013). Por último, como es de esperar los defectos en los frenos de la bicicleta se asocian con todo tipo de accidentes, especialmente con los simples; mientras que los defectos en las luces sólo se asocian con un riesgo incrementado de causar una colisión, probablemente relacionado con la falta de visibilidad del ciclista hacia los otros conductores (Twisk and Reurings, 2013; Wood et al., 2013).

Los factores dependientes del **conductor** juegan también un papel importante en las colisiones entre un ciclista y **otro vehículo**. La edad avanzada se asocia con un mayor riesgo de causar una colisión con un ciclista, por las razones anteriormente citadas. En general, la magnitud y la dirección de las asociaciones encontradas para los factores restantes son similares a aquellas anteriormente descritas para otro tipo de accidentes y usuarios (Bakhtiyari et al., 2015; P. Lardelli-Claret et al., 2006b; Lin and Kraus, 2009; Slesak et al., 2015): los conductores no profesionales, con poca experiencia, que no usan cinturón de seguridad y que consumen alcohol y drogas presentan un riesgo incrementado de causar este tipo de colisiones. Respecto al tipo de vehículo, resulta interesante destacar el incremento de riesgo de los usuarios de ciclomotor de causar una colisión con un ciclista, en comparación

con los usuarios de turismo. Esta circunstancia puede achacarse a la carencia de infraestructuras viales específicas para ciclistas de muchas ciudades españolas, que llevarían a los ciclomotores y a las bicicletas a compartir las mismas vías y los mismos patrones de conducción, en relación a otros usuarios. Hasta la fecha no hemos hallado otros trabajos que evalúen el efecto de dichos factores en el tipo de accidente que aquí tratamos.

1.4. COLISIÓN ENTRE UN CICLISTA Y UN PEATÓN

El artículo que estudia el efecto de los factores asociados al riesgo de causar una colisión entre un ciclista y un peatón es, de entre los que conforman esta Tesis Doctoral, el que se ha publicado más recientemente. Así pues, dado que los principales resultados ya han sido discutidos en el mismo trabajo, y puesto que no se ha encontrado literatura posterior que refute o corrobore nuestros hallazgos, aquí únicamente nos limitaremos a realizar una pequeña precisión, sin repetir de forma innecesaria ideas que ya se han expresado anteriormente.

Entre los resultados obtenidos, llama la atención el mayor riesgo de las mujeres ciclistas de provocar una colisión con un peatón. Esto contradice lo que se ha descrito en trabajos previos acerca del efecto protector del sexo femenino (Bernhoft and Carstensen, 2008; Félonneau et al., 2013), ratificado también en el resto de los estudios de esta Tesis Doctoral. ¿Cuál puede ser el motivo, entonces? La mayor percepción de riesgo de la mujer, que suele ser la explicación para su menor riesgo de accidentalidad en comparación con el del varón, puede ser una razón válida para explicar también lo que sucede en este tipo de accidentes: precisamente esa inseguridad y la precaución consecuente la llevarían a elegir rutas con una

densidad de tráfico menor, pero con mayor riesgo de ser compartidas por peatones (aceras, por ejemplo). Un artículo recientemente publicado sí que es coincidente con nuestros resultados (Poulos et al., 2015), observando mayor riesgo de accidentalidad en mujeres ciclistas que en hombres. El trabajo de Poulos y colaboradores es de gran interés, ya que consiste en una cohorte de ciclistas en la que la exposición se mide de forma directa, obteniéndose de esta forma tasas ajustadas de accidentalidad y letalidad. Si bien, a diferencia de nuestro estudio, no se centra solamente en colisiones entre ciclista y peatón (incluye también accidentes simples, colisiones con vehículo a motor, etc.), propone una explicación a dicho incremento de riesgo femenino que puede ser tenida en consideración, y que se sustentaría en lo observado por Galdas et al. (2005): ante cualquier tipo de accidente, las mujeres son más proclives que los hombres a buscar ayuda de tipo sanitario, por lo que los eventos en los que ellas se ven involucradas podrían estar sobrerrepresentados. Esta situación podría tener lugar también en el Registro de Accidentes que constituye la fuente de información de nuestro trabajo, si ante este tipo de colisión las mujeres ciclistas fueran más propensas a dar parte de la misma que los hombres.

El estudio de Haworth et al. (2014), sin embargo, sostiene que el incremento de riesgo de que suceda un conflicto ciclista-peatón se asocia al sexo masculino del ciclista. Hay que tener en cuenta, no obstante, que en dicho trabajo no se evalúa la comisión de infracciones por parte de los actores implicados en la colisión, tal y como ocurre en nuestro artículo (donde se asume que los usuarios infractores serán, muy probablemente, los causantes de la colisión). Lo mismo sucede en el trabajo de Poulos et al., por lo que los resultados no serían plenamente comparables con los de nuestro estudio, que en última instancia lo que evalúa es el riesgo de causar una colisión y no únicamente el riesgo de que ésta tenga lugar.

1.5. CONTRIBUCIÓN DE LA EXPOSICIÓN, LA ACCIDENTALIDAD Y LA LETALIDAD EN LAS TASAS DE MORTALIDAD CICLISTA

Los hallazgos correspondientes a este estudio, recogidos en el quinto y último artículo de esta Tesis Doctoral, también fueron publicados en el presente año, por lo que resultaría estéril volver a reproducir la discusión propia en esta sección. Baste únicamente con recoger aquí una parte de los resultados que en principio estaría en desacuerdo con las hipótesis propuestas hasta el momento.

En efecto, al comparar las tasas de mortalidad femeninas con las masculinas se observó que en el incremento de mortalidad de los hombres, explicado en su mayor parte por una mayor exposición por parte de estos, también juega un papel importante su mayor letalidad en comparación con la de las mujeres. Esto a primera vista parece contradecir a lo que se ha publicado sobre la mayor fragilidad de las mujeres (Coelho et al., 2015; Collard et al., 2012; Puts et al., 2005), que nos había hecho esperar el resultado contrario (una mayor contribución de la letalidad en la mortalidad femenina, es decir, una mayor probabilidad en las mujeres de morir una vez han tenido un accidente). Sin embargo, pensamos que esto puede explicarse mediante un hecho que ya han referido otros autores: los varones, en comparación con las mujeres, tienen una mayor propensión a implicarse en situaciones arriesgadas o peligrosas, como saltarse semáforos en rojo o conducir bajo la influencia del alcohol (Johnson et al., 2013; Orsi et al., 2014; Pai and Jou, 2014). Estas conductas de riesgo podrían desembocar en accidentes de mayor gravedad, que podrían dar lugar a lesiones más importantes o incluso a la muerte.

2. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS

Las limitaciones de esta Tesis Doctoral pueden agruparse en dos grandes bloques: por una parte, aquellas que derivan de la fuente de información empleada, el Registro Nacional de Accidentes de Tráfico con Víctimas de la DGT; y por otra, aquellas que resultan de la metodología que se ha utilizado, principalmente del método de exposición cuasi-inducida. A continuación se discutirá cada grupo de limitaciones de forma breve, puesto que ya han sido tratadas ampliamente con anterioridad en cada uno de los trabajos que forman parte de esta Tesis Doctoral.

2.1. LIMITACIONES DERIVADAS DE LA FUENTE DE INFORMACIÓN

El Registro de Accidentes de Tráfico con Víctimas es un registro en el que los accidentes están severamente infradeclarados, como ocurre en cualquier registro de base policial (Elvik and Mysen, 1999; Langley et al., 2003). Puesto que dicha infranotificación es inversamente proporcional a la gravedad del accidente, afecta principalmente a los accidentes simples (Veisten et al., 2007; Wegman et al., 2012), que, a pesar de que es bien sabido que son los más frecuentes entre los ciclistas (Tin Tin et al., 2010), en la citada base de datos representan menos del 10% de todos los incluidos. Además, dado que la gravedad de las lesiones aumenta la probabilidad de ser que un accidente sea registrado, es de esperar que todos aquellos factores positivamente asociados con ella estén sobrerrepresentados en la muestra de ciclistas. Este sería el caso del sexo femenino, la edad avanzada y el no uso de casco, todas condiciones clásicamente asociadas a una mayor severidad del accidente (Boufous et al., 2012; Kweon and Kockelman, 2003; Lardelli-Claret et al., 2006a). En lo que a nuestros

trabajos se refiere, dicha circunstancia nos habrá llevado, presumiblemente, a sobreestimar la exposición en los ciclistas de estas características, así como a disminuir la magnitud de las asociaciones halladas para ellos con el riesgo de causar una colisión. También es probable que se haya infraestimado, por esta razón, la letalidad de los ciclistas de mayor edad en el quinto artículo de esta Tesis.

Respecto a la validez de la información recogida en el registro, hasta donde nuestro conocimiento alcanza no existen estudios publicados que hayan tratado de verificar la exactitud de los datos mostrados en el mismo. En consecuencia, la magnitud del posible sesgo de información sería incierta, especialmente para aquellas variables con un alto componente de subjetividad, como por ejemplo las circunstancias psicofísicas (se supone que el oficial de policía debe registrar, basándose en su propio criterio, si el ciclista está cansado, preocupado, etc.).

Otra circunstancia que genera incertidumbre es el efecto producido por el nivel de cumplimentación del informe por parte del agente de policía en el momento del accidente, ya que en el registro hay variables para las que no disponemos de toda la información (por ejemplo, en la variable “uso de casco” el porcentaje desconocido alcanzó un 28,3% en nuestro trabajo más reciente). Para tratar de minimizar dicho problema, en el primer artículo que fue publicado (el número 3 en el orden de esta Tesis, que abarca el período de estudio 1993-2009) aplicamos un proceso de imputación múltiple. Al comparar los resultados obtenidos al trabajar, por un lado, con el archivo imputado y, por otro, con el archivo en el que se excluyeron los datos faltantes, se observó que los mismos eran en general consistentes. Los datos no se mostraron en el artículo correspondiente, pero dicha consistencia parece sugerir que los posibles sesgos derivados de la falta de información

(probablemente diferencial) no son lo bastante potentes como para distorsionar sustancialmente la magnitud de las asociaciones obtenidas.

2.2. LIMITACIONES DERIVADAS DE LA METODOLOGÍA

Las características y los inconvenientes del método de exposición cuasi-inducida, que es la base sobre la que se sustentan nuestros estudios, ya han sido discutidas ampliamente en trabajos previos (Chandraratna and Stamatiadis, 2009; Cooper et al., 2010; Gómez-Méndez and Aparicio-Izquierdo, 2010; Jiang and Lyles, 2010, 2007). Básicamente, la problemática a la que nos enfrentamos es doble: de una parte, la incertidumbre al atribuir la responsabilidad mediante el uso de un registro policial, y de otra, la posible falta de representatividad de los ciclistas no responsables como una muestra válida de todos los ciclistas circulantes.

Respecto al primer punto, la variable “comisión de infracciones” es una de las mejor recogidas en el registro de accidentes de la DGT, y creemos que su valoración por parte de la policía está menos sujeta a sesgos de información diferenciales que cualquier otra a partir de la que pudiera asignarse la responsabilidad de la colisión. Así, asumimos que en una colisión en la que el ciclista no cometió infracción alguna mientras que el conductor del otro vehículo sí lo hizo, la probabilidad de que el ciclista no sea responsable de la colisión es muy elevada, y viceversa. Por lo demás, si se produjera un sesgo de clasificación en la asignación de la responsabilidad a partir de la comisión o no de infracciones, dicho sesgo tendería a homogeneizar las dos subpoblaciones de comparación (que en nuestro estudio serían las de ciclistas responsables y no responsables), tendiendo con ello a minimizar la magnitud de la

asociación de los factores de riesgo potencialmente relacionados con la responsabilidad de la colisión (sesgo hacia el nulo).

En cuanto al segundo asunto, desafortunadamente no podemos comparar nuestras estimaciones con aquellas obtenidas a partir de una medición directa de la exposición en ciclistas (por ejemplo, distancia recorrida o tiempo empleado), lo que cuestiona la validez de dichas estimaciones. Por ejemplo, es posible que los ciclistas no responsables (no infractores) implicados en colisiones limpias sean más cautos que la población general de ciclistas circulantes. En ese caso, todos los factores relacionados con un estilo de conducción más prudente (edad avanzada, sexo femenino, no consumo de alcohol, etc.) estarían sobrerrepresentados en nuestra muestra de ciclistas "no responsables" y, por tanto, la asociación de las categorías complementarias con el riesgo de causar un accidente (juventud, sexo masculino, montar bajo los efectos del alcohol) resultaría sobreestimada en nuestros análisis.

Siguiendo con el mismo problema de representatividad, es también cierto que nuestra muestra de ciclistas no infractores ha sido obtenida de entornos particulares, en los que las colisiones con otros vehículos o peatones deben ser más frecuentes que la media (ya que, como se ha expresado anteriormente, los accidentes más frecuentes entre los ciclistas son aquellos en los que no interviene ningún otro usuario, los llamados accidentes simples). Además, si han quedado recogidos en un registro de las características que comentábamos antes, es porque han sido accidentes de suficiente importancia como para que intervenga la policía. Sin embargo, no creemos que esto resulte un inconveniente por sí mismo, ya que son precisamente estos accidentes los que más urge evitar; y son los entornos con un mayor riesgo de que se produzcan los mismos aquellos donde más nos interesa intervenir.

3. UTILIDAD PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de los hallazgos recogidos en los apartados anteriores pueden plantearse algunas propuestas orientadas a mejorar la seguridad no sólo de los ciclistas, sino de todos los usuarios de la vía en general. Aún más: ya se ha comentado el beneficio asociado a montar en bicicleta a nivel de comunidad. Por tanto, si se consiguiera que la práctica ciclista se percibiera como una actividad segura y agradable y se eligiera para desplazarse, en detrimento del vehículo privado, ello tendría sin lugar a dudas un impacto muy positivo en la salud de la población. Las actividades destinadas a hacer posible lo anterior pueden dividirse en dos grandes apartados, que se muestran a continuación.

3.1. IDENTIFICAR USUARIOS ESPECIALMENTE VULNERABLES Y SUBGRUPOS DE ALTO RIESGO

Para priorizar estrategias de intervención, necesariamente el primer paso debe ser identificar a la población más frágil y/o vulnerable, es decir, aquella que se vería más beneficiada si se actuara sobre ella. De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos establecer tres grupos de usuarios que merecen nuestra atención:

– *Ancianos*: tal y como se ha descrito en los trabajos que conforman esta Tesis Doctoral, este grupo de población tiene una especial importancia debido a que su papel es doble: por una parte, tienen un riesgo elevado de provocar accidentes; por otra, los sufren con especial gravedad cuando resultan heridos en los mismos.

