

電動自行車與腳踏自行車和輕型機車交通事故傷害嚴重度比較

Comparison of Traffic Injury Severity between Electric Bicycle, Pedaling Bicycle and Light Motorcycle Accidents

王銘亨 Ming-Heng Wang¹

摘要

為了解電動自行車的安全性，本研究以近四年電動自行車有關之交通事故的傷亡情形進行分析，並與傳統人力(腳踏)自行車與輕型機車的交通事故傷亡特性及致死風險比較。結果顯示電動自行車騎士的事故致死風險，較腳踏自行車和輕型機車騎士低，但因為電動自行車的使用者平均年齡較低，且騎士的特性和車輛操作靈活度與其他車種均有差異，難以認定騎電動自行車會比腳踏自行車更為安全。而影響電動(輔助)自行車騎士的致死風險，主要以騎士本身的特性有關，男性騎士、未戴安全帽，外國籍騎士都會使致死的風險增加，建議優先針對外籍移工使用電動自行車族群，加強騎乘訓練與交通安全教育，並落實電動自行車騎士在發生交通事故後接受酒精濃度檢測。未來研究應細分傷害部位及嚴重等級，並針對死亡和重傷案件進行個案分析，確實了解造成傷害嚴重度的原因，作為後續是否應限制或鼓勵電動自行車使用之政策參考。

關鍵詞：電動自行車、電動輔助自行車、腳踏自行車、交通事故傷害嚴重度、致死風險

¹ 臺灣警察專科學校交通管理科副教授 (聯絡地址：11696 臺北市文山區興隆路 3 段 153 號，電話：(02)22308512-4#3105，E-mail: wang.mingheng@gmail.com)。

Abstract

To better understand the safety of electric bicycles, this study analyzes the casualties of electric bicycles in the recent four years and compares them with pedaling bicycles and light motorcycles. The results show that the fatal risk of electric bicyclists is lower than that of conventional bicyclists and light motorcyclists. However, as the age distribution of electric bicyclists and their characteristics and operation flexibilities are different from those of other types of vehicles, it is still difficult to conclude that riding electric bicycles is safer than riding pedaling bicycles. The risk of fatality for electric bicyclists is mainly related to the characteristics of the riders themselves. Male foreigners who do not wear a helmet have an increased risk of fatality. It is recommended to require foreign electric bicyclists to take riding training and traffic safety education lessons and make sure that the electric bicyclists are tested for alcohol concentration in the event of a traffic crash. Future research should subdivide the injury parts and severity levels and conduct case studies for death and severe injury cases to truly understand the factors affecting the severity of the injury. Precise injury severity classification will be helpful in determining the policy for electric bicycles management and whether use of them should be discouraged or encouraged in the future.

Keywords: *Electric bicycle, Electric-assisted bicycle, Pedaling bicycle, traffic injury severity, fatal risk*

一、前言

近年來，由於民眾使用電動自行車數量增加，交通事故案件、死亡人數也逐年增加，政府交通管理單位除已修法加強電動自行車的使用規範，如應配戴安全帽，及不得改裝限速器之外，目前正規劃將電動自行車納入監理系統進行管理，期能提升電動自行車的安全。交通事故的頻次和死亡人數的增加，與使用需求量增加有關，但是否使用電動自行車，相較於使用傳統人力腳踏自行車會比較不安全，又或會造成較嚴重的事故傷害，目前國外內並無相關的研究或文獻予以證實。依據近 10 年交通事故統計資料，有關傳統腳踏自行車、電動自行車、電動輔助自行車及輕型機車騎士(含乘客)因交通事故致死人數分佈(如圖 1)，電動自行車死亡人數有逐漸增多的現象，但輕型機車的死亡人數卻也明顯降低，且降低幅度更大，由於二行程輕型機車逐年淘汰，可能是輕型機車使用量減少的原因，但騎士是否因而改使用電動自行車，或改使用普通重型機車，目前亦無相關文獻探討。但依據交通部公路總局車輛登記數量資料，輕型機車自 2011 年的 3,600,944 輛，逐年減少，到 2020 年底僅剩下 769,922 輛，共減少 2,831,022 輛。而重型機車數為自 2011 年的 11,572,658 輛，逐年增加，到 2020 年底時共有 13,333,841 輛，增加 1,761,183 輛，或許有部分輕型機車騎士轉而使用電動自行車，而使電動自

電動自行車與腳踏自行車和輕型機車交通事故傷害嚴重度比較

行車使用量增加。另由於外籍人士多數並無機車駕駛執照，平日的交通移動，有多數人使用不需駕駛執照之電動自行車，也使得使用電動自行車的族群有超過 30% 為外籍人士，相對的也使的事故的頻次和死亡人數增加。

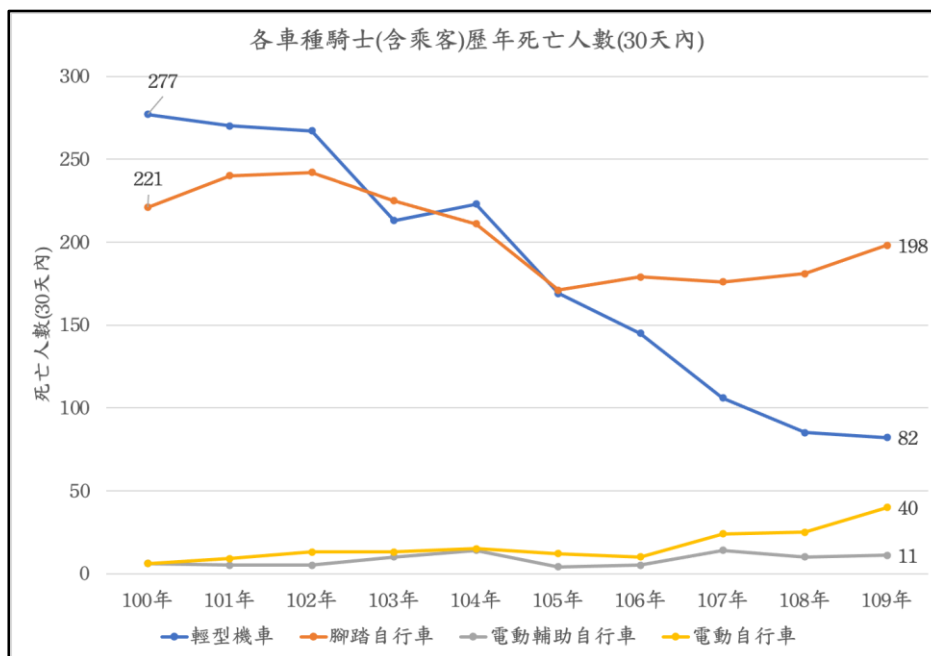


圖 1 腳踏、電動(輔助)自行車、輕型機車歷年交通事故死亡人數變化
(資料來源：道安資訊平台)

電動自行車的結構、操作特性和可行駛速率，大概介於腳踏自行車和輕型機車之間，發生交通事故的特性及傷害風險可能類似，或有可能不同，為了解其間的差異，本研究針對近年來電動自行車交通事故的傷亡情形進行分析，並與傳統人力(腳踏)自行車和輕型機車的交通事故傷亡特性及嚴重度(致死率)進行比較分析，透過本研究的結果，期望能回答下列問題：

1. 電動自行車發生交通事故的頻次和嚴重度(致死風險)，相較於腳踏自行車、輕型機車為何？
2. 影響電動自行車騎士事故嚴重傷害的關鍵因子為何？與腳踏自行車、輕型機車間有何差異？
3. 電動自行車對其他弱勢用路人(行人)的危害情形為何？

限於目前警方所紀錄的交通事故資料中的事故傷害分類，僅分為死亡和受傷，並未針對受傷的嚴重程度進行分類，因此，本研究有關事故傷害嚴重度，係以事故資料庫中的死亡(含 30 天內死亡)為嚴重傷害，其餘則均列

為未嚴重傷害，即致死和非致死等二項分類。為能了解影響騎士的致死風險，本研究首先以敘述統計方法，依各車種騎士的特性，計算涉入交通事故的次數分佈，及致死的比率分佈情形，再依逐步邏輯迴歸(stepwise logistic regression)方法進行建模，分析顯著影響因子，以及各變項間致死機率的勝算比，以了解其對事故傷害死亡的風險，並針對研究結果進行探討，最後提出建議，提供交通管理單位參考。

二、文獻回顧

近年來各國的電動自行車數量以及交通事故的案件都逐年增加，各國陸續訂定相關管理措施，相關研究也開始著重在電動自行車的事故特性和傷害嚴重度分析。本文針對各國有關電動自行車的管理法規和措施進行簡介，以及電動自行車和傳統腳踏自行車的事故特性和傷害嚴重情形進行比較的文獻進行回顧。

2.1 電動自行車定義與管理

各國在電動自行車的定義和管理作為都有一些差異，我國目前有關電動自行車的定義係以車重、允許最大行駛速率為基準，主要以行駛速率不能超過 25 公里/小時為主，若具有腳踏板，以人力腳踩供電為動力，則歸類為「電動輔助自行車」；若無腳踏板，而純粹以電池供電為動力，則歸類為「電動自行車」，兩者均列為「慢車」管理，除需審驗合格之外，電動自行車騎士並有規範必須配戴安全帽，但並無使用上的限制，如年齡或使用道路範圍的限制，除部分縣市另有公告禁止行駛人行道或自行車專用道之外(新北市政府，2020)，依現行道路交通法規，均以自行車使用管理。

多數國家對於電動自行車規定則必須在一定速度和功率限制下，以腳踏人力為主的電動輔助自行車(electrically assisted pedal cycles, EAPC)，才可以不納入一般車輛型式審驗管理，如歐盟規定功率 250 瓦、速率 25 公里/小時以下。若無腳踏板，以電力為主的電動自行車，或高速率(最大可達 45 公里/小時)之具有腳踏板之電動自行車，在歐美或中國、日本等國家皆歸類於電動機車，必須納入一般車輛管理範圍(顏家銘，2018)。

各國對於不屬於一般車輛管理範圍的電動輔助自行車，多數也沒有使用上的限制，和一般腳踏自行車一樣，可以在任何道路行駛，包含自行車道(Bike Europe, 2017)。但英國則另有規定須年滿 14 歲，才能使用電動輔助自行車(Gov UK, 2022)，但並不需要保險、也無強制配戴安全帽的規定。但

若是列入一般車輛管理的電動自行車，以荷蘭為例，即便是有腳踏板的高速電動自行車(速率最大可達 45 公里/小時、功率大於 250 瓦)，其使用的規定為(Gov Netherlands, 2022)：

- 1.必須領有黃色的輕機車牌照，才能在公共道路上行駛。
- 2.騎士必須年滿 16 歲並持有輕型機車駕駛執照。
- 3.必須佩戴經合格檢驗的機車安全帽（標準 ECE 22.05）或經核准的電動自行車頭盔（標準 NTA 8776:2016）。
- 4.高速電動自行車必須投保強制汽車責任險。
- 5.必須領有車輛行照。
- 6.可以行駛於自行車和輕型機車共用的道路或一般道路上，不可以在腳踏自行車專用道上行駛。

國內現行法規所規定的電動自行車在國外都是認定為電動機車，須納入一般車輛管理，且有較嚴謹的規範。目前國內法規僅就速率和安全帽使用有規範和限制，然使用年齡和道路範圍限制，並無明確規範，對於交通安全的危害情形，究竟較類似腳踏自行車，或是輕型機車，過去並無相關研究。

2.2 電動自行車事故傷害研究

在瑞士，Weber (2014)等人比較 504 名電動自行車和 871 名腳踏自行車騎士的交通事故，發現電動自行車的自撞事故比率較高，使用安全帽的比率也較高，但分析事故傷害的嚴重程度時發現，從他們的研究尚無法判斷電動自行車和腳踏自行車何者會導致較嚴重的事故傷害。

在荷蘭，Schepers 等人(2014) 以邏輯迴歸方法比較電動自行車和腳踏自行車的事故傷害需急診救治的情形，透過問卷調查的方式發現，電動自行車較易發生需要緊急救護的交通事故，但電動自行車和腳踏自行車的事故傷害嚴重程度幾乎相同。Cherry and MacArthur (2019) 回顧多篇在歐洲和北美洲有關電動自行車安全的研究，結果認為並無明顯的證據可證明是否電動自行車在特定的狀況下，較腳踏自行車安全。電動自行車的速度較快，但因有最高的速率限制，速率不會太快，但可縮短旅行的時間是受喜好的原因之一，但速率增加會產生衝突，可能會造成其他用路人的困擾，弱勢族群，如高齡者的事故傷害情形也會增加。而電動自行車較易發生自撞事故，該研究建議應製訂相關法規，針對電動自行車的設計應兼顧創新和提升使用者的安全為目標。

Longford 等人(2015)以 GPS 追蹤腳踏自行車和電動自行車的違規駕駛行為，如逆向或違反標誌管制，結果發現除了速率之外，兩者的違規行為並無顯著差異。不過根據一份北美電動自行車使用者的問卷調查顯示(MacArthur et al., 2014)大多數的電動自行車騎士認為和腳踏自行車相比較，電動自行車比較安全。

Spörri 等人(2021)調查比較 67 件電動自行車、1141 件腳踏自行車和 588 件機車事故的交通事故受傷型態，結果發現電動自行車的傷害型態與腳踏自行車類似，機車的事故型態則因事故時行車速率較高、保護設備和車輛結構則與電動自行車不同。但與騎腳踏自行車的人相比，電動自行車騎士發生事故的年齡較高，顱腦外傷的比率也增加，該研究建議高齡或未經訓練的電動自行車騎士，因反應較慢，應使用安全帽和接受駕駛訓練。

Schepers 等人(2020)調查曾經接受交通事傷害救治與未曾有事故的電動自行車和腳踏自行車騎士，以邏輯特迴歸評估交通事故傷害嚴重程度和健康狀態的差異。結果發現電動自行車騎士的健康狀況較腳踏自行車騎士差，但較不會造成嚴重的交通事故傷害。而高齡女性電動自行車騎士有較高的風險，且易造成嚴重的傷害。但與健康有關的因素，如疾病、藥物使用和體脂肪指數，與碰撞機率和傷害嚴重程度並不相關，因此，無法解釋高齡女性騎士的高風險情形。但有平衡和協調問題的騎士，以及使用抗癲癇藥物都與事故發生有關。該研究亦發現女性在電動自行車上、下車時易有跌倒現象，建議應調整座椅的高度，以增加電動自行車的安全性。

DiMaggio (2019)等人分析 2000 至 2017 年電動自行車、電動滑板(powered Scooters)和腳踏自行車騎士交通事故傷害的型態，發現電動自行車騎士較易受到身體內部傷害和送醫救治，電動滑板騎士被診斷為腦震盪的機率是電動自行車騎士的三倍，在電動自行車有關的事故傷害，與行人發生事故的機率是輕型機車和腳踏自行車的三倍，但並無證據顯示電動滑板車撞擊行人的機率會比腳踏自行車撞擊行人的機率較高。以人口計算使用腳踏自行車受傷率逐漸下降，特別是兒童，但電動自行車受傷的比率則急速增加，特別是高齡者。

針對影響電動自行車騎士事故傷害嚴重程度因子，Yuan 等人(2017)調查 2009-2015 年 150 件電動自行車事故傷害案件，以邏輯特分析顯著影響事故傷害嚴重度影響因子，結果發現高齡者和年輕的騎士較易涉入死亡傷害事故，電動自行車事故易發生在城郊、較高速限的道路。邏輯特模式分析的結果發現高齡者騎士會增加事故死亡機率，但在交通離峰時間，高齡的對造車輛駕駛人則會降低導致死亡事故的機率。