– *Varones jóvenes*: de acuerdo con nuestro último trabajo, en este subgrupo de ciclistas confluyen positivamente los tres determinantes de la mortalidad (exposición, accidentalidad y letalidad). Los usuarios jóvenes, además, son especialmente relevantes desde el punto de vista de carga de enfermedad: las lesiones y defunciones producidas en este grupo de edad tendrán un mayor efecto a nivel de años de vida perdidos en comparación con las de usuarios mayores, con el consiguiente impacto socioeconómico y sanitario.

– *Mujeres*: aquí el problema no es el riesgo de que causen un accidente (de hecho, la asociación es negativa excepto en las colisiones ciclista-peatón), sino la baja exposición al uso de la bicicleta de este grupo de usuarios. En nuestro país, al contrario de lo que sucede en otros que cuentan con una larga tradición ciclista (por ej., Países Bajos), existe aún una brecha de género. La importancia de este fenómeno se reconoce en iniciativas como la del índice Copenhagenize (“The Copenhagenize Index,” 2015), donde su ausencia es indicativa de entornos "amigables" para el uso de la bicicleta. Por tanto, es importante equiparar la exposición de hombres y mujeres, algo que, en vista de la mayor percepción de riesgo de estas últimas, sólo se logrará creando entornos más seguros para la práctica ciclista.

3.2. IDENTIFICAR ESTRATEGIAS POTENCIALMENTE ÚTILES

En vista de todo lo anterior, y a partir de los patrones de exposición y accidentalidad obtenidos en nuestros estudios, podemos plantear la conveniencia de priorizar un conjunto de propuestas dirigidas a minimizar el impacto de los factores de riesgo identificados en la presente Tesis y, con ello, a reducir el impacto sobre la salud de los accidentes de tráfico en usuarios de bicicleta.

En primer lugar, de nuestros resultados se desprende la necesidad de que los ciclistas, al igual que cualquier otro usuario de la vía, cumplan con la normativa establecida para su uso (por ejemplo, no circular bajo los efectos del alcohol u otras drogas, así como preocuparse por mantener su bicicleta en perfecto estado). En ello pueden jugar un papel importante las administraciones públicas. En el Reino Unido, por ejemplo, el Departamento de Transporte apoya la iniciativa educativa Bikeability (“Bikeability,” 2015), mediante la que se enseña a los potenciales ciclistas cómo integrarse adecuadamente en el tráfico y labores básicas de mantenimiento de la bicicleta. En España también se han puesto en marcha experiencias similares (“Granada Ciclo Cívica,” 2015) que han sido valoradas muy positivamente por los participantes en cuanto a nivel de satisfacción.

Aunque de forma indirecta, nuestros resultados también aportan una evidencia empírica en favor del uso de casco por parte de los ciclistas. No obstante, es importante recordar que lo que se ha evaluado en esta Tesis es la asociación con el riesgo de provocar un accidente, y no con el riesgo de sufrir una lesión más o menos grave o de morir. Las medidas legislativas relacionadas con el uso del casco en la ciudad deben manejarse con cautela, ya que existe cierta preocupación por la posible desincentivación del uso de la bicicleta, algo que interesa evitar. Por ello, y sin entrar en el debate sobre el uso obligatorio de casco (sobre el que esta Tesis no puede aportar ninguna evidencia a favor o en contra), lo que parece claro es que la legislación en relación con el uso de este u otros dispositivos de seguridad (por ejemplo, el empleo de chalecos reflectantes), debe enmarcarse en un Plan Integral de Seguridad Vial del Ciclista, que incluya un conjunto de intervenciones que, en última instancia, favorezcan el uso de la bicicleta como un medio de transporte saludable y seguro para la población. Entre estas intervenciones se encontrarían, por ejemplo, la creación de espacios segregados para el

uso de la bicicleta o la disminución del límite de velocidad en zonas urbanas. La presumible reducción del número de vehículos en las calles, unida a la reducción de la velocidad, probablemente haría más atractivo el uso de la bicicleta incluso para las personas más cautas e inseguras. Esto también resultaría beneficioso para el otro gran usuario vulnerable de la vía, ya que, si los ciclistas cuentan con entornos favorables para montar, serán menos propensos a intentar utilizar los espacios de los peatones.

Por último, una tercera línea de actuación sería que incidiría en los conductores de vehículos a motor. Las campañas de concienciación para hacerles tener en cuenta al ciclista podrían ser útiles, especialmente entre los grupos de edad extremos. Asimismo, no deberían abandonarse las campañas publicitarias acerca del uso correcto de la vía o los peligros del consumo de alcohol y drogas al volante, dirigidas a la población general.

4. ESTRATEGIAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Sin duda, los resultados obtenidos en la presente Tesis Doctoral dan respuesta a algunas preguntas, pero también abren nuevos y más complejos interrogantes, que invitan a continuar profundizando en esta línea de investigación. Por ejemplo, queda pendiente completar el análisis de letalidad, ya que únicamente se ha realizado una primera aproximación en el quinto artículo, donde se explora la mortalidad de manera superficial. Asimismo, resultaría también pertinente abordar el efecto del uso del casco sobre la mortalidad ciclista, especialmente a la luz del debate generado en los últimos años.

En cuanto a la metodología empleada, en esta Tesis Doctoral se ha utilizado como base de todos los estudios que la conforman un método indirecto (exposición cuasi-inducida), que ya ha sido discutido ampliamente en el presente documento. Sin embargo, creemos que sería relevante experimentar con otras maneras de analizar este problema de salud, ya que podrían contribuir a enriquecer y ampliar los resultados que hemos obtenido hasta la fecha.

Así, podría desarrollarse un cuestionario de exposición al uso de la bicicleta para abordar el estudio del primer eslabón de la cadena causal con mayor validez. Disponer de información rigurosa sobre este punto sería también de utilidad para el enfoque completo de dicha cadena, puesto que, tal y como se ha ido manifestando a lo largo de este texto, resultaría valioso poder calcular estimaciones de accidentalidad, letalidad o mortalidad ajustadas por distancia recorrida en bicicleta o tiempo empleado en realizar dichos desplazamientos. El diseño de una encuesta sería una tarea relativamente sencilla y contribuiría a cubrir una necesidad que aún no está satisfecha en nuestro país. Además, las diversas asociaciones de usuarios de bicicleta en prácticamente cada capital de provincia española podrían constituir un apoyo importante en las necesarias labores de distribución y difusión.

También resulta atractiva la idea de crear una cohorte de ciclistas que pueda ser seguida en el tiempo. Sin duda, la observación directa permitiría obtener resultados mucho más válidos y fiables que los alcanzados mediante cualquier otro sistema. Existen estudios previos donde se ha trabajado de esta manera (Poulos et al., 2015, 2012), aunque el principal inconveniente de esta estrategia radica en la elevada demanda de recursos necesarios, tanto en coste como en tiempo.

Otro abordaje del problema que puede aportar una luz diferente sobre el mismo es el empleo de técnicas cualitativas. La utilización de esta metodología es cada vez más frecuente en Ciencias de la Salud, y pensamos que su aplicación a esta materia también resultaría de utilidad. Poner el foco en los principales actores implicados –ciclistas, pero también peatones y usuarios de vehículos a motor– para averiguar sus preocupaciones respecto a este problema de salud presentaría una nueva perspectiva del mismo, con soluciones e intervenciones que podrían sugerir sus propios protagonistas como principales afectados.

VIII. CONCLUSIONS /
CONCLUSIONES

VIII. CONCLUSIONS

1. The intensity of exposure to bicycle use is greater in younger age groups (younger than 20 years) and in males, although these differences have decreased in more recent periods.
2. The main differences in crude likelihood of involvement in an accident among age and gender groups depend on the association of age and gender with exposure. After controlling for exposure, we found an increase in the risk of involvement in an accident in cyclists younger than 30 years and older than 65 years. In male cyclists and for the risk of involvement in a serious accident, we noted a slight increase in the youngest and oldest age groups, and a decrease in risk in younger cyclists who wore a helmet.
3. Responsibility for cyclist involvement in a simple collision was greater in male cyclists, those who cycled under the influence of alcohol or drugs, those whose bicycle had malfunctioning brakes, and those who were cycling with a rider. In addition, for non-infractor cyclists responsibility was especially associated with sudden illness, and for infractor cyclists responsibility was associated with non-use of a helmet and age between 10 and 19 years.
4. Responsibility for cyclist involvement in a collision with a motor vehicle was associated with male gender, age younger than 20 years, use of alcohol or drugs, non-use of a

helmet, and brake or light defects in the bicycle.

5. In motor vehicle drivers, the risk of causing a collision with a cyclist was greater for drivers older than 60 years, those driving under the influence of alcohol or drugs, and those who did not use safety devices. The vehicles with the greatest risk of causing this type of collision were motor scooters and motorcycles with an engine no larger than 50 cc.

6. The greatest risk of causing a collision between a bicycle and a pedestrian was found in the youngest and oldest age groups, both for cyclists and pedestrians. Among cyclists, female gender was associated with a greater risk of causing a collision with a pedestrian, whereas helmet use was associated with a lower risk.

7. The mortality rate from traffic accidents involving cyclists increased with age and was greater in males. The relative contribution of exposure, likelihood of involvement in an accident and fatality to the magnitude of the mortality rate varied clearly with age and gender. Specifically:
 - The main component of the increased mortality in older age groups was fatality. Among younger cyclists, however, the main contributor was likelihood of involvement in an accident.
 - The main component responsible for the greater mortality in males was exposure, across all age groups. Fatality was also a relevant contributor, especially in

middle-aged groups, whereas likelihood of involvement in an accident played an important role in younger age groups.

- Young male cyclists should be considered a group at high risk for serious injury or death from a traffic accident given that all three components analyzed here (exposure, likelihood of involvement in an accident and fatality) contributed to the higher mortality in this group.

VIII. CONCLUSIONES

1. La intensidad de exposición al uso de la bicicleta es mayor en las edades más jóvenes (menores de 20 años) y en el sexo masculino, si bien estas diferencias se atenúan en épocas más recientes.
2. Las principales diferencias en la accidentalidad cruda por grupos de edad y sexo dependen de la asociación de ambos factores con la exposición. Tras controlar por ella, se observa un aumento en el riesgo de accidentarse en los ciclistas menores de 30 años y en los mayores de 65. En los ciclistas varones se observa un ligero incremento de riesgo para las categorías de edad extremas en accidentes de gravedad, así como un descenso del mismo entre los ciclistas jóvenes que llevan casco.
3. La responsabilidad en la implicación de un ciclista en un accidente simple es mayor en los ciclistas varones, los que circulan bajo el efecto del alcohol o las drogas, aquellos cuya bicicleta presenta defectos en los frenos y aquellos que viajan transportando a otro pasajero. Adicionalmente, en ciclistas no infractores, esta responsabilidad se asocia especialmente a sufrir una enfermedad súbita, y en infractores al no uso de casco y a una edad entre 10-19 años.
4. La responsabilidad en la implicación de un ciclista en una colisión con un vehículo a motor se asocia al sexo varón, a una edad inferior a 20 años, al consumo de alcohol o

drogas, al no uso de casco y a los defectos en los frenos o en las luces de la bicicleta.

5. En los conductores de vehículos a motor, el riesgo de provocar colisiones con un ciclista es mayor para aquellos con una edad superior 60 años, los que conducen bajo el efecto del alcohol o las drogas y los que no utilizan dispositivos de seguridad. Los vehículos con mayor riesgo de causar este tipo de colisión son los ciclomotores.
6. El mayor riesgo de provocar una colisión ciclista-peatón se ha observado en edades extremas, tanto en peatones como en ciclistas. En ciclistas, además, el sexo femenino se asoció a un mayor riesgo de provocar un atropello, mientras que el uso del casco se asoció a un riesgo menor.
7. La tasa de mortalidad por accidentes de tráfico en ciclistas se incrementa con la edad y es mayor en los varones. La contribución relativa de la exposición, la accidentalidad y la letalidad a la magnitud de esta tasa varía fuertemente en función de la edad y el sexo.
Así:

- El principal componente responsable del incremento de la mortalidad en edades avanzadas es la letalidad. Entre los ciclistas jóvenes, sin embargo, es la accidentalidad.
- El principal componente responsable de la mayor mortalidad en los varones es la exposición, que actúa en todas las categorías de edad. La letalidad también contribuye de forma relevante, especialmente en edades medias, mientras que la accidentalidad juega un papel importante en los grupos de edad jóvenes.

- Los varones jóvenes deben considerarse un grupo de alto riesgo, puesto que los tres componentes estudiados contribuyen a aumentar su tasa de mortalidad.

IX. BIBLIOGRAFÍA

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aertsens, J., de Geus, B., Vandenbulcke, G., Degraeuwe, B., Broekx, S., De Nocker, L., Liekens, I., Mayeres, I., Meeusen, R., Thomas, I., Torfs, R., Willems, H., Int Panis, L., 2010. Commuting by bike in Belgium, the costs of minor accidents. *Accid. Anal. Prev.* 42, 2149–2157. doi:10.1016/j.aap.2010.07.008
- Alsop, J., Langley, J., 2001. Under-reporting of motor vehicle traffic crash victims in New Zealand. *Accid. Anal. Prev.* 33, 353–359. doi:10.1016/S0001-4575(00)00049-X
- Andersson, A.-L., Bunketorp, O., 2002. Cycling and alcohol. *Injury* 33, 467–471. doi:10.1016/S0020-1383(02)00028-1
- Asbridge, M., Mann, R., Cusimano, M.D., Tallon, J.M., Pauley, C., Rehm, J., 2014. Cycling-related crash risk and the role of cannabis and alcohol: a case-crossover study. *Prev. Med.* 66, 80–86. doi:10.1016/j.ypmed.2014.06.006
- Bacchieri, G., Barros, A.J.D., dos Santos, J.V., Gigante, D.P., 2010. Cycling to work in Brazil: Users profile, risk behaviors, and traffic accident occurrence. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1025–1030. doi:10.1016/j.aap.2009.12.009
- Bakhtiyari, M., Delpisheh, A., Monfared, A.B., Kazemi-Galougahi, M.H., Mehmandar, M.R., Riahi, M., Salehi, M., Mansournia, M.A., 2015. The Road Traffic Crashes as a Neglected Public Health Concern; An Observational Study From Iranian Population. *Traffic Inj. Prev.* 16, 36–41. doi:10.1080/15389588.2014.898182

Barrios, C., Sala, D., Terrados, N., Valenti, J.R., 1997. Traumatic and overuse injuries in elite professional cyclists. *Sports Exerc. Inj.* 3, 176–179.