由於國外多數國家和國內的道路交通環境迥異，影響事故傷亡的關鍵要素應會有所差異，如荷蘭有較多的自行車專用道，但納管的電動自行車是不可以於自行車道上行駛，而國內的自行車專用道並不常見於一般道路上，法規對於電動自行車的使用道路範圍，並無明確的規範，但大都必須在慢車道或混合車道中，與機車和汽車共道行駛，特別是一般機車允許在慢車道行駛，但卻又非慢速行駛，造成慢車道上各種車種的速差較大，也是國內道路交通環境的特色。針對國內電動自行車的事故特性和嚴重度影響因子，Wang 和 Schrock (2021)以 2011-2018 年電動自行車有關的事故，探討電動自行車的事故特性，並應用邏輯迴歸分析事故致死機率的影響因子，結果發現大多數的電動自行車事故發生在市區道路、路口，且以側撞事故，與機車、男性的駕駛的車輛、直行車發生碰撞為主，發生事故的電動自行車騎士則女性、高齡者較多。而影響事故傷害致死機率因子包括電動自行車騎士的性別、年齡、安全帽使用情形、對造車輛的種類、是否有酒駕有關，男性、年紀超過 55 歲、以及沒有戴安全帽，都會增加導致死亡事故的機率。

三、資料與研究方法

3.1 研究資料與限制

本研究以 2017-2020 年(計四年)內政部警政署交通事故死傷(A1+A2)資料庫為基礎，篩選所有事故中所有腳踏自行車、電動輔助自行車、電動自行車，以及輕型機車涉入的案件進行統計分析。警政署交通事故資料庫紀錄全國各縣市交通事故中，至少有一人受傷或死亡案件，內容包含交通事故發生的時間、地點、天候、道路基本特性、事故撞擊型態，事故當事人的基本資料，駕駛車種、安全配備(安全帽)使用情形、事故前運行狀況，受傷位置、傷害的嚴重程度，以及初步判斷的肇事主因和當事人個別的肇事原因。

由於員警所記錄的交通事故調查報告表項目分類較詳細，部分細項案件數量較少，為利於統計分析，其中所關道路幾何特性資料，本研究將道路的幾何型態和交通管制方式綜合，重新分類為路段、號誌化路口、閃光號誌路口和無號誌化路口；道路中央分隔設施和快慢分隔設施，則分為無分隔、以標線分隔及具實體分隔等三類。發生事故時的光線則分為白天自然光、夜間有街燈、夜間無街燈照明及晨昏時段的光線等四類；天候狀況則分為好天及壞天(含雨天、暴風雨、雪等)兩類。事故地點的土地使用分區分為「市區」和「郊區」二類，係依交通事故調查報告表中，記錄為「市區道路」列為市區，其餘為郊區。

員警所記錄的當事人受傷的嚴重情形分為 4 類，分別為當事人於當場或 24 小時死亡、30 天內死亡、受傷和未受傷。因為警政署的資料並未針對事故傷害的嚴重度分類，且記錄資料，並未包含僅有財損的案件，因此，本研究事故傷害嚴重度的分類僅分為兩類，以綜合加總員警所紀錄的 30 內死亡和當場或 24 小時內死亡為「死亡事故」類別，另受傷或未受傷者列為「未死亡事故」類。當事人是否酒駕，則以有記錄的酒精濃度值分為「無飲酒」、「有飲酒」、及「未測量或不明」等三類，由於當事人接受酒測值並未能精確代表實際發生事故時體內的酒精濃度，故本研究僅針對有無飲酒對事故傷害的影響，不探討飲酒後呼氣或血液酒精濃度是否超出法定允許值。

本研究的重點以各類自行車和輕型機車為研究主體，有關對造車輛的資料，如車種或駕駛人特性並不詳列，但為了解大型車、酒駕及自撞事故對各種事故傷害的影響，本研究將對造事故車輛是否為大型車(大貨車、聯結車或大客車)、對造車輛駕駛人是否有明確紀錄「飲酒」，即酒精濃度值大於零，以及自撞事故，重新編碼列入獨立變數進行分析。自撞事故則僅以事故發生僅有當事車輛一部車為自撞事故為主，若事故型態為自撞，但涉及其他車輛，則因從事故資料無法得知何者先自撞，再撞擊其他車輛，故排除涉及其他車輛之自撞事故案件。

依據 2017-2020 年交通事故資料，與各類自行車和輕型機車有關之事故共有 122,065 件，經剔除資料有缺漏，如年齡、性別不詳等資料，當事人共計 130,502 人，其中腳踏自行車有 55,272 人，493 人死亡、電動輔助自行車共有 4,286 人，30 人死亡、電動自行車共有 21,091 人，75 人死亡，輕型機車共有 49,853 人，249 人死亡。相關事故、當事人及道路特性變數及各類別之人數、死亡人數及比率整理如表 1。

另由於腳踏自行車和電動自行車目前並未納入監理車輛管理系統，除了輕型機車之外，並無詳細的數量統計，或曝光量的資料，難以針對肇事率進行比較分析，因此，本研究以事故發生後，造成當事人的傷害嚴重度為範圍，分析並比較影響各車種事故傷害嚴重度的關鍵因子，和對於死亡風險的差異。

電動自行車與腳踏自行車和輕型機車交通事故傷害嚴重度比較

表 1 相關事故、當事人及道路特性資料及分類

變數	分類	人數	占比	死亡人數	死亡比率	變數	分類	人數	占比	死亡人數	死亡比率
全部	全部	130,502	100.0%	847	0.6%						
當事人及事故特性						道路幾何特性					
車種	腳踏自行車	55,272	42.4%	493	0.9%	時間	T00-04	1,766	1.4%	30	1.7%
	電動輔助自行車	4,286	3.3%	30	0.7%		T04-08	17,147	13.1%	169	1.0%
	電動自行車	21,091	16.2%	75	0.4%		T08-12	34,871	26.7%	205	0.6%
	輕型機車	49,853	38.2%	249	0.5%		T12-16	24,606	18.9%	138	0.6%
性別	女性	65,260	50.0%	326	0.5%		T16-20	37,794	29.0%	220	0.6%
	男性	65,242	50.0%	521	0.8%		T20-24	14,318	11.0%	85	0.6%
年齡	18歲以下	21,672	16.6%	33	0.2%	日期型態	平常日	91,866	70.4%	629	0.7%
	18-24歲	10,232	7.8%	13	0.1%		週末假日	38,636	29.6%	218	0.6%
	25-34歲	12,046	9.2%	38	0.3%		不佳(壞)	10,082	7.7%	62	0.6%
	35-44歲	12,626	9.7%	39	0.3%		好天	120,420	92.3%	785	0.7%
	45-54歲	13,923	10.7%	63	0.5%	燈光	白天日光	94,385	72.3%	556	0.6%
	55-64歲	20,033	15.4%	140	0.7%		暗黑有照明	30,324	23.2%	217	0.7%
	65歲以上	39,970	30.6%	521	1.3%		暗黑無照明	1,544	1.2%	27	1.7%
安全帽使用	有戴	64,002	49.0%	244	0.4%	道路遠限	晨昏光線	4,249	3.3%	47	1.1%
	未戴	3,829	2.9%	56	1.5%		50公里或小于	124,591	95.5%	721	0.6%
	不明	62,671	48.0%	547	0.9%		大於50公里	5,911	4.5%	126	2.1%
飲酒狀況	未飲酒	114,531	87.8%	478	0.4%	土地使用	市區	97,953	75.1%	469	0.5%
	有飲酒	4,980	3.8%	79	1.6%		郊區	32,549	24.9%	378	1.2%
	不明	10,991	8.4%	290	2.6%		號誌化路口	33,645	25.8%	235	0.7%
身份別	騎士	125,362	96.1%	830	0.7%		無號誌化路口	33,183	25.4%	155	0.5%
	乘客	5,140	3.9%	17	0.3%		閃光號誌路口	6,975	5.3%	80	1.1%
國籍	本國人	120,928	92.7%	816	0.7%		路段	56,699	43.5%	377	0.7%
	外國人	9,574	7.3%	31	0.3%	中央分隔型	標線分隔	61,152	46.9%	361	0.6%
肇事責任	無(尚未發現)	33,687	25.8%	195	0.6%		實體分隔	18,570	14.2%	157	0.8%
	有責(部分)	96,815	74.2%	652	0.7%		無分隔	50,780	38.9%	329	0.6%
大型車涉入	無大型車	127,987	98.1%	699	0.5%		標線分隔	3,040	2.3%	17	0.6%
	有大型車	2,515	1.9%	148	5.9%		實體分隔	25,345	19.4%	188	0.7%
對方飲酒狀況	未飲酒	128,875	98.8%	809	0.6%		無分隔	102,117	78.3%	642	0.6%
	有酒飲	1,627	1.3%	38	2.3%						
自撞事故	非自撞	121,314	93.0%	766	0.6%						
	自撞	9,188	7.0%	81	0.9%						
多車事故	非多車事故	121,924	93.4%	758	0.6%						
	多車(大於2輛)	8,578	6.6%	89	1.0%						

3.2 研究方法

本研究之傷害嚴重程度分析以警方所記錄為死亡為基準，分為死亡(1)和未死亡(0)等兩類，依變數屬於二項式變數，因此，本研究以邏輯迴歸模式，分析各變數對死亡風險的影響。針對事故範圍資料，首先敘述統計依各車種騎士的特性，計算涉入交通事故的次數分佈，及致死的比率分配情形，再依邏輯迴歸(logistic regression)方法，建立交通事故傷害死亡機率預測模式，推估各車種以及關鍵因子的死亡風險，並計算各變項間的致死風險勝算比。

邏輯迴歸適用於二項式的依變數的預測模式析，已被廣泛的用於道路安全相關的研究，特別是事故傷害致死的風險。邏輯迴歸的依變數為 1:死亡；0:未死亡，其公式為：

$$Y = \text{Logit}(P) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_i X_i \quad (1)$$

其中 P 為事故傷害致死的機率， X_i 是獨立變數向量，如車種、年齡分類， α 是常數， β_i ($i=1,2,\dots,k$) 是各個獨立變數(X_i)的係數，用於決定影響事故傷害致死率的勝算比。

邏輯迴歸係用以分析各種特性下，各車種騎士的致死比率，並分別以腳踏自行車和輕型機車為基準，計算電動自行車的相對勝算比(odds ratio)，分析電動自行車相對於腳踏自行車和輕型機車的致死風險。再分別以各車種的事故資料，分析影響各車種騎士致死風險的關鍵因子。致死風險勝算比係發生事故致死的機率和非死亡機率的比值，等於 $\exp(\beta_i)$ 。當獨立變數(X_i)增加一個單位時，在其他因素維持不變的狀況下，致死的風險增加 $\exp(\beta_i)$ 倍，即 OR 倍。當勝算比值大於 1 時，代表相對的致死風險增加，小於 1 則相對的致死風險減少。

為比較各車種騎士的事故傷害致死風險，以及各車種騎士和事故特性變數對於騎士的致死風險關鍵要素，本研究的目標，將資料分為幾個群組，分別進行邏輯迴歸的建模，包含整體事故資料、高齡者(55 歲以上)涉入資料、大車涉入資料、以及自撞事故資料，分別以逐步邏輯迴歸模式建立相對應的模式，分析在各資料群組下，各車種騎士的致死風險，並分別腳踏自行車和輕型機車為基準，分析電動(輔助)自行車的致死風險勝算比，此部分僅探討各車種騎士的致死風險，模式中包含相關顯著影響因子，但不討論。

除了整體模式之外，另針對各個車種的事故資料，分別建模分析影響各車種騎士致死風險的關鍵因子，並進行比較各顯著因子的差異。

本研究使用 R 統計軟體中的逐步邏輯迴歸功能(stepwise logistic regression)，會自動確認各個變數之間的多重共變情形(multicollinearity)，若有高度相關的獨立變數會在最終的模式中移除。模式的選定績效指標為 AIC (Akaike Information Criterion)，以向後移除(backward deletion)方式，求得最佳模式。故所建立的最終模式，各變數間並不會有明顯的共變情形。本研究以 95% 信賴區間(95% CIs)，計算各變數的勝算比和區間，並進行討論。

四、研究結果分析

4.1 交通事故頻次與死亡率分佈

表 2 列出各類涉自行車及輕型機車交通事故中，當事人特性及特殊案件(如大車涉入及他車酒駕等)之頻次、比率及致死率分佈。其中腳踏自行車

電動自行車與腳踏自行車和輕型機車交通事故傷害嚴重度比較

發生事故者的年齡為 45.5 歲，但死亡騎士的年齡平均為 66.2 歲，電動自行車和電動輔助自行車發生事故的平均年齡為 43 和 40 歲，死亡騎士的年齡平均為 59 和 57 歲，平均年齡都較腳踏自行車騎士年齡低；而輕型機車騎士發生事故者的年齡平均為 54 歲，死亡騎士則為 65 歲，較電動自行車騎士年齡大。亦即發生交通事故的電動(輔助)自行車騎士或死亡者的平均年齡都比腳踏自行車和輕型機車騎士的平均年齡高，但死亡騎士平均年齡都超過 55 歲。

在性別部分，發生事故的自行車騎士有約 64% 為男性，電動(輔助)自行車騎士大約男女各半，輕型機車則以女性居多，占 65%，應該是與使用的頻次有關。騎士安全帽的使用情形，由於交通法規並未要求腳踏自行車和電動輔助自行車騎士必須要戴安全帽，導致有約 80% 和 64% 記錄為不明。電動自行車部分則自 2019 年 10 月 1 日起才開始規定需 佩戴安全帽，因此，也有接近一半記錄不明，機車騎士戴安全帽記錄不明的比率則較低，僅 12%。

騎士有飲酒人數的比率則以電動輔助自行車的比率較高，達 8%，其次為電動自行車，有 5%；腳踏自行車為 4%，輕型機車騎士則約 2% 有飲酒的情形。但有關飲酒情形，各車種騎士都有 8-10% 的記錄為不明。騎士的身份別部分，則腳踏自行車的乘客比率較低，僅 1%，輕型機車有 6% 是乘客，而電動自行車或電動輔助自行車，雖然法規也不允許搭載乘客，但仍有 8% 的交通事故有乘客。電動自行車的使用者有 4 分之 1 為外國人，電動輔助自行車則接近 30% 為外國人，應該都是以外籍移工為主。與大型車發生事故的比率則每一車種都約 2% 上下，而事故對造車輛駕駛人有飲酒的情形，均約有 1%。自撞的事故案件，以電動輔助自行車的比率較高，有約 9%，電動自行車也有約 8% 為自撞事故，腳踏自行車則有 7%，輕型機車則約有 6% 為自撞事故。在對行人的威脅部分，則共有 2,371 個行人被撞，其中有 40% 是被輕型機車撞，35% 是被腳踏自行車撞，21% 被電動自行車，其中行人死亡人數，有 4 人是與輕型機車、2 人是與電動自行車發生事故。