Bateman-House, A., 2014. Bikes, Helmets, and Public Health: Decision-Making When Goods Collide. *Am. J. Public Health* 104, 986–992. doi:10.2105/AJPH.2013.301810

Beecham, R., Wood, J., 2014. Exploring gendered cycling behaviours within a large-scale behavioural data-set. *Transp. Plan. Technol.* 37, 83–97. doi:10.1080/03081060.2013.844903

Bernardo, N.D., Barrios, C., Vera, P., Laíz, C., Hadala, M., 2012. Incidence and risk for traumatic and overuse injuries in top-level road cyclists. *J. Sports Sci.* 30, 1047–1053. doi:10.1080/02640414.2012.687112

Bernhoft, I.M., Carstensen, G., 2008. Preferences and behaviour of pedestrians and cyclists by age and gender. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* 11, 83–95. doi:10.1016/j.trf.2007.08.004

Bhatia, R., Wier, M., 2011. “Safety in Numbers” re-examined: Can we make valid or practical inferences from available evidence? *Accid. Anal. Prev.* 43, 235–240. doi:10.1016/j.aap.2010.08.015

Bikeability, 2015. (Documento web). Bikeability. [Accedido 21/10/15]. Disponible en: <https://bikeability.org.uk/>.

Bíl, M., Bílová, M., Müller, I., 2010. Critical factors in fatal collisions of adult cyclists with automobiles. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1632–1636. doi:10.1016/j.aap.2010.04.001

- Boufous, S., de Rome, L., Senserrick, T., Ivers, R., 2012. Risk factors for severe injury in cyclists involved in traffic crashes in Victoria, Australia. *Accid. Anal. Prev., PTW + Cognitive impairment and Driving Safety* 49, 404–409. doi:10.1016/j.aap.2012.03.011
- Braitman, K.A., Chaudhary, N.K., McCartt, A.T., 2014. Effect of passenger presence on older drivers' risk of fatal crash involvement. *Traffic Inj. Prev.* 15, 451–456. doi:10.1080/15389588.2013.839992
- Brar, S.S., 2014. Estimating the over-involvement of suspended, revoked, and unlicensed drivers as at-fault drivers in California fatal crashes. *J. Safety Res.* 50, 53–58. doi:10.1016/j.jsr.2014.03.010
- Cadena Ser, 2015. Aumenta el número de ciclistas en las ciudades, y también de accidentes (Documento web). Cadena Ser. [Accedido 4/10/15]. Disponible en: http://cadenaser.com/ser/2015/02/23/sociedad/1424706897_216179.html
- Cestac, J., Paran, F., Delhomme, P., 2011. Young drivers' sensation seeking, subjective norms, and perceived behavioral control and their roles in predicting speeding intention: How risk-taking motivations evolve with gender and driving experience. *Saf. Sci.* 49, 424–432. doi:10.1016/j.ssci.2010.10.007
- Chandraratna, S., Stamatiadis, N., 2009. Quasi-induced exposure method: Evaluation of not-at-fault assumption. *Accid. Anal. Prev.* 41, 308–313. doi:10.1016/j.aap.2008.12.005
- Charlton, J., Oxley, J., Scully, J., Koppel, S., Congiu, M., Muir, C., Fildes, B., 2006. Self-regulatory driving practices of older drivers in the Australian capital territory and New South Wales. Accident Research Centre, Monash University.

- Chipman, M.L., MacGregor, C.G., Smiley, A.M., Lee-Gosselin, M., 1992. Time vs. distance as measures of exposure in driving surveys. *Accid. Anal. Prev.* 24, 679–684.
- Christie, N., Cairns, S., Towner, E., Ward, H., 2007. How exposure information can enhance our understanding of child traffic “death leagues.” *Inj. Prev.* 13, 125–129. doi:10.1136/ip.2006.011692
- Cicchino, J.B., 2015. Why have fatality rates among older drivers declined? The relative contributions of changes in survivability and crash involvement. *Accid. Anal. Prev.* 83, 67–73. doi:10.1016/j.aap.2015.06.012
- Clark, B., Chatterjee, K., Melia, S., Knies, G., Laurie, H., 2014. Examining the relationship between life transitions and travel behaviour change: new insights from the UK Household Longitudinal Study. Presented at the 46th Universities’ Transport Studies Group Conference, Newcastle University.
- Clarke, D.D., Ward, P., Bartle, C., Truman, W., 2006. Young driver accidents in the UK: The influence of age, experience, and time of day. *Accid. Anal. Prev.* 38, 871–878. doi:10.1016/j.aap.2006.02.013
- Coelho, T., Paúl, C., Gobbens, R.J.J., Fernandes, L., 2015. Determinants of frailty: the added value of assessing medication. *Front. Aging Neurosci.* 7. doi:10.3389/fnagi.2015.00056
- Collard, R.M., Boter, H., Schoevers, R.A., Oude Voshaar, R.C., 2012. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: a systematic review. *J. Am. Geriatr. Soc.* 60, 1487–1492. doi:10.1111/j.1532-5415.2012.04054.x

- Cooper, P.J., Meckle, W., Andersen, L., 2010. The efficiency of using non-culpable crash-claim involvements from insurance data as a means of estimating travel exposure for road user sub-groups. *J. Safety Res.* 41, 129–136. doi:10.1016/j.jsr.2010.02.004
- Cripton, P.A., Dressler, D.M., Stuart, C.A., Dennison, C.R., Richards, D., 2014. Bicycle helmets are highly effective at preventing head injury during head impact: Head-form accelerations and injury criteria for helmeted and unhelmeted impacts. *Accid. Anal. Prev.* 70, 1–7. doi:10.1016/j.aap.2014.02.016
- Crocker, P., Zad, O., Milling, T., Lawson, K.A., 2010. Alcohol, bicycling, and head and brain injury: a study of impaired cyclists' riding patterns R1. *Am. J. Emerg. Med.* 28, 68–72. doi:10.1016/j.ajem.2008.09.011
- Curry, A.E., Pfeiffer, M.R., Myers, R.K., Durbin, D.R., Elliott, M.R., 2014. Statistical implications of using moving violations to determine crash responsibility in young driver crashes. *Accid. Anal. Prev.* 65, 28–35. doi:10.1016/j.aap.2013.12.006
- De Goede, M., Fyhri, A., Laureshyn, A., Bjørnskau, T., 2014. Exploring the mechanisms behind the Safety in Numbers Effect: A behavioural analysis of interactions between cyclists and car drivers in Norway and Denmark, in: *Proceedings of the International Cycling Safety Conference*. Göteborg, Sweden. doi:10.13140/2.1.3306.5280
- Dellinger, A.M., Langlois, J.A., Li, G., 2002. Fatal crashes among older drivers: decomposition of rates into contributing factors. *Am. J. Epidemiol.* 155, 234–241. doi:10.1093/aje/155.3.234
- Depreitere, B., Van Lierde, C., Maene, S., Plets, C., Vander Sloten, J., Van Audekercke, R., Van der Perre, G., Goffin, J., 2004. Bicycle-related head injury: a study of 86 cases. *Accid. Anal. Prev.* 36, 561–567. doi:10.1016/S0001-4575(03)00062-9

- De Waard, D., Lewis-Evans, B., Jelijs, B., Tucha, O., Brookhuis, K., 2014. The effects of operating a touch screen smartphone and other common activities performed while bicycling on cycling behaviour. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* 22, 196–206. doi:10.1016/j.trf.2013.12.003
- De Waard, D., Schepers, P., Ormel, W., Brookhuis, K., 2010. Mobile phone use while cycling: Incidence and effects on behaviour and safety. *Ergonomics* 53, 30–42. doi:10.1080/00140130903381180
- De Waard, D., Westerhuis, F., Lewis-Evans, B., 2015. More screen operation than calling: The results of observing cyclists' behaviour while using mobile phones. *Accid. Anal. Prev.* 76, 42–48. doi:10.1016/j.aap.2015.01.004
- Dill, J., Gliebe, J., 2008. Understanding and measuring bicycling behavior: a focus on travel time and route choice. *Urban Stud. Plan. Fac. Publ. Present.* [Accedido 1/11/15]. Disponible en: http://pdxscholar.library.pdx.edu/usp_fac/28
- Dirección General de Tráfico, 2014a. Cuestiones de seguridad vial, conducción eficiente, medio ambiente y contaminación. Ministerio del Interior. [Accedido 28/9/15]. Disponible en: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/doc/XIV_Curso_25_CuestionesSegVial.pdf
- Dirección General de Tráfico, 2014b. Las principales cifras de la siniestralidad vial. España 2013. Ministerio del Interior. [Accedido 25/10/15]. Disponible en: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/Siniestralidad_Vial_2013.pdf

Dirección General de Tráfico, 2014c. Las principales cifras de la siniestralidad en vías urbanas, España 2013. Ministerio del Interior. [Accedido 25/10/15]. Disponible en: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/accidentes-urban/Siniestralidad_Urbana_2013_EE.pdf

Dirección General de Tráfico, n.d. 25 temas de Educación para la Seguridad Vial (Documento web). [Accedido 13/7/15]. Disponible en: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/educacion-vial/recursos-didacticos/personas-adultas/educacion-no-formal/contenidos-procedimientos.shtml>

Directorate-General for Energy and Transport, 2003. EU Energy and Transport in Figures. Statistical Pocket Book, 2001. European Commission, Brussels. [Accedido 30/10/15]. Disponible en: <http://bookshop.europa.eu/en/eu-energy-and-transport-in-figures-2001-pbKO3901192/>

Directorate-General for Energy and Transport, 2002. EU Energy and Transport in Figures. Statistical Pocket Book, 2000. European Commission, Brussels.

Directorate General for Mobility and Transport, 2014. Quality of Transport (No. 422a), Special Eurobarometer. European Commission. [Accedido 29/10/15]. Disponible en: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_422a_en.pdf

Drummer, O.H., Gerostamoulos, J., Batziris, H., Chu, M., Caplehorn, J., Robertson, M.D., Swann, P., 2004. The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes. *Accid. Anal. Prev.* 36, 239–248. doi:10.1016/S0001-4575(02)00153-7

Ediciones El País, 2014. La fiebre ciclista mueve mil millones (Documento web). El País. [Accedido 27/10/15]. Disponible en:

http://economia.elpais.com/economia/2014/10/29/actualidad/1414607482_138687.html

El Mundo, 2015. Las bicicletas son para todo el año (Documento web). El Mundo. [Accedido 27/10/15]. Disponible en: <http://www.elmundo.es/pais-vasco/2015/07/10/559ff69e46163ff92e8b459f.html>

Elvik, R., Mysen, A., 1999. Incomplete Accident Reporting: Meta-Analysis of Studies Made in 13 Countries. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 1665, 133–140. doi:10.3141/1665-18

European Commission, Mobility and Transport, 2015. Road safety in the European Union. European Commission. [Accedido 22/10/15]. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/vademecum_2015.pdf

European Road Safety Observatory, 2012. Traffic safety basic facts 2012. Cyclists, Mobility & Transport. European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. [Accedido 25/10/15]. Disponible en: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/bfs20xx_dacota-swov-cyclists.pdf

Félonneau, M.-L., Causse, E., Constant, A., Contrand, B., Messiah, A., Lagarde, E., 2013. Gender stereotypes and superior conformity of the self in a sample of cyclists. *Accid. Anal. Prev.* 50, 336–340. doi:10.1016/j.aap.2012.05.006

Fierro Urturi, A., Vázquez Fernández, M.E., Muñoz Moreno, M.F., Alfaro González, M., Rodríguez Molinero, L., García Gutiérrez, P., 2013. Lesiones no intencionales: factores de riesgo en seguridad vial y práctica de actividades acuáticas en

adolescentes de 13 a 18 años. *Pediatría Aten. Primaria* 15, 315–328.
doi:<http://dx.doi.org/10.4321/s1139-76322013000500006>

Fishman, E., Schepers, P., Kamphuis, C.B.M., 2015. Dutch Cycling: Quantifying the Health and Related Economic Benefits. *Am. J. Public Health* 105, e13–e15.
doi:10.2105/AJPH.2015.302724

Fundación MAPFRE, 2013. Estudio FUNDACIÓN MAPFRE-Ciclistas: Cascos y lesiones en la cabeza. [Accedido 13/10/15]. Disponible en:
http://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/seguridad-vial/investigacion/secuelas-sufridas-ciclistas-accidentados.jsp

Galdas, P.M., Cheater, F., Marshall, P., 2005. Men and health help-seeking behaviour: literature review. *J. Adv. Nurs.* 49, 616–623. doi:10.1111/j.1365-2648.2004.03331.x

Garrard, J., 2003. Healthy revolutions: promoting cycling among women. *Health Promot. J. Austr.* 14, 213–215.

Garrard, J., Rose, G., Lo, S.K., 2008. Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. *Prev. Med.* 46, 55–59. doi:10.1016/j.ypmed.2007.07.010

GESOP (Gabinet d'Estudis Socials i Opinió Pública, S.L.), 2011. Barómetro Anual de la Bicicleta. Dirección General de Tráfico. [Accedido 3/10/15]. Disponible en:
<http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/investigacion/estudios-e-informes/INFORME-BAROMETRO-BICICLETA-15.pdf>

Goldstein, G.P., Clark, D.E., Travis, L.L., Haskins, A.E., 2011. Explaining regional disparities in traffic mortality by decomposing conditional probabilities. *Inj. Prev.* 17, 84–90. doi:10.1136/ip.2010.029249

- Gómez-Méndez, Á., Aparicio-Izquierdo, F., 2010. Quasi-induced exposure: The choice of exposure metrics. *Accid. Anal. Prev.* 42, 582–588. doi:10.1016/j.aap.2009.10.003
- González Landa, G., Sánchez Ruiz, I., Santos Terrón, M.J., Rodríguez Delgado, T., Busturia Gimeno, P., Hermana Tezanos, T., 1990. [Prevention of bicycle accidents in children]. *An. Esp. Pediatr.* 32, 131–5.
- Granada Ciclo Cívica, 2015 (Documento web). Granada Ciclo Civ. [Accedido 21/10/15]. Disponible en: <http://www.grnadaciclocivica.es/>
- Haddon, W., 1980. Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Rep.* 95, 411–421.
- Haddon, W., 1973. Energy Damage and the Ten Countermeasure Strategies. *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.* 15, 355–366. doi:10.1177/001872087301500407
- Haddon, W., 1972. A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity. *J. Trauma* 12, 193–207.
- Haddon, W., 1968. The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based. *Am. J. Public Health Nations Health* 58, 1431–1438.
- Hagel, B.E., Romanow, N.T.R., Morgunov, N., Embree, T., Couperthwaite, A.B., Voaklander, D., Rowe, B.H., 2014. The relationship between visibility aid use and motor vehicle related injuries among bicyclists presenting to emergency departments. *Accid. Anal. Prev.* 65, 85–96. doi:10.1016/j.aap.2013.12.014