表 2 各類自行車及輕型機車交通事故頻次、比率及致死率分佈

	腳踏自行車				電動輔助				電動自行車				輕型機車			
	全部	占比(%)	死亡	死亡比率(%)	全部	占比(%)	死亡	死亡比率(%)	全部	占比(%)	死亡	死亡比率(%)	全部	占比(%)	死亡	死亡比率(%)
人數	55,272		493	0.9%	4,286		30	0.7%	21,091		75	0.4%	49,853		249	0.5%
年齡																
平均	45.5		66.2		43.0		59.5		40.5		57.5		53.6		65.4	
標準差	25.5		18.6		23.3		22.7		23.1		23.2		19.3		18.0	
高齡者(55歲以上)	24,697	44.7%	397	1.6%	1,479	34.5%	18	1.2%	6,740	32.0%	47	0.7%	27,087	54.3%	199	0.7%
55歲以下	30,575	55.3%	96	0.3%	2,807	65.5%	12	0.4%	14,351	68.0%	28	0.2%	22,766	45.7%	50	0.2%
18歲以下	14,871	26.9%	21	0.1%	737	17.2%	0	0.0%	4,559	21.6%	5	0.1%	1505	3.0%	7	0.5%
性別																
男性	35,604	64.4%	345	1.0%	2,155	50.3%	19	0.9%	10,035	47.6%	45	0.4%	17,448	35.0%	112	0.6%
女性	19,668	35.6%	148	0.8%	2,131	49.7%	11	0.5%	11,056	52.4%	30	0.3%	32,405	65.0%	137	0.4%
安全帽使用																
有	9,547	17.3%	34	0.4%	1,301	30.4%	3	0.2%	10,269	48.7%	32	0.3%	42,885	86.0%	175	0.4%
無	1,849	3.3%	19	1.0%	236	5.5%	4	1.7%	915	4.3%	9	1.0%	829	1.7%	24	2.9%
不明(未記錄)	43,876	79.4%	440	1.0%	2,749	64.1%	23	0.8%	9,907	47.0%	34	0.3%	6,139	12.3%	50	0.8%
飲酒情形																
未飲酒	48,281	87.4%	260	0.5%	3,484	81.3%	18	0.5%	17,995	85.3%	41	0.2%	44,771	89.8%	159	0.4%
有飲酒	2,463	4.5%	41	1.7%	363	8.5%	4	1.1%	1,004	4.8%	8	0.8%	1,150	2.3%	26	2.3%
不明(未測)	4,528	8.2%	192	4.2%	439	10.2%	8	1.8%	2,092	9.9%	26	1.2%	3,932	7.9%	64	1.6%
身份別																
騎士	54,883	99.3%	490	0.9%	3,950	92.2%	29	0.7%	19,463	92.3%	72	0.4%	47,066	94.4%	239	0.5%
乘客	389	0.7%	3	0.8%	336	7.8%	1	0.3%	1,628	7.7%	3	0.2%	2,787	5.6%	10	0.4%
國籍																
本國籍	52,658	95.3%	488	0.9%	3,059	71.4%	22	0.7%	15,809	75.0%	58	0.4%	49,402	99.1%	248	0.5%
外國籍	2,614	4.7%	5	0.2%	1,227	28.6%	8	0.7%	5,282	25.0%	17	0.3%	451	0.9%	1	0.2%
他車狀況																
大車涉入	1,057	1.9%	91	8.6%	88	2.1%	1	1.1%	370	1.8%	15	4.1%	1,000	2.0%	41	4.1%
酒駕涉入	794	1.4%	24	3.0%	50	1.2%	2	4.0%	232	1.1%	2	0.9%	551	1.1%	10	1.8%
自撞事故	3,959	7.2%	31	0.8%	395	9.2%	8	2.0%	1,622	7.7%	11	0.7%	3,212	6.4%	31	1.0%
撞行人事故																
行人數	850	35.8%	0	0.0%	87	3.7%	0	0.0%	500	21.1%	2	0.4%	934	39.4%	4	0.4%

4.2 事故傷害嚴重度比較

為了解電動自行車騎士相較於腳踏自行車和輕型機車事故傷害的差異，本研究以分別以全部資料、涉高齡騎士族群、涉大型車事故案件、以及自撞事故資料，以邏輯特逐步迴歸模式進行事故傷害嚴重度建模式，求出最佳模式，列出其中各比較車種騎士的致死率勝算比(如表 3 所示)，並分別以腳踏自行車(表 3 左側)、輕型機車(表 3 右側)為參考基準，灰底欄位代表該變數與參考變數有顯著差異。由於電動自行車的致死比率在 55-65 和 65 歲以上相近，為利於比較，建模時，高齡者的年齡設定為為 55 歲(含)以上的騎士或乘客。

電動自行車與腳踏自行車和輕型機車交通事故傷害嚴重度比較

表 3 各比較車種騎士事故致死率模式係數及勝算比

對象	車種	係數	p-value	勝算比 (OR)	CI (2.5%-97.5%)	車種	係數	p-value	勝算比 (OR)	CI (2.5%-97.5%)	McFadden R ²
全部	腳踏自行車	參考變數		1		輕型機車	參考變數		1		
	N= 電動輔助自行車	0.010	0.959	1.01	0.67 1.46	電動輔助自行車	0.021	0.918	1.02	0.67 1.51	
	130,502 電動自行車	-0.352	0.008	0.70	0.54 0.91	電動自行車	-0.340	0.017	0.71	0.54 0.94	0.198 (df=36)
	輕型機車	-0.011	0.916	0.99	0.80 1.22	腳踏自行車	0.011	0.916	1.01	0.82 1.25	
高齡者	腳踏自行車	參考變數		1		輕型機車	參考變數		1		
	N= 電動輔助自行車	-0.118	0.639	0.89	0.53 1.41	電動輔助自行車	-0.077	0.770	0.93	0.54 1.51	
	60,003 電動自行車	-0.408	0.012	0.67	0.48 0.91	電動自行車	-0.367	0.034	0.69	0.49 0.96	0.401 (df=30)
	輕型機車	-0.041	0.736	0.96	0.76 1.22	腳踏自行車	0.041	0.736	1.04	0.82 1.32	
大車涉入	腳踏自行車	參考變數		1		輕型機車	參考變數		1		
	N= 電動輔助自行車	-1.796	0.086	0.17	0.01 0.84	電動輔助自行車	-1.240	0.238	0.29	0.02 1.48	
	2,515 電動自行車	-0.374	0.259	0.69	0.35 1.28	電動自行車	0.182	0.599	1.20	0.59 2.32	0.92 (df=25)
	輕型機車	-0.556	0.015	0.57	0.36 0.90	腳踏自行車	0.556	0.015	1.74	1.12 2.75	
自撞	腳踏自行車	參考變數		1		輕型機車	參考變數		1		
	N= 電動輔助自行車	1.167	0.006	3.21	1.31 7.08	電動輔助自行車	0.152	0.737	1.16	0.45 2.72	
	9,188 電動自行車	0.498	0.186	1.65	0.76 3.36	電動自行車	-0.517	0.179	0.60	0.27 1.23	0.921 (df=26)
	輕型機車	1.015	0.002	2.76	1.44 5.28	腳踏自行車	-1.015	0.002	0.36	0.19 0.70	

註：灰底欄位代表該變數與參考變數有顯著差異(0.05顯著水準)

以全部資料進行建模，比較不同車種的騎士致死機率，若與腳踏自行車相比，則電動自行車騎士致死機率較低，平均為腳踏自行車的致死機率的 70%。若以輕型機車為基準，電動自行車騎士發生交通事故致死的機率也同樣為為輕型機車騎士致死機率的 0.7。電動輔助自行車騎士的致死機率則與輕型機車和腳踏自行車無顯著的差異。若僅考慮照高齡者(55 歲以上)，則有同樣的趨勢，電動自行車騎士的致死機率也大約分別是腳踏自行車和輕型機車的 70%。

若事故涉及大型車，則電動自行車或電動輔助自行車發生事故的致死機率，和輕型機車或腳踏自行車騎士都無顯著差異，但腳踏自行車騎士的致死機率為輕型機車的 1.74 倍。

自撞的事故中，電動自行車騎士的致死機率相較於腳踏自行車或輕型機車並無顯著差異，但電動輔助自行車騎士的致死機率則為腳踏自行車的 3.2 倍，但與輕型機車並無差異。而輕型機車騎士的致死機率是腳踏自行車的 2.8 倍，可能與行車速率有關。

電動自行車騎士發生交通事故的致死機率，若與腳踏自行車騎士比，則在高齡族群的事故致死機率較低，但在與大型車發生事故，或自撞事故案件中，並無顯著差異；與輕型機車相比，亦呈現同樣的趨勢。但電動輔助自行車騎士，在高齡年的族群，或與大型車發生事故的案件中，其事故致死機率和腳踏自行車或輕型機車並無顯著差異，但在自撞事故中，電動輔助自行車騎士的致死機率卻高出腳踏自行車許多。整體而言，電動自行車騎士的事故致死機率還是較腳踏自行車和輕型機車騎士低。