- Haight, F.A., 1971. Indirect methods for measuring exposure factors as related to the incidence of motor vehicle traffic accidents. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety.
- Hamilton, R.J., Stott, J.R., 2004. Cycling: the risks. *Trauma* 6, 161–168. doi:10.1191/1460408604ta309oa
- Harms, L., Bertolini, L., te Brömmelstroet, M., 2014. Spatial and social variations in cycling patterns in a mature cycling country exploring differences and trends. *J. Transp. Health, Walking & Cycling: The contributions of health and transport geography* 1, 232–242. doi:10.1016/j.jth.2014.09.012
- Hartung, B., Mindiashvili, N., Maatz, R., Schwender, H., Roth, E.H., Ritz-Timme, S., Moody, J., Malczyk, A., Daldrup, T., 2014. Regarding the fitness to ride a bicycle under the acute influence of alcohol. *Int. J. Legal Med.* 129, 471–480. doi:10.1007/s00414-014-1104-z
- Hartung, B., Ritz-Timme, S., Schwender, H., Mindiashvili, N., Daldrup, T., 2015. Differences between male and female cyclists' performances under the acute influence of alcohol. *Int. J. Legal Med.* 1–10. doi:10.1007/s00414-015-1182-6
- Haworth, N., Schramm, A., Debnath, A.K., 2014. An observational study of conflicts between cyclists and pedestrians in the city centre. *J. Australas. Coll. Road Saf.* 25, 31-40
- Heesch, K.C., Garrard, J., Sahlqvist, S., 2011. Incidence, severity and correlates of bicycling injuries in a sample of cyclists in Queensland, Australia. *Accid. Anal. Prev.* 43, 2085–2092. doi:10.1016/j.aap.2011.05.031

- Heesch, K.C., Sahlqvist, S., Garrard, J., 2012. Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 9, 106. doi:10.1186/1479-5868-9-106
- Heinen, E., Wee, B. van, Maat, K., 2010. Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature. *Transp. Rev.* 30, 59–96. doi:10.1080/01441640903187001
- Hendriksen, I.J.M., Simons, M., Garre, F.G., Hildebrandt, V.H., 2010. The association between commuter cycling and sickness absence. *Prev. Med.* 51, 132–135. doi:10.1016/j.ypmed.2010.05.007
- Hermans, E., Wets, G., Van den Bossche, F., 2006. Describing the evolution in the number of highway deaths by decomposition in exposure, accident risk, and fatality risk. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 1950, 1–8. doi:10.3141/1950-01
- Hing, J.Y.C., Stamatiadis, N., Aultman-Hall, L., 2003. Evaluating the impact of passengers on the safety of older drivers. *J. Safety Res., Senior Transportation Safety and Mobility* 34, 343–351. doi:10.1016/j.jsr.2003.09.011
- Hynd, D., Cuerden, R.W., Reid, S., Adams, S., 2011. The potential for cycle helmets to prevent injury - A review of the evidence. *TRL Publ. Proj. Rep.* 2011, 1–118.
- IRTAD International Traffic Safety Data and Analysis Group, 2014. Road Safety Annual Report 2014. International Transport Forum. [Accedido 18/10/15]. Disponible en: <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/7514011e.pdf?expires=1430582704&id=id&accname=guest&checksum=23DAA5606348AE253354E6C467AF9902>

- Ivers, R., Senserrick, T., Boufous, S., Stevenson, M., Chen, H.-Y., Woodward, M., Norton, R., 2009. Novice drivers' risky driving behavior, risk perception, and crash risk: findings from the DRIVE study. *Am. J. Public Health* 99, 1638–1644. doi:10.2105/AJPH.2008.150367
- Jacobsen, P.L., 2003. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Inj. Prev.* 9, 205–209. doi:10.1136/ip.9.3.205
- Jefatura del Estado, 2014. Ley 6/2014, de 7 de abril, por la que se modifica el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, Boletín Oficial del Estado.
- Jiang, X., Lyles, R.W., 2010. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1352–1358. doi:10.1016/j.aap.2010.02.016
- Jiang, X., Lyles, R.W., 2007. Difficulties with quasi-induced exposure when speed varies systematically by vehicle type. *Accid. Anal. Prev.* 39, 649–656. doi:10.1016/j.aap.2006.10.011
- Jiang, X., Lyles, R.W., Guo, R., 2014. A comprehensive review on the quasi-induced exposure technique. *Accid. Anal. Prev.* 65, 36–46. doi:10.1016/j.aap.2013.12.008
- Johnson, M., Charlton, J., Oxley, J., Newstead, S., 2013. Why do cyclists infringe at red lights? An investigation of Australian cyclists' reasons for red light infringement. *Accid. Anal. Prev.* 50, 840–847. doi:10.1016/j.aap.2012.07.008

- Johnson, M., Charlton, J., Oxley, J., Newstead, S., 2010. Naturalistic Cycling Study: Identifying Risk Factors for On-Road Commuter Cyclists. *Ann. Adv. Automot. Med. Annu. Sci. Conf.* 54, 275–283.
- Juhra, C., Wieskötter, B., Chu, K., Trost, L., Weiss, U., Messerschmidt, M., Malczyk, A., Heckwolf, M., Raschke, M., 2012. Bicycle accidents - do we only see the tip of the iceberg? A prospective multi-centre study in a large German city combining medical and police data. *Injury* 43, 2026–2034. doi:10.1016/j.injury.2011.10.016
- Junta de Andalucía. Consejería de Fomento y Vivienda, 2014. Plan Andaluz de la Bicicleta. PAB 2014-2020. [Accedido 20/10/15]. Disponible en: https://ws147.juntadeandalucia.es/obraspublicasyvivienda/publicaciones/10%20TRANSPORTE/PAB_2014_2020/PAB_2014_2020.pdf
- Küster, F., 2013. Car sales down, bike sales up: Two new bikes are sold for every car in Europe. (Documento web). *Eur. Cycl. Fed. ECF*. [Accedido 19/10/15]. Disponible en: <http://www.ecf.com/news/car-sales-down-bike-sales-up-two-new-bikes-are-sold-for-every-car-in-europe/>
- Kweon, Y.-J., Kockelman, K.M., 2003. Overall injury risk to different drivers: combining exposure, frequency, and severity models. *Accid. Anal. Prev.* 35, 441–450. doi:10.1016/S0001-4575(02)00021-0
- Langley, J.D., Dow, N., Stephenson, S., Kyprí, K., 2003. Missing cyclists. *Inj. Prev.* 9, 376–379. doi:10.1136/ip.9.4.376
- Lardelli-Claret, P., Jiménez-Moleón, J.J., Luna-del-Castillo, J. de D., Bueno-Cavanillas, A., 2006a. Individual factors affecting the risk of death for rear-seated passengers in road crashes. *Accid. Anal. Prev.* 38, 563–566. doi:10.1016/j.aap.2005.11.014

- Lardelli-Claret, P., Jiménez-Moleón, J.J., Luna-del-Castillo, J. de D., García-Martín, M., Bueno-Cavanillas, A., Gálvez-Vargas, R., 2005. Driver dependent factors and the risk of causing a collision for two wheeled motor vehicles. *Inj. Prev.* 11, 225–231. doi:10.1136/ip.2004.006957
- Lardelli-Claret, P., Jiménez-Moleón, J.J., Luna-del-Castillo, J.D., García-Martín, M., Moreno-Abril, O., Bueno-Cavanillas, A., 2006b. Comparison between two quasi-induced exposure methods for studying risk factors for road crashes. *Am. J. Epidemiol.* 163, 188–195. doi:10.1093/aje/kwj015
- Lardelli-Claret, P., Luna-del-Castillo, J. de D., Jiménez-Moleón, J.J., García-Martín, M., Bueno-Cavanillas, A., Gálvez-Vargas, R., 2003a. Risk compensation theory and voluntary helmet use by cyclists in Spain. *Inj. Prev.* 9, 128–132. doi:10.1136/ip.9.2.128
- Lardelli-Claret, P., Luna-del-Castillo, J.D., Jiménez-Mejías, E., Pulido-Manzanero, J., Barrio-Anta, G., García-Martín, M., Jiménez-Moleón, J.J., 2011. Comparison of two methods to assess the effect of age and sex on the risk of car crashes. *Accid. Anal. Prev.* 43, 1555–1561. doi:10.1016/j.aap.2011.03.011
- Lardelli-Claret, P., Luna del Castillo, J.D., Jiménez-Moleón, J.J., Bueno-Cavanillas, A., García-Martín, M., Gálvez-Vargas, R., 2003b. Age and sex differences in the risk of causing vehicle collisions in Spain, 1990 to 1999. *Accid. Anal. Prev.* 35, 261–272. doi:10.1016/S0001-4575(02)00004-0
- Lardelli-Claret, P., Luna-del-Castillo, J.D., Jiménez-Moleón, J.J., García-Martín, M., Bueno-Cavanillas, A., Gálvez-Vargas, R., 2003c. Valoración del efecto del uso de casco en

los ciclistas sobre el riesgo de sufrir lesiones craneales y de morir en España, entre 1990 y 1999. *Med. Clínica* 120, 85–88. doi:10.1016/S0025-7753(03)73611-2

Lenguerrand, E., Martin, J.-L., Moskal, A., Gadegbeku, B., Laumon, B., 2008. Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case-control design: Application to the estimation of risks associated with driving under the influence of cannabis or alcohol. *Accid. Anal. Prev.* 40, 861–868. doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

Li, G., Baker, S.P., 1996. Exploring the male-female discrepancy in death rates from bicycling injury: the decomposition method. *Accid. Anal. Prev.* 28, 537–540.

Li, G., Baker, S.P., Langlois, J.A., Kelen, G.D., 1998. Are female drivers safer? An application of the decomposition method. *Epidemiol. Camb. Mass* 9, 379–384.

Li, G., Braver, E.R., Chen, L.-H., 2003. Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers. *Accid. Anal. Prev.* 35, 227–235. doi:10.1016/S0001-4575(01)00107-5

Lin, M.-R., Kraus, J.F., 2009. A review of risk factors and patterns of motorcycle injuries. *Accid. Anal. Prev.* 41, 710–722. doi:10.1016/j.aap.2009.03.010

London for Transport, 2014. Attitudes towards cycling. Annual Report 2014 (No. 05110). [Accedido 26/10/15]. Disponible en: <http://content.tfl.gov.uk/attitudes-to-cycling-2014-report.pdf>

López-Muñiz Goñi, M., 1995. Accidentes de tráfico : problemática e investigación. Colex, Madrid.

- Lusk, A.C., Wen, X., Zhou, L., 2014. Gender and used/preferred differences of bicycle routes, parking, intersection signals, and bicycle type: Professional middle class preferences in Hangzhou, China. *J. Transp. Health* 1, 124–133. doi:10.1016/j.jth.2014.04.001
- Maring, W., van Schagen, I., 1990. Age dependence of attitudes and knowledge in cyclists. *Accid. Anal. Prev.* 22, 127–136. doi:10.1016/0001-4575(90)90064-R
- Martínez-Ruiz, V., Jiménez-Mejías, E., Amezcua-Prieto, C., Luna-del-Castillo, J.D., Jimenez-Moleón, J.J., Lardelli-Claret, P., 2014a. Asociación de la edad y el sexo con la intensidad de la exposición al uso de la bicicleta en España, 1993-2009. *An. Sist. Sanit. Navar.* 37, 35–46. doi:10.4321/S1137-66272014000100005
- Martínez-Ruiz, V., Jiménez-Mejías, E., Amezcua-Prieto, C., Olmedo-Requena, R., Luna-del-Castillo, J.D., Lardelli-Claret, P., 2015a. Contribution of exposure, risk of crash and fatality to explain age- and sex-related differences in traffic-related cyclist mortality rates. *Accid. Anal. Prev.* 76, 152–158. doi:10.1016/j.aap.2015.01.008
- Martínez-Ruiz, V., Jiménez-Mejías, E., Amezcua-Prieto, C., Olmedo-Requena, R., Pulido-Manzanero, J., Lardelli-Claret, P., 2015b. Factores asociados al riesgo de provocar una colisión entre un ciclista y un peatón en España, 1993-2011. *Gac. Sanit., Lesiones por tráfico: un ejemplo en la Salud Pública* 29, Suplemento 1, 10–15. doi:10.1016/j.gaceta.2015.04.005
- Martínez-Ruiz, V., Jiménez-Mejías, E., Luna-del-Castillo, J.D., García-Martín, M., Jiménez-Moleón, J.J., Lardelli-Claret, P., 2014b. Association of cyclists' age and sex with risk of involvement in a crash before and after adjustment for cycling exposure. *Accid. Anal. Prev.* 62, 259–267. doi:10.1016/j.aap.2013.10.011

- Martínez-Ruiz, V., Lardelli-Claret, P., Jiménez-Mejías, E., Amezcua-Prieto, C., Jiménez-Moleón, J.J., Luna-del-Castillo, J.D., 2013. Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method. *Accid. Anal. Prev.* 51, 228–237. doi:10.1016/j.aap.2012.11.023
- Miller, P.D., Kendrick, D., Coupland, C., Coffey, F., 2010. The use of conspicuity aids by cyclists and risk of crashes involving other road users: a protocol for a population based case-control study. *BMC Public Health* 10, 39. doi:10.1186/1471-2458-10-39
- Mindell, J.S., Leslie, D., Wardlaw, M., 2012. Exposure-Based, “Like-for-Like” Assessment of Road Safety by Travel Mode Using Routine Health Data. *PLoS ONE* 7, e50606. doi:10.1371/journal.pone.0050606
- Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009. Estrategia Española de Movilidad Sostenible. [Accedido 12/10/15]. Disponible en: http://www.fomento.es/mfom/lang_castellano/especiales/calidadambiental/
- Ministerio de la Presidencia, 1999. Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos, Boletín Oficial del Estado.
- Ministerio del Interior, 2015. Orden INT/2223/2014, de 27 de octubre, por la que se regula la comunicación de la información al Registro Nacional de Víctimas de Accidentes de Tráfico, Boletín Oficial del Estado.
- Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, 1993. Orden de 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación, Boletín Oficial del Estado.

- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Cole-Hunter, T., de Nazelle, A., Dons, E., Gerike, R., Götschi, T., Int Panis, L., Kahlmeier, S., Nieuwenhuijsen, M., 2015. Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Prev. Med.* 76, 103–114. doi:10.1016/j.ypmed.2015.04.010
- Navarro, P., Rui-Wamba, J., Fernández Camps, A., Altisench, O., García Bañuelos, C., Julià, J., Rui-Wamba Martija, M.Á., 2010. *La ingeniería de la bicicleta*. Fundación ESTEYCO, Madrid.
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2011. *La movilidad segura de los colectivos más vulnerables* (No. 128-11-098-1). Dirección General de Tráfico, Madrid, España. [Accedido 23/10/15]. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/la-dgt/centro-de-documentacion/publicaciones/2011/doc/la-movilidad-segura-de-los-colectivos-mas-vulnerables.pdf>
- OMS | Día Mundial de la Salud: ¡La seguridad vial no es accidental!, 2004. (Documento web). WHO. [Accedido 14/10/15]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr24/es/>
- Organización Mundial de la Salud, 2009. *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción*. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. [Accedido 1/11/15]. Disponible en: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009/es/
- Orsi, C., Ferraro, O.E., Montomoli, C., Otte, D., Morandi, A., 2014. Alcohol consumption, helmet use and head trauma in cycling collisions in Germany. *Accid. Anal. Prev.* 65, 97–104. doi:10.1016/j.aap.2013.12.019

- Pai, C.-W., Jou, R.-C., 2014. Cyclists' red-light running behaviours: An examination of risk-taking, opportunistic, and law-obeying behaviours. *Accid. Anal. Prev.* 62, 191–198. doi:10.1016/j.aap.2013.09.008
- Palmer, A.J., Si, L., Gordon, J.M., Saul, T., Curry, B.A., Otahal, P., Hitchens, P.L., 2014. Accident rates amongst regular bicycle riders in Tasmania, Australia. *Accid. Anal. Prev.* 72, 376–381. doi:10.1016/j.aap.2014.07.015
- Palmer, A.J., Si, L., Gordon, J.M., Saul, T., Otahal, P., Hitchens, P.L., 2015. Investigating the costs of major and minor cycling crashes in Tasmania, Australia. *Aust. N. Z. J. Public Health* n/a–n/a. doi:10.1111/1753-6405.12384
- Peden, M.M., Pan American Health Organization, World Health Organization, World Bank, 2004. Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito. Organización Panamericana de la Salud, Washington, D.C.
- Poulos, R.G., Hatfield, J., Rissel, C., Flack, L.K., Murphy, S., Grzebieta, R., McIntosh, A.S., 2015. An exposure based study of crash and injury rates in a cohort of transport and recreational cyclists in New South Wales, Australia. *Accid. Anal. Prev.* 78, 29–38. doi:10.1016/j.aap.2015.02.009
- Poulos, R.G., Hatfield, J., Rissel, C., Grzebieta, R., McIntosh, A.S., 2012. Exposure-based cycling crash, near miss and injury rates: The Safer Cycling Prospective Cohort Study protocol. *Inj. Prev.* 18, e1–e1. doi:10.1136/injuryprev-2011-040160
- Pucher, J., Buehler, R., 2008. Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transp. Rev.* 28, 495–528. doi:10.1080/01441640701806612

- Puts, M.T.E., Lips, P., Deeg, D.J.H., 2005. Sex differences in the risk of frailty for mortality independent of disability and chronic diseases. *J. Am. Geriatr. Soc.* 53, 40–47. doi:10.1111/j.1532-5415.2005.53008.x
- Rabl, A., de Nazelle, A., 2012. Benefits of shift from car to active transport. *Transp. Policy* 19, 121–131. doi:10.1016/j.tranpol.2011.09.008
- Real Academia de la Lengua Española, 2001. *Diccionario de la lengua española*, 22^a ed. Espasa, Madrid.
- Redondo-Calderón, J.L., de Dios Luna del Castillo, J., Jiménez Moleón, J.J., Lardelli Claret, P., Gálvez Vargas, R., 2000a. Evolución de la mortalidad por accidentes de tráfico en España, 1962–1994. *Gac. Sanit.* 14, 7–15. doi:10.1016/S0213-9111(00)71423-3
- Redondo-Calderón, J.L., Luna Del Castillo, J.D., Jiménez Moleón, J.J., Lardelli Claret, P., Gálvez Vargas, R., 2000b. Geographical variability in the severity of traffic accidents in Spain. *Gac. Sanit. SESPAS* 14, 16–22.
- Rivara, F.P., Thompson, D.C., Thompson, R.S., 2015. Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Inj. Prev.* 21, 47–51. doi:10.1136/injprev-00002-0038rep
- Robertson, M.D., Drummer, O.H., 1994. Responsibility analysis: A methodology to study the effects of drugs in driving. *Accid. Anal. Prev.* 26, 243–247. doi:10.1016/0001-4575(94)90094-9
- Robinson, D.L., 2007. Bicycle helmet legislation: Can we reach a consensus? *Accid. Anal. Prev.* 39, 86–93. doi:10.1016/j.aap.2006.06.007

Rogers, E.M., 1995. *Diffusion of Innovations*. The Free Press, New York.

Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Tainio, M., Nieuwenhuijsen, M.J., 2011. The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *BMJ* 343, d4521–d4521. doi:10.1136/bmj.d4521

Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Teixidó, O., Nieuwenhuijsen, M., 2013. Health impact assessment of increasing public transport and cycling use in Barcelona: A morbidity and burden of disease approach. *Prev. Med.* 57, 573–579. doi:10.1016/j.ypmed.2013.07.021

Salmi, L.R., Oriols, L., Lagarde, E., 2014. Comparing responsible and non-responsible drivers to assess determinants of road traffic collisions: time to standardise and revisit. *Inj. Prev. J. Int. Soc. Child Adolesc. Inj. Prev.* 20, 380–386. doi:10.1136/injuryprev-2013-041143

Santamariña-Rubio, E., Pérez, K., Olabarria, M., Novoa, A.M., 2014. Gender differences in road traffic injury rate using time travelled as a measure of exposure. *Accid. Anal. Prev.* 65, 1–7. doi:10.1016/j.aap.2013.11.015

Schepers, P., den Brinker, B., 2011. What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics* 54, 315–327. doi:10.1080/00140139.2011.558633

Schwab, A.L., 2012. Bicycling safety and the lateral stability of the bicycle. Presented at the Proceedings of the International Cycling Safety Conference, Helmond, The Netherlands.

- Seguí-Gómez, M., González-Luque, J., Robledo de Dios, T., 2007. La problemática del accidente de tráfico, in: Fundamentos de Biomecánica. Dirección General de Tráfico, Madrid, pp. 1–20.
- Short, J., Caulfield, B., 2014. The safety challenge of increased cycling. *Transp. Policy* 33, 154–165. doi:10.1016/j.tranpol.2014.03.003
- Slesak, G., Inthalath, S., Wilder-Smith, A., Barennes, H., 2015. Road traffic injuries in northern Laos: trends and risk factors of an underreported public health problem. *Trop. Med. Int. Health* 20, 1578–1587. doi:10.1111/tmi.12562
- Sport England, Department of Transport, 2014. Local area walking and cycling statistics: England 2012/13. [Accedido 2/11/15]. Disponible en: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/306778/walking-and-cycling-statistics-release.pdf
- Stamatiadis, N., Deacon, J.A., 1997. Quasi-induced exposure: Methodology and insight. *Accid. Anal. Prev.* 29, 37–52. doi:10.1016/S0001-4575(96)00060-7
- Stamatiadis, N., Jones, S., Aultman-Hall, L., 1999. Causal factors for accidents on southeastern low-volume rural roads. *Transp. Res. Rec.* 1, 111–117.
- Talbot, R., Kirk, A., 2013. Are crash characteristics and causation mechanisms similar in crashes involving fatigue to those involving alcohol? *Berichte Bundesanst. Fuer Strassenwes. Unterreihe Fahrzeugtechnik*.
- The Copenhagenize Index, 2015 (Documento web). [Accedido 30/10/15]. Disponible en: <http://copenhagenize.eu/index/>

- Thorpe, J.T., 1967. Calculating relative involvement rates in accidents without determining exposure. *Traffic Saf. Res. Rev.* 11, 3–8.
- Tin Tin, S., Woodward, A., Ameratunga, S., 2010. Injuries to pedal cyclists on New Zealand roads, 1988-2007. *BMC Public Health* 10, 655. doi:10.1186/1471-2458-10-655
- Titze, S., Merom, D., Rissel, C., Bauman, A., 2014. Epidemiology of cycling for exercise, recreation or sport in Australia and its contribution to health-enhancing physical activity. *J. Sci. Med. Sport* 17, 485–490. doi:10.1016/j.jsams.2013.09.008
- Twaddle, H., Hall, F., Bracic, B., 2010. Latent Bicycle Commuting Demand and Effects of Gender on Commuter Cycling and Accident Rates. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2190, 28–36. doi:10.3141/2190-04
- Twisk, D.A.M., Reurings, M., 2013. An epidemiological study of the risk of cycling in the dark: The role of visual perception, conspicuity and alcohol use. *Accid. Anal. Prev.* 60, 134–140. doi:10.1016/j.aap.2013.08.015
- U.S. Department of Transportation, n.d. Pedestrian and Bicycle Information Center (Documento web). [Accedido 31/10/15]. Disponible en: <http://www.pedbikeinfo.org/>
- Vázquez-Barquero, A., Sanz, F., Montaña, F., Herrera, S., Gaité, L., Pascual, J., 1990. Epidemiology and course of craniocerebral injuries in children in Cantabria. *Neurol. Barc. Spain* 5, 155–9.
- Veisten, K., Sælensminde, K., Alvær, K., Bjørnskau, T., Elvik, R., Schistad, T., Ytterstad, B., 2007. Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and

indicating data needs. *Accid. Anal. Prev.* 39, 1162–1169.
doi:10.1016/j.aap.2007.03.002

Velázquez Andrés, J.M., Estebaranz Berzal, A.M., 2010. La estrategia española de movilidad sostenible y los gobiernos locales. Federación Española de Municipios y Provincias, Madrid. [Accedido 29/10/15]. Disponible en: <http://www.redciudadesclima.es/uploads/documentacion/2a7fb70e4f9cfdd19fbd05d0240327b0.pdf>

Vilalta, J., Bosch, J., Castano, C.H., Poca, M.A., Rubio, E., Godet, C., Puig, G., 1992. Epidemiology of head traumas. “Barcelona” data base. Objectives, design and analysis of 584 cases. *Rev. Esp. Anestesiol. Reanim.* 39, 277–81.

Watson, A., Watson, B., Vallmuur, K., 2015. Estimating under-reporting of road crash injuries to police using multiple linked data collections. *Accid. Anal. Prev.* 83, 18–25. doi:10.1016/j.aap.2015.06.011

Wegman, F., Zhang, F., Dijkstra, A., 2012. How to make more cycling good for road safety? *Accid. Anal. Prev., Safety and Mobility of Vulnerable Road Users: Pedestrians, Bicyclists, and Motorcyclists* 44, 19–29. doi:10.1016/j.aap.2010.11.010

Wessels, R., 1996. Bicycle collisions in Washington State: a six-year perspective, 1988-1993. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 1538, 81–90. doi:10.3141/1538-11

Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Marszalek, R., Lacherez, P., Carberry, T., 2013. Bicyclists overestimate their own night-time conspicuity and underestimate the benefits of retroreflective markers on the moveable joints. *Accid. Anal. Prev.* 55, 48–53. doi:10.1016/j.aap.2013.02.033

Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Marszalek, R., Lacherez, P., Carberry, T., Chu, B.S., 2012. Using reflective clothing to enhance the conspicuity of bicyclists at night. *Accid. Anal. Prev.* 45, 726–730. doi:10.1016/j.aap.2011.09.038


World Health Organization, 2013. Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. World Health Organization, Geneva.

Zhu, M., Zhao, S., Coben, J.H., Smith, G.S., 2013. Why more male pedestrians die in vehicle-pedestrian collisions than female pedestrians: a decompositional analysis. *Inj. Prev.* 19, 227–231. doi:10.1136/injuryprev-2012-040594


Zwerling, C., Peek-Asa, C., Whitten, P., Choi, S., Sprince, N., Jones, M., 2005. Fatal motor vehicle crashes in rural and urban areas: decomposing rates into contributing factors. *Inj. Prev.* 11, 24–28. doi:10.1136/ip.2004.005959

X. ANEXO

ANEXO I. FORMULARIO DE ACCIDENTES DE TRÁFICO CON VÍCTIMAS.



MINISTERIO DEL INTERIOR



Dirección Gral. de Tráfico

FORMULARIO DE ACCIDENTES CON VÍCTIMAS

Nº EXPEDIENTE POLICIAL

2. Accidente

1. Ubicación Temporal

2. Localización

HORA Y FECHA DEL ACCIDENTE

___:___ / ___ / ___

ZONA

CARRETERA AUTOPISTA O AUTOVÍA URBANA

TRAVESÍA CALLE

COORDENADAS UTM DEL PRIMER PUNTO DE CONFLICTO

LONGITUD (x) _____

LATITUD (y) _____

TIPO DE VÍA

CALLE

AUTOPISTA DE PEAJE

AUTOPISTA LIBRE

AUTOVÍA

VÍA PARA AUTOMÓVILES

CARRETERA CONVENCIONAL DE DOBLE CALZADA

CARRETERA CONVENCIONAL DE CALZADA ÚNICA

VÍA DE SERVICIO

RAMAL DE ENLACE

CAMINO VECINAL

RECINTO DELIMITADO

VÍA CICLISTA

SENDA CICLABLE

OTRO

MUNICIPIO

CÓDIGO DE POBLACIÓN: _____

CÓDIGO CALLE: _____

CALLE: _____ nº _____

CARRETERA

SIGLAS Y nº _____

pk _____ **hm** _____

SENTIDO ACCIDENTE (↑ ↓ km)

ASCENDENTE DESCENDENTE MIXTO

TITULARIDAD

ESTATAL AUTONÓMICA PROVINCIAL, CABILDO/CONSELL

OTRA MUNICIPAL

NUDO

EN NUDO INCLUYENDO SU ZONA DE INFLUENCIA (<20m / < 200m)

FUERA DE NUDO O DE SU ZONA DE INFLUENCIA (>20m / > 200m)

INFORMACIÓN SOBRE EL NUDO

INTERSECCIÓN

EN X O +

EN T O Y

EN ESTRELLA

GLORIETA

GLORIETA PARTIDA

MINIGLORIETA

GLORIETA DOBLE

PASO A NIVEL CON BARRERA

PASO A NIVEL SIN BARRERA

ENLACE

ENLACE CON CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD PARALELOS AL TRONCO

ENLACE SIN CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD PARALELOS AL TRONCO

BIFURCACIÓN O CONVERGENCIA

REGULACIÓN DE PRIORIDAD

SÓLO NORMA GENÉRICA

AGENTE/PERSONA AUTORIZADA

SEMÁFORO

SEÑAL VERTICAL de "STOP"

SEÑAL VERTICAL de "Ceda el paso"

SEÑAL HORIZONTAL de "STOP"

SEÑAL HORIZONTAL de "Ceda el paso"

SÓLO MARCAS VIALES SIN INSCRIPCIONES

PASO PARA PEATONES NO ELEVADO

PASO PARA PEATONES SOBRE-ELEVADO

MARCA VIAL DE PASO PARA CICLISTAS

SEÑAL CIRCUNSTANCIAL

OTRA SEÑAL

3. Nº Implicados

FALLECIDOS 24h ___ HERIDOS INGRESO >24h ___

HERIDOS ASISTENCIA SANITARIA <=24h ___ VÍCTIMAS ILESOS ___

VEHÍCULOS ___ CONDUCTORES ___ PASAJEROS ___ PEATONES ___

4. Tipo y Circunstancias

TIPO DE ACCIDENTE (APARTADO A)