4.3 影響傷害嚴重度因子

為了解影響各車種騎士事故傷害嚴重度因子，本研究分別針對腳踏自行車、輕型機車和電動(輔助)自行車有關事故，以逐步邏輯特迴歸模式進行建模，求得各車種傷害致死機率模式，並藉以判定關鍵要素，相對的勝算比(如表 4)，並分別探討如下，由於電動自行車和電動輔助自行車的樣本數較小，且兩者同質性較高，將兩者合併建模分析。

表 4 各車種致死風險模式與各變數勝算比值

變項	類別	腳踏自行車				輕型機車				電動(輔助)自行車			
		係數	p-value	勝算比 (OR)	CI (2.5%-97.5%)	係數	p-value	勝算比 (OR)	CI (2.5%-97.5%)	係數	p-value	勝算比 (OR)	CI (2.5%-97.5%)
	Intercept	-9.372	<0.001			-10.401	<0.001			-11.277	<0.001		
性別	女	參考變數		1						參考變數		1	
	男	0.500	<0.001	1.65	1.34 2.03					0.530	0.013	1.70	1.12 2.60
年齡	18-24歲	參考變數		1		參考變數		1		參考變數		1	
	小於18歲	0.081	0.882	1.09	0.41 3.73	1.301	0.047	3.67	1.03 13.99	0.564	0.450	1.76	0.41 8.16
	24-34歲	1.166	0.039	3.21	1.17 11.27	0.139	0.810	1.15	0.38 3.84	0.911	0.114	2.49	0.88 8.90
	35-44歲	1.065	0.057	2.90	1.06 10.15	0.098	0.855	1.10	0.41 3.50	1.245	0.039	3.47	1.13 12.91
	45-55歲	1.637	0.002	5.14	2.04 17.26	0.345	0.500	1.41	0.56 4.31	1.535	0.024	4.64	1.26 19.40
	55-64歲	2.060	<0.001	7.84	3.23 25.84	0.941	0.049	2.56	1.10 7.46	2.334	<0.001	10.32	3.19 41.25
	65歲以上	2.723	<0.001	15.23	6.44 49.53	1.736	<0.001	5.67	2.56 16.10	2.617	<0.001	13.69	4.59 52.48
安全帽	使用	參考變數		1		參考變數		1		參考變數		1	
	未使用	0.919	0.002	2.51	1.38 4.43	1.463	<0.001	4.32	2.65 6.76	1.188	<0.001	3.28	1.62 6.26
	不明(未記錄)	0.659	<0.001	1.93	1.37 2.82	0.350	0.040	1.42	1.01 1.97	0.141	0.524	1.15	0.75 1.79
飲酒情形	未飲酒	參考變數		1		參考變數		1		參考變數		1	
	有飲酒	0.662	<0.001	1.94	1.34 2.76	1.661	<0.001	5.26	3.21 8.33	0.589	0.097	1.80	0.86 3.50
	不明(未記錄)	2.082	<0.001	8.02	6.56 9.79	2.485	<0.001	12.01	8.47 16.78	2.800	<0.001	16.44	10.19 26.05
身份別	乘客									參考變數		1	
	騎士									2.712	<0.001	15.06	5.62 52.48
國籍	本國人									參考變數		1	
	外國人									0.784	0.048	2.19	1.01 4.78
騎士肇責	無肇責	參考變數		1		參考變數		1					
	有(部分)肇責	0.274	0.014	1.32	1.06 1.64	2.493	<0.001	12.09	5.47 30.13				
大車涉入	無大車	參考變數		1		參考變數		1		參考變數		1	
	大車涉入	2.309	<0.001	10.06	7.67 13.08	2.045	<0.001	7.73	5.26 11.10	2.310	<0.001	10.08	5.46 17.59
他車駕涉入	無酒駕涉入	參考變數		1		參考變數		1					
	酒駕涉入	0.930	<0.001	2.53	1.57 3.91	0.940	0.008	2.56	1.21 4.85				
自撞	非自撞					參考變數		1		參考變數		1	
	自撞					0.586	0.008	1.80	1.14 2.74	0.833	0.003	2.30	1.30 3.89
多車事故	非多車事故	參考變數		1									
	多車事故	0.410	0.012	1.51	1.08 2.05								
時間	T08-12	參考變數		1									
	T00-04	0.596	0.061	1.82	0.95 3.32								
	T04-08	0.551	<0.001	1.74	1.29 2.33								
	T12-16	0.086	0.599	1.09	0.79 1.50								
	T16-20	-0.001	0.996	1.00	0.72 1.38								
	T20-24	-0.065	0.777	0.94	0.60 1.46								
光線	白天日光	參考變數		1		參考變數		1					
	暗夜有街燈	0.599	<0.001	1.82	1.35 2.46	-0.075	0.698	0.93	0.63 1.34				
	暗夜無街燈	0.946	<0.001	2.58	1.46 4.35	0.490	0.342	1.63	0.53 4.08				
	晨昏光線	0.388	0.073	1.47	0.95 2.22	0.748	0.009	2.11	1.16 3.57				
遠限	50公里(含)以下	參考變數		1		參考變數		1		參考變數		1	
	50公里以上	0.780	<0.001	2.18	1.63 2.90	0.884	<0.001	2.42	1.55 3.68	1.218	<0.001	3.38	1.96 5.58
區域	市區	參考變數		1		參考變數		1					
	郊區	0.711	<0.001	2.04	1.67 2.48	0.602	<0.001	1.83	1.37 2.42				
道路及控制型態	無號誌路口	參考變數		1		參考變數		1					
	號誌化路口	0.293	0.050	1.34	1.00 1.80	0.362	0.056	1.44	0.99 2.09				
	閃光號誌路口	0.748	<0.001	2.11	1.44 3.07	0.573	0.030	1.77	1.04 2.93				
	路段	-0.008	0.953	0.99	0.76 1.31	0.191	0.313	1.21	0.84 1.76				
中央分隔型態	標線分隔	參考變數		1		參考變數		1					
	實體分隔島	0.205	0.131	1.23	0.94 1.60	0.083	0.684	1.09	0.72 1.61				
	無分向線	0.236	0.031	1.27	1.02 1.57	0.393	0.009	1.48	1.11 1.99				
	N=	55,272				49,853				25,377			
	AIC=	4,456				2,667				1,149			
	McFadden R2=	0.220				0.166				0.181			

註：灰底欄位代表該變數與參考變數有顯著差異(0.05顯著水準)

4.3.1 腳踏自行車

在腳踏自行車的事故中，騎士的基本特性對事故傷害嚴重度的差異很大，男性騎士發生死亡交通事故機率是女性騎士的 1.7 倍；而隨著騎士的年齡增加，發生死亡交通事故的機率也增加，特別是年齡超過 55 歲者，和 18-24 歲的年輕人相比，55-64 歲的腳踏自行車騎士發生事故致死的機率是 18-24 歲騎士的 7.8 倍，高齡者(65 歲以上)的致死率更高達 15.2 倍。騎士未戴安全帽致死的機率為有戴安全帽的 2.5 倍，而自行車騎士有飲酒的狀況下，發生交通事故時會死亡的機率是未飲酒騎士的 1.9 倍，但飲酒狀況不明或未紀錄者，致死的機率高達 8 倍，可能有未對死亡騎士進行酒測的狀況而未紀錄，而無法確實呈現酒後騎車的現象及對事故傷害的影響。若騎士本身有肇事責任(含部份肇責)時，其致死機率是無肇責或尚未發現肇事責任騎士的 1.3 倍。

在事故的特性部分，若事故的對造車種中，有大型車(大貨車或大客車)涉入，則騎士會致死的機率將會是無大車涉入的 10 倍以上，若案件中，對造車輛駕駛人有酒後駕車的情形，則會增加腳踏自行車騎士致死的機率達 2.5 倍。若在事故過程中有多部(二部以上)的車輛涉入，會增加腳踏自行車騎士死亡的機率，是僅有二部車事故或自撞事故案件致死機率的 1.5 倍。

在道路的環境中，腳踏自行車事故發生在凌晨時段 4-8 時，騎士死亡的機率較高，是發生在上午 8-12 時的 1.7 倍，但其他時段，其致死機率並無顯著差別。

若事故是發生在夜間，無論是否有街燈照明設施，騎士的致死機率都相較於白天日光下高，分別為 1.8-2.6 倍，暗夜無街燈照明的狀況下，騎士發生事故致死的機率更高，為白天的 2.6 倍。而道路的速限愈高，發生死亡事故的機率愈高，主要是和行車速率有關。在郊區道路也是類似情形，事故的嚴重度會較市區道路嚴重。事故的地點若以無號誌化路口為基準，則事故發生在號誌化路口或閃光號誌路口的致死率會增加，特別是閃光號誌路口，事故傷害致死的機率是無號誌路口的 2.1 倍。而道路是否有中央分隔設施，如分向標線或實體分隔島也會影響事故的嚴重程度，腳踏自行車在無劃設分向線的道路上，事故傷害致死的機率是在以標線分隔道路上發生事故的 1.3 倍，可能是對撞事故較多的因素，而在具實體分隔的道路上，事故傷害致死的機率亦增加，但差異並不顯著。

4.3.2 輕型機車

輕型機車騎士必須具備駕駛執照，但若有汽車駕駛執照者亦駕駛輕型機車，在輕型機車騎士的特性中，事故傷害的嚴重程度僅與年齡有關，與騎士的性別並無顯著相關，與 18-24 歲的騎士相比，少於 18 歲的騎士發生死亡交通事故的機率增加，約 3.7 倍，高齡騎士(55 歲以上)的事故傷害致死率也明顯增加，特別是 65 歲以上的騎士，致死率是年輕騎士的 5.7 倍。安全帽的使用和騎士本身是否飲酒也是影響事故傷害嚴重程度的重要因素，且致死的機率相較於有戴安全帽和無飲酒的騎士高出約 4 到 5 倍。同樣的騎士本身有肇責，則致死的機率也會增加，是無肇責騎士的 12 倍。

在事故的特性部分，若事故的對造車種中，有大型車(大貨車或大客車)涉入，則輕型機車騎士會致死的機率是無大車涉入事故的 7.7 倍，但相較於腳踏和電動自行車騎士的 10 倍機率較低。若事故中，對造車輛駕駛人有酒後駕車的情形，則同樣會增加腳踏自行車騎士致死的機率達 2.5 倍。輕型機車自撞事故的致死機率也相對於與其他車輛發生事故的致死機率高。

在道路的環境部分，和腳踏自行車不同，輕型機車事故發生時間對事故傷害嚴重程度的影響並不顯著，事故地點的光線則以晨昏時的光線，造易造成嚴重的傷害，致死機率是白天日光時的 2.1 倍，道路的速限和土地使用分區，則與腳踏自行車類似，同樣在速限高和郊區的事故，事故傷害較為嚴重。道路的型態則以發生在閃光號誌路口的致死機率較高，是發生在無號誌化路口致死機率的 1.8 倍，發生在號誌化路口和路段上的事故，騎士致死的機率則與在無號誌化路口的致死機率無顯著差異。輕型機車在未劃設中央分向線的道路致死機率較具分向標線的道路上的致死機率高，約 1.5 倍。

4.3.3 電動(輔助)自行車

相較於腳踏自行車和輕型機車，影響電動和電動輔助自行車騎士交通事故傷害嚴重程度的顯著因子較少，但同樣是男性騎士的致死機率較高，約為女性的 1.7 倍；隨著年齡增加，致死機率也隨之增加，特別在騎士年齡超過 55 歲，事故傷害死亡的比率是 18-24 歲年輕族群的 10 倍以上。未戴安全帽的致死機率為有戴安全帽的 3.3 倍，但騎士飲酒的情形，在明顯有飲酒的狀況，其致死機率與未飲酒騎士的致死機率並無顯著差異，但飲酒狀況不明者，其致死機率則為無飲酒騎士的 16.4 倍之多，因為針對電動自行車騎士肇事案件，法規上並無可強制酒測的規定，而使飲酒狀況不明案件增多，影響飲酒情形對事故致死風險的判定。

與腳踏自行車和輕型機車不同的是，電動(輔助)自行車的騎士，發生交通事故的致死機率是乘客的 15 倍，雖然電動自行車不允許乘載乘客，但實務上仍有載客的情形，但相對的乘客的致死機率較低。而外國人在台灣使用電動機車的情形也會導致較高的致死機率，和本國人相比，外國騎士事故傷害致死的機率是本國人的 2.2 倍。在有大型車涉入的案件中，電動自行車致死的機率和腳踏自行類似，大約是沒有大型車涉入案件的 10 倍。電動自行車自撞的致死率則是其他事故型態的 2.3 倍。而在腳踏自行車的事故中，自撞事故並為影響事故的傷害嚴重度。

在道路環境的特性方面，影響電動(輔助)自行車的傷害嚴重程度，僅與道路的速限有關，在速限高的道路上，有較高的致死機率。

4.4 綜合討論

本研究比較腳踏自行車、電動(輔助)自行車及輕型機車發生事故的傷害嚴重情形(致死機率)，整體而言，電動自行車騎士發生交通事故的致死機率較腳踏自行和輕型機車較小，致死機率較低，或許與發生事故之電動自行車騎士平均年齡較低有關。但在較高年齡族群也呈現同樣的趨勢，高齡電動自行車騎士的致死風險也比腳踏自行車和輕型機車騎士低，輕型機車因速率較高，事故傷害較為嚴重應可解釋，但腳踏自行車騎士的事故傷害較電動自行車騎士嚴重，則不易解釋，因為根據國外的研究資料顯示(Cherry and MacArthur, 2019)並無明顯的證據可證明是否電動自行車會腳踏自行車安全，且依據一份自行車使用者的問卷調查顯示(MacArthur et al., 2014)，大多數的電動自行車騎士認為和腳踏自行車相比較，電動自行車比較安全。本研究的結果顯示，在同樣發生事故狀況下，電動自行車致死的風險明顯比腳踏自行車和輕型機車小，或許電動自行車較輕型機車的速率較慢，但靈活度較腳踏自行車好有關，是事故傷害嚴重程度較低的可能因素。

在與大型車發生交通事故的傷害嚴重程度中，以腳踏自行車較為嚴重，電動輔助自行車和自行車騎士的傷害嚴重程度與腳踏自行車並無顯著差異，可見對於慢車而言，與大型車發生交通事故的嚴重程度，相較於輕型機車與大型車發生交通事故的傷害嚴重程度較大，或許如同前述，與車輛的操作靈活度有關，但目前並無相關研究或實驗證明，需進一步調查分析。

在自撞的事故當中，電動輔助自行車騎士發生交通事故的頻次比率最高，事故致死風險較其他車種的騎士高，其次為輕型機車，可能與行車速率有關，電動自行車騎士的致死風險雖也較腳踏自行車騎士高，但在統計上並不顯著。

在針對各車種分別進行事故傷害致死風險的分析模式中，影響電動自行車騎士致死風險的因子，相較於腳踏自行車和輕型機車都較為少數，主要集中在騎士本身的特性，在道路環境的特性，影響並不顯著，但其中明顯飲酒的騎士的致死風險差異並不顯著，反而是飲酒狀況不明的騎士，其致死風險較高，可能法規並無強制電動自行車騎士必須接受酒測的規定，造成拒測案件較多有關。因為電動自行車騎士若呼氣中酒精濃度值達每公升 0.25 毫，則適用於刑法的公共危險罪處罰，必須移送法院裁罰，但若拒測，則僅依慢車駕駛人拒測處罰，處二千四百元罰款。

與其他車種不同的是，使用電動自行車的外籍人士比較甚高，且發生事故致死的風險也為本國人的 2.2 倍，目前外國人士在台灣，特別是外籍移工，由於考駕照的限制，大多數都以不需駕駛執照的電動自行為主要的交通工具，可能與不熟悉國內道路環境和法規有關，而使致死風險增加，這個部分應為交通管理單位在討論修法前，最先需要改善的問題。