1) SALIDA DE VÍA NO (Rellenar APARTADO B)

2) SALIDA DE VÍA SI

SALIDA DE LA VÍA POR LA DERECHA CON. (APARTADO B)

SALIDA DE LA VÍA POR LA IZQUIERDA CON. (APARTADO B)

APARTADO B)

COLISIÓN FRONTAL ATROPELLO A PERSONA

COLISIÓN FRONTALATERAL ATROPELLO A ANIMAL

COLISIÓN LATERAL VUELCO

ALCANCE CAÍDA

COLISIÓN MÚLTIPLE DESPEÑAMIENTO

CHOQUE CONTRA OBSTÁCULO O ELEMENTO DE LA VÍA SÓLO SALIDA DE LA VÍA

OTRO

SI INTERVIENE ANIMAL, INDICAR TIPO _____

Catálogo en manual de contenidos

CONDICIONES EN EL MOMENTO DEL ACCIDENTE

NIVEL DE CIRCULACIÓN

BLANCO ROJO

VERDE NEGRO

AMARILLO SE DESCONOCE

ILUMINACIÓN

LUZ DEL DÍA NATURAL, SOLAR

AMANECER O ATARDECER, SIN LUZ ARTIFICIAL

AMANECER O ATARDECER, CON LUZ ARTIFICIAL

SIN LUZ NATURAL Y CON ILUMINACIÓN ARTIFICIAL ENCENDIDA DE LA VÍA

SIN LUZ NATURAL Y CON ILUMINACIÓN ARTIFICIAL NO ENCENDIDA DE LA VÍA

SIN LUZ NATURAL NI ARTIFICIAL

ESTADO METEOROLÓGICO

DESPEJADO

NUBLADO

LLUVIA DÉBIL

LLUVIA FUERTE

GRANIZANDO

NEVANDO

NIEBLA. Se puede seleccionar además de estado meteorológico

NIEBLA LIGERA

NIEBLA INTENSA

VIENTO FUERTE

VISIBILIDAD RESTRINGIDA POR:

BUENA VISIBILIDAD

EDIFICIOS

INSTALACIONES O ELEMENTOS DE LA VÍA

CONFIGURACIÓN DEL TERRENO

FACTORES ATMOSFÉRICOS

DESLUMBRAMIENTO POR SOL

DESLUMBRAMIENTO POR ALUMBRADO ARTIFICIAL

DESLUMBRAMIENTO POR FAROS DE OTRO VEHÍCULO

UN VEHÍCULO (PARADO, EN MOVIMIENTO O APARCADO)

OBRAS

CONTENEDORES

VEGETACIÓN O ÁRBOLES

ELEMENTOS DECORATIVOS

OTROS OBJETOS EN LA VÍA

PANELES Y PUBLICIDAD

ELEMENTOS DEL VEHÍCULO (LUNAS)

OTRAS RESTRICCIONES

CIRCULAR EN SENTIDO CONTRARIO

5. Características Vía

CARACTERÍSTICA

ZONA PERIURBANA

CIRCUNVALACIÓN

CALLE RESIDENCIAL

ZONA PEATONAL

ZONA A 30

OTRA DE ESPECIAL REGULACIÓN

NINGUNA DE LAS ANTERIORES

LÍMITE DE VELOCIDAD

LIMITACIÓN GENÉRICA

SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA

VELOCIDAD _____ (km/h)

SENTIDOS DE LA VÍA

DOBLE SENTIDO

SENTIDO ÚNICO

NÚMERO DE CALZADAS

CALZADA ÚNICA

CALZADA DOBLE

MÁS DE DOS

Nº CARRILES EN CALZADA

SENTIDO ASCENDENTE ___

SENTIDO DESCENDENTE ___

ANCHURA DEL CARRIL

MENOS DE 3,25 m

ENTRE 3,25 Y 3,75 m

MÁS DE 3,75 m

ACERA (En caso de que en el accidente esté implicado un peatón)

NO

IMPRACTICABLE

SI, NO ELEVADA

ELEVADA

ANCHURA _____

ARCÉN

INEXISTENTE

MENOR DE 1,5 m

DE 1,5 m A 2,49 m

DE 2,50 O MÁS

ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO

PANELES DIRECCIONALES

HITOS DE ARISTA

CAPTAFAROS

ELEMENTOS DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS

SÓLO LÍNEA LONGITUDINAL DE SEPARACIÓN

CEBREADO

MEDIANA

BARRERA DE SEGURIDAD

ZONA PEATONAL O AJARDINADA

OTRO

NINGUNO

BARRERA DE SEGURIDAD

	NO	METÁLICA	HORMIGÓN	OTRO	PROTECCIÓN MOTORISTA
LATERAL ASCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LATERAL DESCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDIANA SENTIDO ASCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDIANA SENTIDO DESCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ELEMENTOS DEL TRAMO:

PUENTE, VIADUCTO O PASO SUPERIOR

TÚNEL

PASO INFERIOR

ESTRECHAMIENTO DE SECCIÓN

RESALTOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

BADÉN

APARTADERO

NINGUNO

TRAZADO EN PLANTA

RECTA

CURVA SEÑALIZADA

CURVA SIN SEÑALIZAR

SE DESCONOCE

TRAZADO EN ALZADO

LLANO

RAMP A >5%

PENDIENTE >5%

CAMBIO BRUSCO DE RASANTE

SE DESCONOCE

MARCAS VIALES

INEXISTENTES O BORRADAS

SÓLO SEPARACIÓN DE CARRILES

SEPARACIÓN DE CARRILES Y BORDE DE CALZADA

SÓLO BORDE DE CALZADA

CARACTERÍSTICAS DEL MARGEN

DESPEJADO

ÁRBOLES

OTROS ELEMENTOS NATURALES RÍGIDOS

EDIFICACIONES

POSTES

CARTELES PUBLICIDAD

OTROS ELEMENTOS ARTIFICIALES RÍGIDOS

OTROS OBSTÁCULOS

DELIMITACIÓN DE LA CALZADA

BORDILLO

BORDADOS O VALLAS DE PROTECCIÓN

SETOS

MARCAS VIALES

BARRERA SEGURIDAD

ISLETA O REFUGIO

ZONA PEATONAL, AJARDINADA/BULEVAR

OTRA

SIN DELIMITAR

CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES

NINGUNA

CONOSELEM. BALIZA MÓVILES

ZANJA O SURCO

TAPA DE REGISTRO DEFECTUOSA

OBRAS

OBSTÁCULO EN CALZADA

DESPRENDIMIENTOS

ESCALÓN

FIRME CON BACHES

FIRME DETERIORADO

OTRAS

NORMAS DE CUMPLIMENTACIÓN

Los campos con permiten marcar una única alternativa.

Los campos con permiten marcar distintas alternativas.

Marcar indica posible influencia del factor en el accidente.

En un accidente en intersección la vía principal es la que tiene prioridad.

Las variables en VERDE, se cumplimentan SÓLO cuando el accidente ocurre en vías urbanas: calles.

Las variables en AZUL, se cumplimentan SÓLO en aquellos accidentes que se producen en zona interurbana o urbana cuando la vía no tiene características constitutivas de una calle.

Las variables y factores de influencia correspondientes que están en rojo corresponden a los datos de remisión rápida.

1. Descripción del vehículo			3. Vehículo		
INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO			INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO		
<input type="checkbox"/> SIN CONDUCTOR			<input type="checkbox"/> SIN CONDUCTOR		
VEHÍCULO MOTOR	MATRÍCULA	FECHA 1ª MATRÍCULA	CÓDIGO NACIONALIDAD	VEHÍCULO MOTOR	MATRÍCULA
		---/---/---			---/---/---
	MARCA	MODELO	SEGURO	MARCA	MODELO
			<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE		
			<input type="radio"/> CORRECTA <input type="radio"/> CADUCADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE		
TIPO DE VEHÍCULO	<input type="radio"/> TURISMO	<input type="radio"/> CUADRICICLO	CAMIÓN	MMA	REMOLQUE
	<input type="radio"/> FURGONETA	<input type="radio"/> CUADRICICLO NO LIGERO	<input type="radio"/> CAMIÓN RÍGIDO	<input type="radio"/> MENOR DE 3,5 T	<input type="checkbox"/> REMOLQUE
	<input type="radio"/> TODO TERRENO	<input type="radio"/> AUTOCARAVANA	<input type="radio"/> TRACTOCAMIÓN (CABEZA TRACTORA)	<input type="radio"/> DE 3,5 A 10 T	<input type="checkbox"/> SEMIRREMOLQUE
	<input type="radio"/> CICLO	<input type="radio"/> MAQUINARIA OBRAS/SERVICIOS	<input type="radio"/> VEHÍCULO ARTICULADO	<input type="radio"/> DE 10T A 20 T	<input type="checkbox"/> CARAVANA
	<input type="radio"/> BICICLETA	<input type="radio"/> MAQUINARIA	<input type="radio"/> TREN/METRO	<input type="radio"/> MÁS DE 20 T	<input type="checkbox"/> OTRO TIPO
	<input type="radio"/> CICLOMOTOR	<input type="radio"/> MICROBÚS<=17 OCUP.	<input type="radio"/> OTROS VEH. SIN MOTOR	<input type="radio"/> TRANSPORTE ESPECIAL	<input type="checkbox"/> VEHÍCULO ADAPTADO
	<input type="radio"/> MOTOCICLETA <=125	<input type="radio"/> AUTOBÚS	<input type="radio"/> OTROS VEH. CON MOTOR	<input type="radio"/> MERCANCIAS PELIGROSAS	
	<input type="radio"/> MOTOCICLETA >125	<input type="radio"/> AUTOBÚS ARTICULADO	<input type="radio"/> VEHÍCULO SIN ESPECIFICAR	Nº DE LA ONU	MATRÍCULA DEL REMOLQUE
	<input type="radio"/> QUAD LIGERO	<input type="radio"/> TRANVÍA		Nº DE LA ONU	
	<input type="radio"/> QUAD NO LIGERO				ANOMALÍAS PREVIAS
				<input type="checkbox"/> APARENTEMENTE NINGUNA <input type="checkbox"/> NEUMÁTICOS MUY DESGASTADOS/DEFECTUOSOS <input type="checkbox"/> REVENTÓN	

2. Circunstancias del vehículo					
Nº OCUPANTES <input type="checkbox"/> USO ALUMBRADO REGLAMENTARIO Nº OCUPANTES <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		DISCO TACÓGRAFO (SI ES OBLIGATORIO) <input type="checkbox"/> FUNCIONA CORRECTAMENTE <input type="checkbox"/> LEÍDO VELOCIDAD FINAL (km/h) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> MANIPULADO <input type="checkbox"/> FUNCIONAMIENTO INCORRECTO <input type="checkbox"/> NO LLEVA Y DEBERÍA LLEVARLO <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		TIEMPOS DE DESCANSO <input type="checkbox"/> HA RESPETADO EL DESCANSO DIARIO <input type="checkbox"/> HA SUPERADO LAS HORAS DE CONDUCCIÓN CONTINUADA <input type="checkbox"/> HA SUPERADO LAS HORAS DE CONDUCCIÓN DIARIA HORAS CONDUCCIÓN CONTINUADA <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> FUGADO <input type="checkbox"/> INCENDIADO CUANDO EL ACCIDENTE OCURRA EN NUDO:		ÁREA MÁS DAÑADA DEL VEHÍCULO <input type="checkbox"/> SIN DAÑOS <input type="radio"/> FRONTAL IZQUIERDO <input type="radio"/> POSTERIOR DERECHO <input type="radio"/> FRONTAL CENTRO <input type="radio"/> POSTERIOR CENTRO <input type="radio"/> FRONTAL DERECHO <input type="radio"/> POSTERIOR IZQUIERDO <input type="radio"/> DELANTE NO ESPECIFICADO <input type="radio"/> DETRÁS NO ESPECIFICADO <input type="radio"/> SE DESCONOCE		AIRBAG <input type="checkbox"/> OTRO AIRBAG <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	
POSICIÓN RESPECTO A LA VÍA <input type="radio"/> CIRCULABA POR LA VÍA PRINCIPAL (LA QUE TIENE PRIORIDAD) <input type="radio"/> CIRCULABA POR LA VÍA SECUNDARIA <input type="radio"/> SE DESCONOCE		MANIOBRA DEL VEHÍCULO PREVIA AL ACCIDENTE <input type="radio"/> SIGUIENDO TRAYECTORIA RECTA <input type="radio"/> INCORPORÁNDOSE A UNA VÍA DE MAYOR NIVEL QUE QUEDA A LA DERECHA <input type="radio"/> TOMANDO CURVA A LA DERECHA <input type="radio"/> INCORPORÁNDOSE A UNA VÍA DE MAYOR NIVEL QUE QUEDA A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> TOMANDO CURVA A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> ADELANTANDO POR LA DERECHA <input type="radio"/> ADELANTANDO POR LA IZQUIERDA <input type="radio"/> CAMBIANDO AL CARRIL DE LA DERECHA <input type="radio"/> CAMBIANDO AL CARRIL DE LA IZQUIERDA <input type="radio"/> CIRCULANDO MARCHA ATRÁS ___ m <input type="radio"/> GIRANDO EN U, 180º O CAMBIO DE SENTIDO <input type="radio"/> CIRCULANDO EN PARALELO <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA <input type="radio"/> INCORPORÁNDOSE A LA CIRCULACIÓN			
APROXIMACIÓN AL NUDO <input type="radio"/> APROXIMÁNDOSE EN EL NUDO <input type="radio"/> ALEJÁNDOSE <input type="radio"/> SE DESCONOCE		SENTIDO DE CIRCULACIÓN (↓ Km o nº en la calle) <input type="radio"/> ASCENDENTE <input type="radio"/> DESCENDENTE <input type="radio"/> SE DESCONOCE		<input type="radio"/> ACCIÓN DE FRENADO <input type="radio"/> PARADO A LA DERECHA <input type="radio"/> PARADO A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> PARADO EN DOBLE FILA <input type="radio"/> ESTACIONADO O SALIENDO DEL ESTACIONAMIENTO <input type="radio"/> ESTACIONADO A LA DERECHA <input type="radio"/> ESTACIONADO A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	
SI HAY MÁS DE UN VEHÍCULO IMPLICADO Y CIRCULABAN POR LA MISMA VÍA <input type="radio"/> CIRCULABAN POR CALZADAS DIFERENTES <input type="radio"/> POR LA MISMA CALZADA <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE <input type="radio"/> CIRCULABAN POR EL MISMO CARRIL <input type="radio"/> CIRCULABAN POR CARRILES DISTINTOS <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		LUGAR POR EL QUE CIRCULABA EL VEHÍCULO <input type="radio"/> CARRIL DERECHO <input type="radio"/> CARRIL DE ACCELERACIÓN <input type="radio"/> CARRIL HABILITADO EN SENTIDO CONTRARIO <input type="radio"/> CARRIL IZQUIERDO <input type="radio"/> CARRIL DE DECELERACIÓN <input type="radio"/> CARRIL PARA CAMBIO DE SENTIDO/DIRECCIÓN <input type="radio"/> CARRIL CENTRAL <input type="radio"/> CARRIL DE TRENZADO <input type="radio"/> CARRIL BUS <input type="radio"/> CARRIL REVERSIBLE <input type="radio"/> CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN RÁPIDA <input type="radio"/> CARRIL VAO <input type="radio"/> ARCÉN HABILITADO <input type="radio"/> CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN LENTA <input type="radio"/> CARRIL TRANVÍA <input type="radio"/> MEDIANA <input type="radio"/> PISTA-BICI <input type="radio"/> CUNETA <input type="radio"/> ARCÉN <input type="radio"/> ACERA-BICI <input type="radio"/> ACERA-REFUGIO <input type="radio"/> CARRIL BICI <input type="radio"/> OTRO <input type="radio"/> CARRIL BICI PROTEGIDO <input type="radio"/> SE DESCONOCE			

1. Datos Personales			4. Conductor		
DATOS DEL CONDUCTOR			DATOS DEL CONDUCTOR		
NOMBRE Y APELLIDOS			NOMBRE Y APELLIDOS		
<input type="radio"/> NIF	<input type="checkbox"/> PASAPORTE	FECHA DE NACIMIENTO	<input type="radio"/> NIF	<input type="checkbox"/> PASAPORTE	FECHA DE NACIMIENTO
<input type="radio"/> TARIETA DE RESIDENCIA		---/---/---	<input type="radio"/> TARIETA DE RESIDENCIA		---/---/---
<input type="radio"/> OTRO			<input type="radio"/> OTRO		
SEXO			SEXO		
<input type="radio"/> H <input type="radio"/> M			<input type="radio"/> H <input type="radio"/> M		
<input type="radio"/> D			<input type="radio"/> D		
NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO)	POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO)		NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO)	POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO)	
<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	
LESIVIDAD	HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA (Nombre del hospital)		NO CONTABILIZABLE POR		
<input type="radio"/> FALLECIDO 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS <input type="radio"/> ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD	<input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE <input type="radio"/> SIN ASISTENCIA SANITARIA <input type="radio"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE <input type="radio"/> MUERTE NATURAL <input type="radio"/> SUICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE SUICIDIO <input type="radio"/> HOMICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE HOMICIDIO		
NORMAS DE CUMPLIMENTACIÓN Los selectores de color amarillo corresponden al vehículo 1. Igual sucede con el conductor y los pasajeros Los selectores de color azul corresponden al vehículo 2. Igual sucede con el conductor y los pasajeros					

2. Datos Permiso

PERMISO O LICENCIA DE CONDUCCIÓN (VEHÍCULOS A MOTOR)

FECHA EXPEDICIÓN: CLASE:

FECHA EXPEDICIÓN: CLASE:

SE DESCONOCE SE DESCONOCE

4. Conductor

CARACTERÍSTICAS DEL PERMISO

EN VIGOR CADUCADO ANULADO O SUSPENDIDO NO HA TENIDO NUNCA

CANJEADO (SI ES MOTORISTA) B AUTORIZADO 12SCC, SIN AI-A NO LO PRESENTA PÉRDIDA TOTAL DE PUNTOS DECLARADA

INAPROPIADO

3. Circunstancias

ACCESORIOS DE SEGURIDAD

CINTURÓN UTILIZADO CASCO UTILIZADO CASCO SUPUESTAMENTE EXPULSADO

CINTURÓN NO UTILIZADO CASCO NO UTILIZADO

SE DESCONOCE

OTROS ACCESORIOS DE SEGURIDAD

EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN EN

BRAZOS ESPALDA TORSO MANOS PIERNAS PIES

PRENDA REFLECTANTE

PRUEBA DE ALCOHOL

NO SE REALIZA PRUEBA NO, PORQUE SE NIEGA NO, PORQUE NO PUEDE PRUEBA EN AIRE

mg/l mg/l

mg/l mg/l

PRUEBA EN SANGRE

g/l g/l

SIGNOS DE INFLUENCIA

SIN SIGNOS CON SIGNOS

PRUEBA DE DROGAS

NO SE REALIZA PRUEBA EN SALIVA EN SANGRE OTRAS

SIGNOS DE INFLUENCIA

SIN SIGNOS CON SIGNOS

RESULTADO +/- → CONFIRMADO SI/NO

	Si	No	Si	No
AMP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BDZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
THC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OPI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
METH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTRAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MOTIVO DE DESPLAZAMIENTO

BUS EN TRANSPORTE DE MENORES BUS DE LÍNEA REGULAR BUS DE LÍNEA DISCRECIONAL EN MISIÓN (TRANSP. NO PROFESIONAL) OTRAS ACTIVIDADES PARTICULARES OCIO Y ENTRETENIMIENTO ACTIVIDAD DEPORTIVA PARTICULAR ESTUDIANTE HACIA CENTRO DE ESTUDIOS TRANSPORTE DE MENORES AL COLEGIO VACACIONES SE DESCONOCE

TRANSPORTE PROFESIONAL DE MERCANCÍAS TAXI BUS URBANO BUS ESCOLAR SERVICIO DE LIMPIEZA, RECOGIDA DE BASURA SERVICIO DE MANTENIMIENTO VIARIO BOMBEROS, POLICÍA, AMBULANCIA IN ITINERE (TRANSP. NO PROFESIONAL) EN PRÁCTICAS DE AUTOESCUELA SERVICIO AUXILIO EN CARRETERA

PRESUNTAS INFRACCIONES DEL CONDUCTOR

PRESUNTAMENTE NO EXISTE INFRACCIÓN ADELANTAR ANTI-REGLAMENTARIAMENTE FRENAR SIN CAUSA JUSTIFICADA NO MANTENER EL INTERVALO DE SEGURIDAD PARADO O EN ESTACIONAMIENTO PROHIBIDO O PELIGROSO SIN LUCES DE EMERGENCIA EN SU CASO, SIN TRIÁNGULO DE PRESEÑALIZACIÓN

NO RESPETAR EL STOP NO RESPETAR "CEDA EL PASO" NO RESPETAR EL SEMÁFORO NO RESPETAR LA NORMA GENÉRICA DE PRIORIDAD NO RESPETAR EL PASO DE PEATONES NO RESPETAR LAS INDICACIONES DE UN AGENTE NO RESPETAR OTRAS SEÑALES DE PRIORIDAD DE PASO INVADIR PARCIALMENTE EL SENTIDO CONTRARIO CIRCULAR EN ZIG ZAG GIRAR O CAMBIAR DE SENTIDO INCORRECTAMENTE CIRCULAR MARCHA ATRÁS DE MANERA INCORRECTA

CIRCULAR EN SENTIDO CONTRARIO CIRCULAR EN SENTIDO CONTRARIO

CIRCULAR POR LUGAR PROHIBIDO COMPETICIONES O CARRERAS SE DESCONOCE

PRESUNTAS INFRACCIONES DE VELOCIDAD

NINGUNA VELOCIDAD INADECUADA PARA LAS CONDICIONES DE LA VÍA SOBREPASAR LA VELOCIDAD ESTABLECIDA MARCHA LENTA ENTORPECIENDO LA CIRCULACIÓN SE DESCONOCE

OTRA INFRACCIÓN

NINGUNA CIRCULAR SIN LUZ CIRCULAR DESLUMBRANDO CARGA MAL ACONDICIONADA EXCESO DE CARGA DESPRENDIMIENTO DE CARGA APERTURA DE PUERTAS SIN PRECAUCIÓN

EXCESO DE OCUPANTES OTRA INFRACCIÓN

SE DESCONOCE

POSIBLE RESPONSABLE DEL ACCIDENTE

SI NO SE DESCONOCE

FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA ATENCIÓN Y PRESUNTOS ERRORES

FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR A LA ATENCIÓN

USO DE TELÉFONO MÓVIL USO DE MANOS LIBRES USO DE GPS USO DE RADIO, DVD, VIDEO, AURICULARES... FUMAR ACTIVIDADES SIMULTÁNEAS A LA CONDUCCIÓN (COMER, BEBER, BUSCAR OBJETOS...) INTERACCIÓN CON LOS OCUPANTES

PRESENCIA ACCIDENTE ANTERIOR MIRAR EL ENTORNO (PAISAJE, PUBLICIDAD, SEÑALES...) ESTAR PENSATIVO O ABSTRAIDO SUEÑO, CANSANCIO/FATIGA ENFERMEDAD SÚBITA/INDISPOSICIÓN NO SE Aprecia NINGÚN FACTOR

PRESUNTOS ERRORES DEL CONDUCTOR

NO SE Aprecia ERRORES NO VER UNA SEÑAL NO VER UN VEHÍCULO/PEATÓN/OBSTÁCULO... NO ENTENDER UNA SEÑAL DE TRÁFICO O CONFUNDIRLA INDECISIÓN, DEMORA O RETRASO EN TOMAR UNA DECISIÓN EJECUCIÓN INCORRECTA DE MANIOBRA/MANIOBRA INADECUADA OLVIDOS (INTERMITENTES, LUCES...)

INFORMACIÓN DE LOS PASAJEROS

PASAJERO NOMBRE Y APELLIDOS _____ NIF PASAPORTE T. DE RESIDENCIA OTRO **VEHÍCULO** **SEXO** HOMBRE MUJER DESCONOCIDO

PASAJERO FECHA DE NACIMIENTO ____/____/____ NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO) _____ POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO) _____ SE DESCONOCE

PASAJERO NOMBRE Y APELLIDOS _____ NIF PASAPORTE T. DE RESIDENCIA OTRO **VEHÍCULO** **SEXO** HOMBRE MUJER DESCONOCIDO

PASAJERO FECHA DE NACIMIENTO ____/____/____ NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO) _____ POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO) _____ SE DESCONOCE

POSICIÓN EN EL VEHÍCULO

TURISMO/CAMIÓN/AUTOBÚS

ASIENTO DELANTERO

ASIENTO DELANTERO CENTRAL

ASIENTO TRASERO IZQUIERDO

ASIENTO TRASERO DERECHO

ASIENTO TRASERO CENTRAL

OTROS ASIENTOS O LITERAS

DE PIE

NIÑO EN BRAZOS

2 RUEDAS/QUAD

POSICIÓN PASAJERO

PASAJERO ADICIONAL

LESIVIDAD

FALLECIDO 24 HORAS

INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS

INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS

ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO

ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD

ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA

ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE

SIN ASISTENCIA SANITARIA

SE DESCONOCE

HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA (Nombre del hospital) _____ SE DESCONOCE

ACCESORIOS DE SEGURIDAD

ADULTOS 4 RUEDAS

CINTURÓN SI

CINTURÓN NO

SE DESCONOCE

2 RUEDAS O QUAD O BICI

CASCO SI

CASCO NO

CASCO SUPUESTAMENTE EXPULSADO

SE DESCONOCE

NIÑOS HASTA 3 AÑOS Y PERSONAS HASTA 135 CM Y NIÑOS HASTA 12 AÑOS EN ASIENTOS DELANTEROS

SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL SI

CINTURÓN SI

NI SRI NI CINTURÓN DE SEGURIDAD

SE DESCONOCE

ACCIÓN ESPECIAL DEL PASAJERO

BAJANDO O SUBIENDO DEL VEHÍCULO

CAÍDA EN LA VÍA DESDE EL VEHÍCULO

CAÍDA DENTRO DEL BUS

OTROS ACCESORIOS DE SEGURIDAD

EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN (2 RUEDAS A MOTOR)

BRAZOS

ESPALDA

TORSO

MANOS

PIERNAS

PIES

PRENDA REFLECTANTE

NO CONTABILIZABLE POR

MUERTE NATURAL

SUICIDIO

INTENTO DE SUICIDIO

HOMICIDIO

INTENTO DE HOMICIDIO

PASAJERO NOMBRE Y APELLIDOS _____ NIF PASAPORTE T. DE RESIDENCIA OTRO **VEHÍCULO** **SEXO** HOMBRE MUJER DESCONOCIDO

PASAJERO FECHA DE NACIMIENTO ____/____/____ NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO) _____ POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO) _____ SE DESCONOCE

PASAJERO NOMBRE Y APELLIDOS _____ NIF PASAPORTE T. DE RESIDENCIA OTRO **VEHÍCULO** **SEXO** HOMBRE MUJER DESCONOCIDO

PASAJERO FECHA DE NACIMIENTO ____/____/____ NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO) _____ POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO) _____ SE DESCONOCE

POSICIÓN EN EL VEHÍCULO

TURISMO/CAMIÓN/AUTOBÚS

ASIENTO DELANTERO

ASIENTO DELANTERO CENTRAL

ASIENTO TRASERO IZQUIERDO

ASIENTO TRASERO DERECHO

ASIENTO TRASERO CENTRAL

OTROS ASIENTOS O LITERAS

DE PIE

NIÑO EN BRAZOS

2 RUEDAS/QUAD

POSICIÓN PASAJERO

PASAJERO ADICIONAL

LESIVIDAD

FALLECIDO 24 HORAS

INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS

INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS

ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO

ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD

ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA

ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE

SIN ASISTENCIA SANITARIA

SE DESCONOCE

HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA (Nombre del hospital) _____ SE DESCONOCE

ACCESORIOS DE SEGURIDAD

ADULTOS 4 RUEDAS

CINTURÓN SI

CINTURÓN NO

SE DESCONOCE

2 RUEDAS O QUAD O BICI

CASCO SI

CASCO NO

CASCO SUPUESTAMENTE EXPULSADO

SE DESCONOCE

NIÑOS HASTA 3 AÑOS Y PERSONAS HASTA 135 CM Y NIÑOS HASTA 12 AÑOS EN ASIENTOS DELANTEROS

SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL SI

CINTURÓN SI

NI SRI NI CINTURÓN DE SEGURIDAD

SE DESCONOCE

ACCIÓN ESPECIAL DEL PASAJERO

BAJANDO O SUBIENDO DEL VEHÍCULO

CAÍDA EN LA VÍA DESDE EL VEHÍCULO

CAÍDA DENTRO DEL BUS

OTROS ACCESORIOS DE SEGURIDAD

EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN (2 RUEDAS A MOTOR)