五、結論與建議

5.1 結論

依據研究結果，回答前言所列問題，分別為：

1. 電動自行車發生交通事故的頻次和嚴重度(致死風險)，相較於腳踏自行車、輕機車為何？

研究結果顯示電動自行車的事故頻次和死亡人數逐年增加，可能與使用的需求量有關，由於輕型機車數量大量減少，以及外籍移工人數和交通移動需求增加，使得電動(輔助)自行車的使用需求量增加。而電動自行車騎士發生交通事故，不論在整體資料或僅高齡者的族群中，其致死風險，都較腳踏自行車和輕型機車騎士較小，但因使用者平均年齡、特性或車輛操作靈活度有差異，尚無法認定電動自行車會比腳踏自行車更為安全。

2. 影響電動自行車騎士事故嚴重傷害的關鍵因子為何？與腳踏自行車、輕型機車的有何差異？

影響電動自行車騎士事故致死風險的關鍵因子，主要以騎士本身的特性有關，其他影響腳踏自行車或輕型機車騎士傷害嚴重度的事故地點道路幾何特性，並未顯著影響電動自行車的傷害嚴重程度。和腳踏自行

電動自行車與腳踏自行車和輕型機車交通事故傷害嚴重度比較

車騎士類似，同樣是男性騎士的事故致死風險較高，而隨著騎士年齡增加，事故致死風險機率也隨之增加，特別在騎士年齡超過 55 歲的事事故致死風險，是年輕族群(18-24 歲)的 10 倍以上，但青少年族群(小於 18 歲)的事故死亡風險與年輕族群騎士的事故致死風險並無顯著差異。

電動自行車騎士未戴安全帽和其他車種騎士一樣，事故致死風險都比有戴安全帽騎士的事故致死風險高，但騎士有明顯飲酒的情形，其致死風險並未與未飲酒騎士的致死風險有顯著差異，可能因法規並無強制電動自行車騎士接受酒測的規定，而有多數騎士選擇拒測，造成飲酒狀況不明的紀錄，而影響飲酒對事故致死風險的判定。

相較於腳踏自行車和輕型機車所沒有的現象，電動自行車和電動輔助自行車騎士發生事故的人數當中，分別有超過 4 分之 1 和百分之 30 為外籍人士，且事故致死風險也較本國籍騎士高。可能與不熟悉國內道路環境和法規有關，而使致死風險增加。

3. 電動自行車對其他弱勢用路人(行人)的危害情形為何？

在對行人的威脅部分，研究的資料範圍內，共有 2,371 個行人與各類自行車或輕型機車發生碰撞，其中有 40%是被輕型機車撞，35%是被腳踏自行車撞，21%被電動自行車撞，其中行人死亡人數，有 4 人是與輕型機車、2 人是與電動自行車發生事故。由於沒有曝光量(交通量)資料，很難判定那一種車對行人有較大的威脅，但資料中有電動自行車有造成行人死亡事故，顯示電動自行車還是在對行人死亡的威脅上，會比腳踏自行車和電動輔助自行車大。

5.2 建議

依研究過程和結果，本研究建議：

1. 針對電動自行車騎士飲酒狀況不明紀錄案件偏多情形，建議可修法將電動自行車騎士依汽機車駕駛人管理，發生交通事故必須依規定進行酒測，處理人員也務必落實檢測或委託醫療單位抽血檢測，以期真實還原事故當時的人車狀態。
2. 外籍人士使用電動(輔助)自行車的造成交通事故頻次和傷害嚴重度增加，建議應優先針對外籍移工使用電動自行車族群，加強教育訓練，在不限制使用的狀況下，確保他們的交通安全。

- 3.本研究有關事故傷害嚴重度的分類，僅分為死亡和非死亡二級，無法完整呈現事故傷害的嚴重程度分類，建議交通部道安資訊平台在串聯事故當事人死因資料，能一併提供更詳細的事故傷害分類，細分傷害部位及詳細等級。
- 4.研究結果雖顯示電動自行車騎士的事故傷害風險，較腳踏自行車和輕型機車騎士較低，但因為使用者平均年齡較低，且騎士的特性或車輛操作靈活度均有差異，尚無法認定騎電動自行車會比腳踏自行車更為安全或不安全，建議未來能針對死亡和重傷個案進行探討，確實比較造成傷害嚴重度的原因，作為後續是否應加強電動自行車或鼓勵使用電動(輔助)自行車的政策參考。

參考文獻

- 顏家銘，(2018)，國內外電動輔助自行車及電動自行車車輛分類及安全法規簡介，車安通訊季刊，107-2 期，財團法人車輛安全審驗中心。
- 新北市政府，電動及電動輔助自行車 10/12 起禁行人車共用人行道，市政新聞，網站：
<https://www.ntpc.gov.tw/ch/home.jsp?id=e8ca970cde5c00e1&dataserno=8e634b1282ee95fc4531ba0b28d3a039>，上網日期：2022 年 1 月 20 日。
- Bike Europe, (2017), White Paper: rules and regulations on electric cycles in the EU, website: <http://bike-eu.com.s3-eu-central-1.amazonaws.com/app/uploads/2015/09/rules-regulation-on-electric-cycles-in-the-european-union-may-2017.pdf>, accessed on Jan 20, 2022.
- Cherry, C. R., & MacArthur, J. H. (2019). E-bike safety. A review of Empirical European and North American Studies, A white paper prepared for

PeopleForBikes.

DiMaggio CJ, Bukur M, Wall SP, et al. Injuries associated with electric-powered bikes and scooters: analysis of US consumer product data , *Inj Prev* 2020;26:524 – 528

Gov UK, Electric bikes: licensing, tax and insurance, website: <https://www.gov.uk/electric-bike-rules>, accessed on Jan 20, 2022.

Government of the Netherlands, Wanneer mag ik op een high speed e-bike rijden, website: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bijzondere-voertuigen/vraag-en-antwoord/welke-regels-gelden-voor-speed-pedelec>, Accessed on Jan 20, 2022.

Langford, B. C., Chen, J., & Cherry, C. R. (2015). Risky riding: Naturalistic methods comparing safety behavior from conventional bicycle riders and electric bike riders. *Accident Analysis & Prevention*, 82, 220–226. doi:10.1016/j.aap.2015.05.016

MacArthur, J., Dill, J., & Person, M. (2014). Electric Bikes in North America. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2468(1), 123–130. doi:10.3141/2468-14

Schepers, J. P., Fishman, E., den Hertog, P., Wolt, K. K., & Schwab, A. L. (2014). The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles. *Accident Analysis & Prevention*, 73, 174–180. doi:10.1016/j.aap.2014.09.010

Schepers, P., Klein Wolt, K., Helbich, M., & Fishman, E. (2020). Safety of e-bikes compared to conventional bicycles: What role does cyclists' health condition play? *Journal of Transport & Health*, 19, 100961. doi:10.1016/j.jth.2020.100961

Spörri, E.; Halvachizadeh, S.; Gamble, J.G.; Berk, T.; Allemann, F.; Pape, H.-C.; Rauer, T. Comparison of Injury Patterns between Electric Bicycle, Bicycle and Motorcycle Accidents. *J. Clin. Med.* 2021, 10, 3359. <https://doi.org/10.3390/jcm10153359>

Wang, M.-H., and Schrock, S.D, (2021), Factors Affecting the Injury Severity in E-bike with Vehicle Crashes in Taiwan, *Advances in Transportation*

Studies: an international Journal, Issue LIV, pp129-142.

Weber, T., Scaramuzza, G., & Schmitt, K.-U. (2014). Evaluation of e-bike accidents in Switzerland. *Accident Analysis & Prevention*, 73, 47–52.
doi:10.1016/j.aap.2014.07.020

Yuan, Q., Yang, H., Huang, J., Kou, S., Li, Y., & Theofilatos, A. (2017). What factors impact injury severity of vehicle to electric bike crashes in China? *Advances in Mechanical Engineering*, 9(8), 168781401770054.
doi:10.1177/1687814017700546

(收稿 110/10/08，第一次修改 110/11/22，接受 111/06/30，定稿 111/10/11)