BRAZOS

ESPALDA

TORSO

MANOS

PIERNAS

PIES

PRENDA REFLECTANTE

NO CONTABILIZABLE POR

MUERTE NATURAL

SUICIDIO

INTENTO DE SUICIDIO

HOMICIDIO

INTENTO DE HOMICIDIO

PASAJERO NOMBRE Y APELLIDOS _____ NIF PASAPORTE T. DE RESIDENCIA OTRO **VEHÍCULO** **SEXO** HOMBRE MUJER DESCONOCIDO

PASAJERO FECHA DE NACIMIENTO ____/____/____ NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO) _____ POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO) _____ SE DESCONOCE

PASAJERO NOMBRE Y APELLIDOS _____ NIF PASAPORTE T. DE RESIDENCIA OTRO **VEHÍCULO** **SEXO** HOMBRE MUJER DESCONOCIDO

PASAJERO FECHA DE NACIMIENTO ____/____/____ NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO) _____ POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO) _____ SE DESCONOCE

POSICIÓN EN EL VEHÍCULO

TURISMO/CAMIÓN/AUTOBÚS

ASIENTO DELANTERO

ASIENTO DELANTERO CENTRAL

ASIENTO TRASERO IZQUIERDO

ASIENTO TRASERO DERECHO

ASIENTO TRASERO CENTRAL

OTROS ASIENTOS O LITERAS

DE PIE

NIÑO EN BRAZOS

2 RUEDAS/QUAD

POSICIÓN PASAJERO

PASAJERO ADICIONAL

LESIVIDAD

FALLECIDO 24 HORAS

INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS

INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS

ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO

ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD

ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA

ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE

SIN ASISTENCIA SANITARIA

SE DESCONOCE

HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA (Nombre del hospital) _____ SE DESCONOCE

ACCESORIOS DE SEGURIDAD

ADULTOS 4 RUEDAS

CINTURÓN SI

CINTURÓN NO

SE DESCONOCE

2 RUEDAS O QUAD O BICI

CASCO SI

CASCO NO

CASCO SUPUESTAMENTE EXPULSADO

SE DESCONOCE

NIÑOS HASTA 3 AÑOS Y PERSONAS HASTA 135 CM Y NIÑOS HASTA 12 AÑOS EN ASIENTOS DELANTEROS

SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL SI

CINTURÓN SI

NI SRI NI CINTURÓN DE SEGURIDAD

SE DESCONOCE

ACCIÓN ESPECIAL DEL PASAJERO

BAJANDO O SUBIENDO DEL VEHÍCULO

CAÍDA EN LA VÍA DESDE EL VEHÍCULO

CAÍDA DENTRO DEL BUS

OTROS ACCESORIOS DE SEGURIDAD

EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN (2 RUEDAS A MOTOR)

BRAZOS

ESPALDA

TORSO

MANOS

PIERNAS

PIES

PRENDA REFLECTANTE

NO CONTABILIZABLE POR

MUERTE NATURAL

SUICIDIO

INTENTO DE SUICIDIO

HOMICIDIO

INTENTO DE HOMICIDIO

DATOS DEL PEATÓN

NOMBRE Y APELLIDOS

<input type="radio"/> NIF <input type="radio"/> PASAPORTE <input type="radio"/> TARJETA DE RESIDENCIA <input type="radio"/> OTRO	FECHA DE NACIMIENTO / /	SEXO <input type="radio"/> H <input type="radio"/> M <input type="radio"/> D	NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO) <input type="radio"/> SE DESCONOCE	POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO) <input type="radio"/> SE DESCONOCE
---	----------------------------	--	--	--

LESIVIDAD <input type="radio"/> FALLECIDO 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS <input type="radio"/> ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE <input type="radio"/> SIN ASISTENCIA SANITARIA <input type="radio"/> SE DESCONOCE HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	NO CONTABILIZABLE POR <input type="radio"/> MUERTE NATURAL <input type="radio"/> SUICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE SUICIDIO <input type="radio"/> HOMICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE HOMICIDIO ACCESORIOS DE SEGURIDAD <input type="radio"/> SIN REFLECTANTES <input type="radio"/> CON CHALECO <input type="radio"/> CON OTRO REFLECTANTE <input type="radio"/> SE DESCONOCE	PRUEBA DE ALCOHOL <input type="radio"/> NO SE REALIZA PRUEBA <input type="radio"/> NO, PORQUE SE NEGIA <input type="radio"/> NO, PORQUE NO PUEDE <input type="radio"/> PRUEBA EN AIRE mg/l _____ mg/l _____ <input type="radio"/> PRUEBA EN SANGRE g/l _____ SIGNOS DE INFLUENCIA <input type="radio"/> SIN SIGNOS <input type="radio"/> CON SIGNOS	PRUEBA DE DROGAS <input type="radio"/> NO SE REALIZA PRUEBA <input type="radio"/> EN SALIVA <input type="radio"/> EN SANGRE <input type="radio"/> OTRAS SIGNOS DE INFLUENCIA <input type="radio"/> SIN SIGNOS <input type="radio"/> CON SIGNOS RESULTADO +/- → CONFIRMADO SI/NO AMP <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Si No BDZ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Si No COC <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Si No THC <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Si No OPI <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Si No METH <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Si No OTRAS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Si No (SÍ/EL RESULTADO ES +)
---	---	--	---

MOTIVO DE DESPLAZAMIENTO

<input type="radio"/> SERVICIO DE LIMPIEZA, RECOGIDA DE BASURA	<input type="radio"/> IN ITINERE	<input type="radio"/> TRANSPORTE DE MENORES AL COLEGIO
<input type="radio"/> SERVICIO DE MANTENIMIENTO VIARIO	<input type="radio"/> EN MISIÓN	<input type="radio"/> OTRAS ACTIVIDADES
<input type="radio"/> BOMBEROS, POLICÍA, AMBULANCIA	<input type="radio"/> OCIO Y ENTRETENIMIENTO	<input type="radio"/> SE DESCONOCE
<input type="radio"/>	<input type="radio"/> ESTUDIANTE HACIA CENTRO DE ESTUDIOS	

ACCIÓN DEL PEATÓN PREVIA AL ACCIDENTE <input type="radio"/> SALIENDO ENTRE VEHÍCULOS APARCADOS <input type="radio"/> EN LA CALZADA DELANTE DE LA PARADA DEL BUS <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA JUSTO ANTES DE UNA INTERSECCIÓN <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA JUSTO DESPUÉS DE UNA INTERSECCIÓN <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA EN INTERSECCIÓN <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA EN SECCIÓN <input type="radio"/> CAMINANDO O PARADO EN LA ACERA O REFUGIO	<input type="radio"/> CAMINANDO POR LA CALZADA O ARCÉN <input type="radio"/> PARADO EN LA CALZADA O ARCÉN <input type="radio"/> TRABAJANDO EN LA CALZADA O ARCÉN <input type="radio"/> REPARANDO EL VEHÍCULO <input type="radio"/> SERVICIO AUXILIO EN CARRETERA <input type="radio"/> PRECIPITACIÓN A LA VÍA (PUENTE, EDIFICIO...) <input type="radio"/> IRRUMPE EN LA CALZADA CORRIENDO/JUGANDO <input type="radio"/> AUXILIANDO ACCIDENTE ANTERIOR <input type="radio"/> SE DESCONOCE	PRESUNTAS INFRACCIONES DEL PEATÓN <input type="radio"/> NINGUNA INFRACCIÓN <input type="radio"/> NO RESPETA SEMAFORO DE PEATONES <input type="radio"/> NO CRUZA POR PASO PARA PEATONES <input type="radio"/> ESTÁ O CAMINA POR LA VÍA ANTIRREGLEMENTARIAMENTE <input type="radio"/> NO OBEDECE LAS INDICACIONES DEL AGENTE <input type="radio"/> OTRAS INFRACCIONES <input type="radio"/> SE DESCONOCE POSIBLE RESPONSABLE DEL ACCIDENTE <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE
---	--	--

FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR A LA ATENCIÓN <input type="radio"/> USO DE TELÉFONO MÓVIL <input type="radio"/> USO DE RADIO, DVD, VIDEO, AURICULARES... <input type="radio"/> PRESENCIA ACCIDENTE ANTERIOR <input type="radio"/> MIRAR EL ENTORNO (PAISAJE, PUBLICIDAD, SEÑALES...)	<input type="radio"/> ESTAR PENSATIVO O ABSTRAIDO <input type="radio"/> ENFERMEDAD SÚBITA/INDISPOSICIÓN <input type="radio"/> NO SE APRECIA NINGÚN FACTOR	PRESUNTOS ERRORES DEL CONDUCTOR / PEATÓN <input type="radio"/> NO SE APRECIAN ERRORES <input type="radio"/> NO VER UNA SEÑAL <input type="radio"/> NO VER UN VEHÍCULO/PEATÓN/OBSTÁCULO... <input type="radio"/> NO ENTENDER UNA SEÑAL DE TRÁFICO O CONFUNDIRLA	<input type="radio"/> INDECISIÓN, DEMORA O RETRASO EN TOMAR UNA DECISIÓN <input type="radio"/> EJECUCIÓN INCORRECTA DE MANIOBRA/MANIOBRA INADECUADA
---	---	---	--

SECUENCIA DEL ACCIDENTE

(CUMPLIMENTAR SÓLO EN CASO DE ACCIDENTES GRAVES O MORTALES)

Los vehículos se identificarán como V1, V2, V3, V...

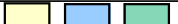
Los peatones se identificarán como P1, P2, P3, P...

Los conductores que hayan sido atropellados (se han caído del vehículo, estaban subiendo o bajando del mismo...) se identificarán como C. Se le asignará un número C1, C2, C3 teniendo en cuenta el vehículo en que viajaban). En el caso de los pasajeros se utilizará PA1, PA2... siguiendo la misma lógica.

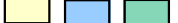
MÉTODO METRAS DE SECUENCIACIÓN DEL ACCIDENTE

UNIDADES IMPLICADAS	EVENTOS	SUCESO MÁS GRAVE

Ejemplar 1:



Ejemplar 2:



Ejemplar 3:



Como guía puede identificar en estos diagramas a qué ejemplar en papel corresponde cada vehículo o peatón (si hay más de dos vehículos o más de un peatón) y el color que lo representa en papel (V1, P1...).

NOTA: El vehículo o peatón que haya intervenido en primer lugar en un evento del accidente se situará en la primera columna de la secuenciación, y así sucesivamente. En el caso de vehículos que han intervenido en el accidente pero no han sufrido directamente las consecuencias del mismo se indicarán en la tabla y se indicará: Evento 59.

TIPOS DE EVENTOS:

COLISIÓN ENTRE VEHÍCULOS

1. COLISIÓN FRONTAL
2. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO DERECHO
3. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO IZQUIERDO
4. COLISIÓN LATERAL O REFLEJA
5. RASPADO POSITIVO
6. RASPADO NEGATIVO
7. COLISIÓN POR DETRÁS, ALCANCE O EN CARAVANA
8. ALCANCE INVERSO
9. COLISIÓN POSTERIOR-LATERAL
10. EMPOTRAMIENTO

ATROPELLO

11. ATROPELLO A PERSONA
12. ATROPELLO A ANIMAL →

CAÍDA

13. CAÍDA EN LA VÍA
14. CAÍDA DE PASAJERO DENTRO DE BUS

CHOQUE CONTRA OBSTÁCULO

15. ELEMENTOS DE OBRAS
16. CONOS U OTROS ELEMENTOS DE BALIZA MÓVILES
17. VALLA (NO BARRERA DE SEGURIDAD)
18. DESPRENDIMIENTOS DE PIEDRA O VEGETACIÓN
19. VEHÍCULO DETENIDO
20. CARGA O ELEMENTOS DE OTROS VEHÍCULOS
21. VEHÍCULOS IMPLICADOS EN ACCIDENTE PREVIO

SALIDA DE LA CALZADA

22. SALIDA POR LA DERECHA
23. SALIDA POR LA IZQUIERDA
24. SALIDA EN LÍNEA RECTA
25. CRUCE DE MEDIANA
26. INVASIÓN DE OTRA VÍA O CALZADA
27. RETORNO A LA VÍA

CHOQUE CONTRA ELEMENTOS FIJOS

28. GLORIETA
29. REFUGIO/ISLETA
30. BORDILLO
31. BOLLARDOS
32. SEÑAL DE TRÁFICO
33. SETOS, ARBUSTOS
34. ÁRBOL
35. FAROLA O POSTE
36. CONTENEDOR
37. FUENTE O ESTATUA
38. PARADA DE BUS
39. BARRERA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
40. BARRERA DE PASO A NIVEL
41. AMORTIGUADORES DE IMPACTO
42. PASO SALVACUNETAS
43. PUENTE O TÚNEL
44. DIQUE, MURO DE CONTENCIÓN
45. CASA, MURO O EDIFICIO
46. MURO DE NIEVE O HIELO
47. ROCA
48. OTROS ELEMENTOS

VUELCO, INCENDIO, REVENTÓN, OTRO TIPO

49. GIROS SOBRE SÍ MISMO
50. VUELTAS DE TONEL O DE CAMPANA
51. VUELCO DEL VEHÍCULO
52. INCENDIO DEL VEHÍCULO
53. DESPEÑAMIENTO
54. INMERSIÓN
55. DESPLAZAMIENTO DE LA CARGA
56. SEPARACIÓN DE UNIDADES DE CARGA
57. DESPRENDIMIENTO DE CARGA
58. OTRO TIPO DE SUCESO

VEHÍCULO IMPLICADO SIN EVENTO

59. SIN EVENTO O IMPLICADO SIN CHOQUE NI COLISIÓN

DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE: NO PODRÁ CONTENER DATOS DE CARÁCTER PERSONAL

CROQUIS

OBSERVACIONES PODRÁN CONTENER DATOS DE CARÁCTER PERSONAL

FACTORES CONCURRENTES

A) CONDUCCIÓN DISTRAIDA O DESATENTA:

C) NO RESPETAR PRIORIDAD:

E) ADELANTAMIENTO ANTIRREGLEMENTARIO:

G) CONDUCCIÓN NEGLIGENTE:

I) IRRUMPIR ANIMAL EN CALZADA:

K) ALCOHOL:

M) ESTADO O CONDICIÓN DE LA VÍA:

O) CANSANCIO O SUEÑO:

Q) AVERÍA MECÁNICA:

S) MAL ESTADO DEL VEHÍCULO:

U) ESTADO O CONDICIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN:

W) OTRO FACTOR:

B) VELOCIDAD INADECUADA:

D) NO MANTENER INTERVALO DE SEGURIDAD:

F) GIRO INCORRECTO:

H) CONDUCCIÓN TEMERARIA:

J) IRRUMPIR PEATÓN EN CALZADA:

L) DROGAS:

N) METEOROLOGÍA ADVERSA:

P) INEXPERIENCIA CONDUCTOR:

R) TRAMO EN OBRAS:

T) ENFERMEDAD:

V) OBSTÁCULO EN CALZADA:

