

槍彈殺傷力判定標準之研究

孟憲輝*

目次

- 壹、前言
- 貳、槍傷之認定標準
- 參、穿刺性槍傷之殺傷力鑑定
- 肆、彈道鈍傷殺傷力判定標準之探討
- 伍、結論與建議

摘要

「槍砲彈藥刀械管制條例」除列舉管制制式槍砲外，尚概括管制「其他可發射金屬或子彈具有殺傷力之各式槍砲」，殺傷力鑑定乃成為司法及鑑識實務之重要議題。穿刺性槍傷是典型的槍傷型態，但大口徑低動能彈丸則常形成彈道鈍傷。我國以彈丸能穿入人體皮肉層之動能作為判定殺傷力之標準，但先進國家槍枝管制之新趨勢為分級管制空氣槍，將彈丸能穿透眼球之動能作為低動能空氣槍之殺傷力判定標準，值得我國參考。我國目前常見的之穿刺性槍傷殺傷力鑑定方法有性能檢驗法、實物貫穿法、動能測定法、X光攝影分析法和射擊後彈殼特徵測定法。各種鑑定方法都以彈道原理為基礎，具備嚴謹的標準作業程序，鑑定結果也精準可信。彈道鈍傷之創傷機制係將軀體壓縮變形，導致骨折，並使體內重要組織和器官形成創傷，因此穿刺性槍傷之殺傷力判定標準並不適用於彈道鈍傷鑑定。鈍傷判定標準（blunt criterion, BC）是評估彈道鈍傷的客觀標準，該標準將拋射體動能密度和被射擊者之體重和皮肉脂肪層厚度一併納為判斷依據，以BC為基礎之致命機率公式則可直接應用於殺傷力鑑定。為求槍彈殺傷力鑑定程序之完備，保障人

* 孟憲輝，中央警察大學鑑識科學學系教授，英國史查克萊大學化學系鑑識科學研究所博士，Email: una106@mail.cpu.edu.tw。

本文部分內容為科技部補助專題研究計畫之成果，計畫編號MOST 107-2410-H-015-002，特此致謝！

民生命安全，建議司法及鑑識機關共同研商，訂定彈道鈍傷致命機率標準，並確立體重和皮肉脂肪層厚度標準，即可應用致命機率公式，訂出判定不同口徑拋射鈍體的殺傷力動能閾值。

關鍵字：槍彈鑑識、槍砲彈藥刀械管制條例、槍彈殺傷力、彈頭動能、彈道鈍傷

A study on the evaluation criterion for the determination of firearms' wounding potential

Hsien-Hui Meng^{*}

Abstract

According to the Controlling Guns, Ammunition and Knives Act, miscellaneous firearms, that are not included in the list of prohibited firearms, should also be controlled if they possess wounding potential. In Taiwan, the criterion of wounding potential is defined as that the projectiles have enough kinetic energy to perforate human skin. And a muzzle energy density of 20.0 J/cm^2 is used as the evaluation criterion for the penetrating gunshot wounds. However, some less-lethal weapons inflict blunt ballistic impact trauma on the victims rather than penetrating gunshot wounds. Furthermore, some foreign countries have used the muzzle energy that capable of perforating eyeball as the criterion to control low-powered airguns. The testing method routinely used to evaluate the wounding potential of firearms including functional tests, perforating of witness plates, determination of muzzle energy density, X-ray image analysis, and the examination of deformation features of spent cartridge cases. All testing methods are based on ballistic science and performed under standard operation procedures. Their testing results are all highly accurate and reliable. Blunt ballistic impact traumas are resulted from the compression of thorax that causes rib fractures and contusions of internal organs. Blunt criterion (BC) which accounts for the energy density of the projectile and the weight and wall thickness of the torso is an objective criterion for the determination of blunt ballistic impact traumas. A formula derived from the BC is used to predict the probability of a blunt impactor causing lethal blunt trauma to the thorax. In order to complete the procedures for the evaluation of firearms' wounding potential and to protect people's lives, we suggest that a lethal probability criterion for the blunt

^{*} Hsien-Hui Meng, Professor of Forensic Science Department, Central Police University, Taiwan
ROC E-mail: una106@mail.cpu.edu.tw

ballistic impact traumas shall be established by the justice and forensic departments so that threshold muzzle energies for the evaluation of wounding potential of blunt impactors impacting specified individuals with different calibers can be calculated using the formula.

Key Words: forensic firearms examination, The Controlling Act of Guns, Ammunition, and Knives, wounding potential of firearms, kinetic energy of projectiles, blunt ballistic impact trauma.

壹、前言

我國自民國35年起即根據「自衛槍枝管理條例」對人民及依法成立之機關團體持有之槍彈進行管理。自民國60年代起，歹徒使用非法槍彈犯罪的情況日益嚴重，李師科於71年4月17日持殺害教廷大使館駐警奪得之轉輪手槍，開槍強盜土地銀行古亭分行的駭人案件，瓦解臺灣保持多年的穩定秩序，成為我國治安惡化的分水嶺，此後涉及非法槍彈的犯罪案件快速增加。為「維護社會秩序、保障人民生命財產安全」，內政部迅速推動武器管制專法的立法，經立法院審查3讀通過，於72年6月27日經總統公布施行「槍砲彈藥刀械管制條例」（以下簡稱「槍砲條例」）（廖正豪，1983），期能遏止非法槍彈氾濫，恢復良好的社會治安。

「槍砲條例」除列舉各種類型之制式槍砲予以管制外，為免遺漏，尚概括管制「其他可發射金屬或子彈具有殺傷力之各式槍砲」（以下簡稱「其他槍砲」）。法條規範的「殺傷力」一詞，非但不是既有的法律名詞，在「槍砲條例」中亦未見明確定義，係屬不確定的法律概念。乍看之下「殺傷力」一詞似乎極為普通，但細究之後又發現其充滿多義性。首先必須將所謂的「傷」係屬何種「創傷」予以確定，才能賦予「殺傷力」一詞具體的操作化認定標準。又因「創傷」為法醫鑑識的專業知識，因此「殺傷力」並非受法學訓練的法官和檢察官的經驗知識所能判斷，也無法藉由法理的闡述或推演得到結論，必須經由鑑識科學知識和技術的分析、探討和實踐才能加以判定。因此，自「槍砲條例」施行開始，檢察官和法院即要求槍彈鑑識人員對涉案「其他槍砲」進行「殺傷力」鑑定。但因「殺傷力」一詞為「槍砲條例」首創之概念，且當時的槍彈鑑識領域也無明確定義或獲得共識的標準鑑定程序，故「槍彈條例」公布施行之初，就「其他槍砲」之「殺傷力」認定標準就爭議不斷，對同一涉案槍枝，不同機關的鑑定結果常相互矛盾，令檢察機關和法院無所適從。

各相關機關遂要求中央主管機關就「殺傷力」一詞提出解釋，內政部警政署乃於77年4月27日，以（77）警署保第29996號函說明：「槍砲條例第四條第一項所稱之殺傷力，乃指對人體使用，足以使人死亡或身體傷害之情形而言」。至於對人體使用之方式，造成傷害之類型均未敘明，對問題之釐清和鑑定標準的確定均無助益。

主管刑法的法務部只得在77年11月30日，以（77）檢字第20900號函另提出解釋：「按槍砲條例第四條第一項第一款後段所謂的具有殺傷力，係指對於人身具有殺傷的能力而言，至於其認定標準，係屬於具體個案的認定

問題。」此一函示，可謂治絲益棼，不僅未能說明「殺傷力」的定義，更增添了如何進行「個案認定」的程序困擾。

司法院在眾多壓力之下，於80年10月24日（80）秘台廳（二）字第02214號函解釋：「刀械條例第四條第一項規定之殺傷力之認定，屬法律概念的解釋問題，為各級法院審判權之範圍，本院執掌司法行政，尚難以就殺傷力之認定做統一之規定。」雖然將前述「個案認定」係屬法院審判權的原則確立，但並未實質解決問題。因為法官並非不知其權限，而是欠缺明確的科學分析，難以做出令人信服的認定。

最後，司法院根據台灣高等法院81年召開庭長、法官座談會所做之結論，為槍彈殺傷力提出一個科學化的認定標準，於81年6月11日以（81）秘台廳（二）字第0985號函說明：「殺傷力的標準為在最具威力的適當距離，以彈丸能穿入人體皮肉層之動能為基準。」此一定義係以彈丸之外彈道特性（動能）作為判定其終端彈道表現（穿入人體皮肉層）的標準，屬明確的科學標準，在物證鑑定的實踐上，應無困難。

但是動能彈的創傷機制也非單一，輕型槍枝發射之小口徑彈頭，其直徑雖小於20 mm（孟憲輝，2002），但其射速高，穿透力強，故擊中人體時以侵徹方式形成穿刺性槍傷（penetrating gunshot wounds）。此時，以彈頭具備穿入人體皮肉層之動能作為殺傷力判定標準，不僅合乎科學原理，也便於鑑識實務操作。但大口徑之較低射速彈頭，其穿透力雖較弱，但因彈頭質量較大，仍具備相當程度之動能，故其主要創傷機制為鈍體彈道撞擊傷（blunt ballistic impact trauma）（Frank et al, 2011B），簡稱彈道鈍傷。彈道鈍傷的形成原因是彈頭雖未穿入人體，但衝擊能量仍造成身體的壓縮凹陷，同時產生應力波傳入人體，而對體內的組織和器官造成傷害。例如在頭部造成顱骨骨折、腦震盪或腦部挫傷等。在軀幹造成皮下出血、挫傷、內臟出血、肋骨骨折、骨碎片刺穿內臟，造成內臟和重要血管破裂等。在此種狀況下，我國目前「以彈丸能穿入人體皮肉層之動能為基準」的殺傷力判斷標準即無法有效應用於造成彈道鈍傷之槍彈的殺傷力鑑定。因此，針對形成彈道鈍傷之槍彈，其殺傷力之定義和判斷標準實宜另行探討並規範。

再從終端彈道效能的角度觀之，槍砲射出之拋射體可分成物理能彈、化學能彈和生物戰劑彈。其中常見且可被用為犯罪工具的物理能彈包括動能彈、電能彈（Lucas et al, 2013；Gibbons, 2017）和含輻射性物質的髒彈（dirty bomb）（Vogel H, 2007），化學能彈包括高爆彈、聚能破甲彈（Carlucci & Jacobson, 2014）和催淚瓦斯彈（Clarot et al, 2003；Corbacioglu et al, 2016）等。其中電能彈、髒彈和生物戰劑彈是否納入「槍砲條例」管制，為值得探討之議題。化學能彈為火砲、肩射武器或瓦斯槍使

用之彈藥，已明文納入管制，但其管制要件和鑑定標準，則尚待予以明確定義。惟本文之焦點為槍彈殺傷力判斷標準，故前述議題將不納入探討。

「槍砲條例」所管制之「其他槍砲」係以「可發射金屬或子彈」為管制要件，故進行殺傷力鑑定之射出物須為固態拋射體。因此在鑑識及司法實務上都認為不具彈頭之彈藥皆非「槍砲條例」所管制的「子彈」，如臺灣士林地方法院 105 年度重訴字第 14 號刑事判決，即對口徑 0.27 吋之空包彈判定為「均不具金屬彈頭，認不具殺傷力」（林庚棟等，2016。）。事實上，擊發空包彈或火藥式液態辣椒彈時，射出槍口的高壓火藥燃氣或辣椒液滴，都可形成高速射流。因為氣體或液體分子也都具備質量，故高速射流也可具備極高動能，在距槍口一定的距離內穿入人體皮肉層，產生殺傷效果，甚至具有致命性（孟憲輝，2018B）。決定槍口射流殺傷力的主要因素是其動能密度（kinetic energy density，又稱為「單位面積動能」）、射流作用時間和射擊距離，由於高速射流射出槍口後即不受槍管拘束，在極短距離即產生亂流而分散能量，故其產生殺傷的有效距離極短。高速射流的動能密度則取決於射流之質量、速度和截面積。可知「槍砲條例」將「可發射金屬或子彈」訂為管制槍砲之要件，並無法涵蓋所有具殺傷力之槍彈。惟因高速射流之有效殺傷距離甚短，通常僅達以公分計之範圍，故如何將可產生殺傷射流之槍彈納入管制，亦屬另一值得研究之議題，本文將不予以討論。

由前述可知，不同類型槍彈之殺傷機制互異，除小口徑槍彈造成之穿刺性槍傷外，射擊大口徑動能彈所致之彈道鈍傷是最常見的槍傷類型，其殺傷力判定標準之明確化極為重要。故本文首先就小口徑動能彈所造成槍傷之認定標準及殺傷力鑑定方法進行探討，接著針對彈道鈍傷進行探討，並就彈道鈍傷的殺傷力鑑定提出明確的量化參考標準，供槍彈鑑識實務及司法實務判定殺傷力之用，期能使槍彈殺傷力鑑定程序更趨完備，提升鑑定品質及可信性。

貳、槍傷之認定標準

判定槍彈殺傷力之前須先確立槍傷之定義，經整理歸納國內外槍彈鑑識實務機關和學者的研究結論和見解，就何謂槍傷之認定標準，根據所定義之槍傷類型的創傷嚴重程度予以區分，並敘述如下。

一、形成皮下出血傷

根據法醫學的創傷分類，皮下軟組織遭挫碎造成皮下小血管破裂，血液

侵入組織內形成凝固者稱為皮下出血傷（葉昭渠，1984），即俗稱之瘀血。早期我國槍彈鑑識實務機關認為，關於槍彈「殺傷力」，因「槍砲條例」並未明定形成何種創傷方屬具備殺傷力，故只要射出之彈丸能在身體上任何部位造成皮下出血傷以上之創傷，即認具「殺傷力」（翁景惠，1993）。根據此種定義，射出金屬彈丸在體表形成之瘀血，即可定義為槍傷。此一判定標準忽略創傷的分類與所用武器的關係，將輕微碰撞所致的皮下出血傷視為槍傷的一種，其標準實欠嚴謹。

發射動能彈之槍砲係以在一定距離外，利用彈丸射入活體，形成具備射入口和射創管的典型槍傷為目的。雖然部分射速低、直徑大之彈丸擊中人體時，皮膚並無重大損傷，但可在其下的內臟發生損傷，稱為反跳槍傷（葉昭渠，1984）。反跳槍傷又稱彈道鈍傷（blunt ballistic impact trauma）（Frank et al, 2011B），彈道鈍傷可造成內臟損傷，其嚴重程度與單純之皮下出血傷明顯不同，輕微之皮下出血傷顯不宜作為判定槍砲殺傷力的依據。我國鑑識實務機關在「槍砲條例」實施之初期即採用造成皮下出血傷為標準進行鑑定，因此「只要查獲槍枝，甚至是玩具槍，都以有殺傷力認定。」隨後，因依此標準鑑定有殺傷力之涉槍案件多遭地檢署不起訴處分或經法院判決無罪，並招來輿論抨擊，才依據司法院的解釋，以彈丸能穿入人體皮肉層之動能為標準，並訂出判定殺傷力的參考動能（王宛茹，翁景惠，2004）。

二、損傷眼球

眼睛是體表最脆弱的器官，由於其掌管重要的視覺功能，若受傷而導致失明即屬嚴重之創傷，故若彈丸動能足以造成眼睛損傷，即可對人體形成嚴重傷害。根據文獻之記載，BB鋼彈丸或0.177吋鉛彈丸射速達60.96公尺/秒（m/s）以上即足以將眼球之虹膜剝落，射速達137.15 m/s以上即足以將眼球擊碎（Heard, 1997）。有學者以空氣槍射擊豬的眼睛，進行穿過角膜並造成眼球嚴重破損所需彈丸速度的研究（Powley et al, 1997）；結果發現，以直徑4.445 mm鋼彈丸射擊時，豬眼球的V-50彈道極限在75-75.9 m/s之間，換算得之動能密度在6.45-6.61焦耳/平方公分（J/cm²）間。V-50，係指彈丸擊穿眼球的機率達50%時之射速。

另有文獻記載，直徑1.0 mm、質量0.004 g的球形鋼珠，射速達70 m/s以上，即能穿入眼球；直徑6.4 mm、質量1.037g的球形鋼珠，射速達47 m/s以上，可穿入眼球（Warlow, 1996）。換算成動能密度前者達1.25 J/cm²、後者達3.56 J/cm²以上時可穿入眼球，顯見彈丸直徑對其穿透能力有顯著影響，進而影響穿過眼球所須之最低動能。但因眼睛佔全身表面積之比例甚

低，直接擊中眼球之機率非常小，且眼球於異物接近時受反射動作閉下眼瞼之保護，除非彈丸動能足以射穿皮膚，否則不易傷及眼球。故眼球遭極低動能彈丸擊傷之情況應屬特例，而非一般狀況，似不宜將足以造成眼睛傷害之動能作為判定管制槍枝殺傷力之標準。但以保護消費者的觀點，此一見解應可作為安全玩具的判定標準，例如歐盟規範安全玩具時，將發射固體發射物玩具之發射物動能上限訂為 0.08 焦耳 (J) (European Standard, 2014)，即考量發射物對眼睛之威脅。另我國已廢除之 CNS12755 (Z7210) 玩具槍國家標準內所規定玩具槍射出彈丸動能需低於 0.4 J，此一動能於射擊直徑 6 mm 玩具塑膠彈丸時可換算得動能密度為 1.414 J/cm^2 ，亦未達足以射入眼球之動能密度。

造成單純眼部槍傷之槍枝多屬低動能空氣槍，不僅常發生於較年輕之族群，且其治療之癒後效果不佳，故甚受醫療領域之重視 (Tabatabaei et al, 2018)。有文獻指出低動能空氣槍傷中屬眼部槍傷者可達 5.7% (McNeill & Annett, 1995)，且近年來空氣槍造成之眼部槍傷有快速增加之趨勢 (Lee & Fredrick, 2015)，因此部分國家就空氣槍進行分級管制，將可造成眼部槍傷之低動能空氣槍納入管制。例如日本在「銃砲刀劍類所持等取締法」及該法之「施行規則」和「施行令」中，將對人之生命足以產生危害，槍口動能密度最大值大於 20 J/cm^2 之空氣槍以「空氣銃」之名義進行管制。對人體足以產生傷害，槍口動能密度最大值大於 3.5 J/cm^2 之空氣槍以「準空氣銃」之名義進行管制。 3.5 J/cm^2 之動能密度即為 6.4 mm 鋼珠可穿入眼球之動能。大陸地區則將射出彈丸動能密度達者 1.8 J/cm^2 以「空氣槍」之名義進行管制 (中國公安部，2007)，射出彈丸動能密度 $0.16\text{--}1.8 \text{ J/cm}^2$ 者，則以「仿真槍」之名義進行管制 (中國公安部，2008)。其中 1.8 J/cm^2 僅略高於 1.0 mm 鋼珠可穿入眼球之動能 (1.25 J/cm^2)， 0.16 J/cm^2 則略低於 6 mm 彈丸歐盟安全玩具發射物動能上限 0.08 J 之動能密度 0.28 J/cm^2 。義大利進行空氣槍管制時，將射出彈丸動能小於 1 J 者歸類為「軟氣槍」，射出彈丸動能在 1 到 7.5 J 之間者「低動能空氣槍」，射出彈丸動能大於 7.5 J 者歸類為「高動能空氣槍」 (孟憲輝等，2015)。以 6 mm 彈丸進行動能密度計算，則 1 J 和 7.5 J 分別等於 3.5 J/cm^2 和 26.5 J/cm^2 ，分別與穿入人體眼球和穿透人體皮肉層所須動能密度相當。顯示部分管制槍枝之國家對空氣槍採分級管制時，已將彈丸具備穿透人體眼球之動能採為管制低動能空氣槍之殺傷力判斷標準。

三、穿入人體皮膚

皮膚是人體具保護功能的最外層組織，也是抗彈性能最佳的組織之

一。關於射出彈丸對皮膚造成傷害所需動能之文獻報導頗多，以穿入（penetration）皮膚但未穿過（perforation）皮膚為判定標準者，其所需之動能較低。Di Maio 等以人體下肢為試射標的之研究發現（Di Maio, 1982），使用 0.22 英吋拉鈴形空氣槍鉛彈丸射擊時，穿入但不穿過皮膚所需之動能密度為 10.09 J/cm^2 。中共學者研究發現穿入皮膚所需的最小動能密度為 9.8 J/cm^2 左右（隋樹元，王樹山，2000），與 Di Maio 的測試結果相近。英國內政部鑑識機構 Forensic Science Service (FSS) 以帶皮豬腹肉進行試射，研究彈丸或鏢狀物穿入皮膚所需動能，所得數據經換算結果各種發射體穿入皮膚所需動能密度分別為：0.22 英吋彈丸需 10.56 J/cm^2 ，0.177 英吋彈丸 9.37 J/cm^2 ，0.22 英吋鏢狀物 5.60 J/cm^2 ，0.177 英吋鏢狀物 6.54 J/cm^2 (Firearms Consultant Committee, 2002)，顯見拋射體類型和形狀對其侵徹力有極大影響，口徑較小或前端尖銳之拋射體，其侵徹力均較強。

四、穿入人體皮肉層

除了眼球之外，人體所有的致命性器官和血管均受厚度略有變化的皮膚之保護，即使是最接近體表的重要血管，例如顳部（太陽穴）動脈，也在表皮下 3-5 mm 處。顳動脈若遭彈丸擊中而破裂，失血過多即可導致死亡。因此，唯有足以穿過人體皮膚，進入皮下組織之彈丸才可能形成致命性射創。我國司法和鑑識實務均採用「在最具威力之適當距離，以彈丸能穿入人體皮肉層之動能為標準」作為槍枝殺傷力的判定標準。此一槍彈殺傷力判定標準雖然表面上看來只是穿過人體皮膚抵達皮下之肌肉層，實質上具備此等侵徹力之彈丸只要擊中特定部位，例如顳部，即具有致命性。因此，以我國「槍砲條例」的法定刑度而言，此一標準是合理的。

以穿過皮膚為槍彈殺傷力判定標準時，其所需之動能較穿入皮膚之動能高。第一個試圖測定彈丸穿過人體皮膚所需之最低速率的是 Journee (DiMaio, 1999)，他在 1907 年觀察到被馬皮彈回的低速彈丸，在移除皮膚後卻能射入馬的肌肉達 20 公分深。因此發現皮膚的抗彈能力遠高於肌肉，乃以人的屍體進行試射實驗，發現以直徑 11.25 mm、質量 8.5 g 的球形鉛丸射擊時，穿過皮膚所需最小射速為 70 m/s，換算成動能密度為 20.87 J/cm^2 。1940 年代 Grunfest 替美國軍方所做的研究指出 (Grunfest et al, 1945)，以直徑 0.125 英吋的鋼珠射擊，穿入皮膚所需之最低射速為 51.8 m/s。Matoo 等於 1974 年以人體大腿為試射標的，直徑 8.5 mm、質量 4.5 g 的球形鉛丸穿過皮膚所需最小射速為 71.3 m/s，換算成動能密度為 20.19 J/cm^2 (Matoo et al, 1974)。Di Maio 等以人體下肢為試射標的之研究則發現 (Di

Maio, 1982), 使用直徑 0.177 英吋的扯鈴形空氣槍鉛彈丸射擊時, 穿過皮膚所需最小動能為 18.03 J/cm^2 ; 以 0.22 英吋的扯鈴形空氣槍鉛彈丸射擊時, 動能達 12.74 J/cm^2 時即可能穿過皮膚, 動能達 16.51 J/cm^2 以上時則必可穿過皮膚。以 0.38 英吋的圓頂鉛彈頭射擊時, 穿過皮膚所需最小動能為 19.11 J/cm^2 。由前述可知穿入人體皮肉層之動能並不固定, 受彈丸類型、直徑、質量和皮膚特性之影響, 低至 12.74 J/cm^2 即可能穿過皮膚, 最高者則為 20.87 J/cm^2 。我國採取日本科學警察研究所的研究結果, 認定單為面積動能達 20 J/cm^2 以上之彈頭, 即可穿入人體皮肉層而具殺傷力(翁景惠等, 2001)。

McKenzie 等人分別以 0.177 英吋的尖頭和鈍頭扯鈴形空氣槍鉛彈丸射擊死亡 10 分鐘以內的豬隻, 發現穿過豬皮所需的最低動能密度分別為 22.09 和 24.33 J/cm^2 (McKenzie et al, 1995)。我國鑑識單位以直徑 6 mm 的鋼珠進行豬隻活體試射實驗結果顯示, 鋼珠動能達 24 J/cm^2 即可射穿豬體皮肉層(翁景惠, 1993), 與 McKenzie 等人之豬體試射結果相近。國內案例顯示, 具殺傷力空氣槍射出彈丸動能密度僅 21 J/cm^2 , 也可射穿人體皮膚組之中角質層最厚、抗彈丸穿入能力最強的手指部的皮肉層, 造成穿入性射創(陳福振等, 2011)。

五、使受創器官喪失功能

軍方認定槍枝是否具備「殺傷力」時, 係以「射出彈頭擊中人體之任一器官均可使該器官喪失功能」而使人失去作戰能力為致傷標準(casualty criteria), 我國和美國軍方彈頭動能的致傷標準為 78.6 焦耳(Wilber, 1977)。中共有學者指出慣用的殺傷標準為 160 J/cm^2 (隋樹元, 王樹山, 2000)。此外也有學者指出各國軍方的致傷標準並不一致, 如法國為 40 焦耳, 德國和美國為 80 焦耳, 瑞士為 150 焦耳, 俄國則為 240 焦耳, 顯示此種標準並不實用(Kneubuhl et al, 2011)。軍方致傷標準彈丸所須具備之動能較高, 且以符合槍彈軍事用途癱瘓敵人之目的, 而非造成創傷, 並不適合作為因維護治安而管制之槍枝的「殺傷力」認定標準。

六、具致命性

亦有認為槍砲為攻擊武器, 應能致命才算具殺傷力者。英國火器管制法(The Firearms Act 1968)即將槍枝(firearms, 又稱火器)定義為「致命性之管狀武器」(barreled lethal weapon)(English & Card, 2001), 以致命性作為認定管制槍枝的構成要件。此種判定管制槍枝之標準看似嚴苛, 實質上卻

難以訂出具體易操作之判定原則。因為除彈丸動能之外，擊中之身體部位及被害人生理及器官之個別差異均可明顯影響彈丸之致命性。例如在表皮下3-5 mm處顫動脈若遭動能略高於 20 J/cm^2 之彈丸擊中，即可因失血過多導致死亡。另外，我國槍擊致命案例顯示，即使是軀幹部位遭相對低動能之彈丸擊中，亦有致命性（黃小琴等，2008）。該案嫌犯與被害人激烈口角後，返家取出裝填金屬彈丸之空氣槍，朝約7.1公尺外之被害人射擊3槍，彈丸分別擊中被害人左胸、右臂及左腰部髖骨處，被害人遭槍擊受傷後，經送醫手術治療，不治死亡。涉案槍枝經鑑識機關以金屬彈丸試射3次，測得最大發射動能10 J，換算動能密度為 38 J/cm^2 ，顯示空氣槍發射之金屬彈丸動能即使在我國槍彈殺傷力判定標準2倍以下，仍可穿入軀幹，傷及重要器官而致命。故若於判斷槍彈殺傷力時，必須將擊中身體之部位及人體生理特徵之個別差異納入考慮，將使殺傷力之判斷趨於複雜，更難定出足以令人信服的量化判定標準。

從前述探討可知，我國司法實務以射出彈丸足以穿入人體皮肉層的動能密度作為槍彈殺傷力的判定標準。進行動能測試時，則採日本科學警察研究所的研究結果，認定 20 J/cm^2 為足以穿入人體皮肉層的最低動能密度。此一標準之確立，使得造成穿刺性槍傷的槍彈殺傷力鑑定不再有爭議，在涉及槍彈刑案的偵審上，也因而有科學性的明確數據可資遵循。但是隨著全球性非法武器的擴散和氾濫，我國非法槍彈的類型不再侷限於輕兵器的動能彈。近年來，警察機關已經多次查獲較大口徑且終端彈道效應異於動能彈之軍事武器，也發現有射擊大口徑非金屬彈丸的低致命性武器在市面販售。另外以空包彈為發射動力的工具槍，如打釘槍和屠宰用擊昏槍，在國內外也都有造成意外、自殺或他殺槍傷之案例。此等特殊類型槍彈之殺傷力判定標準和鑑定方法亦應另行探討。

參、穿刺性槍傷之殺傷力鑑定

「以彈丸能穿入人體皮肉層之動能為標準」是我國關於槍彈殺傷力的判定標準。從彈道學角度觀之，彈丸穿入人體皮肉層為終端彈道效應，而彈丸所具動能則屬外彈道特性，顯示我國槍彈殺傷力判定標準從彈丸之外彈道特性研判其終端彈道表現的本質。而彈丸動能又係槍膛內高壓氣體膨脹做功，推送彈丸加速，使彈丸高速射出槍管之結果，亦即彈丸之外彈道特性係根源於槍枝之內彈道效應。因此司法實務雖未明確規範槍彈殺傷力之鑑定方法，槍彈鑑識領域仍能依據槍彈特性，研發出合乎內彈道學、外彈道學或終端彈

道學原理的槍彈殺傷力鑑定方法。本文就目前我國鑑識機關使用之槍彈殺傷力鑑定方法分別探討如下。

一、性能檢驗法

性能檢驗法係根據槍枝的內彈道特性判斷其殺傷力，應用於缺乏適用子彈或射擊時可能危及鑑定安全的非制式槍枝之殺傷力鑑定。內彈道學領域涵蓋從撞針擊發子彈底火起，至彈頭離開槍口止，其間槍膛內發生的各種物理現象和化學變化。如：底火藥擊發爆炸、火藥爆燃、膛壓變化和彈頭加速等均屬之。因此，欲根據內彈道特性研判槍枝殺傷力必須先檢測槍枝的機械性能，證明槍枝針對適用子彈可正常進行裝填、閉鎖、待擊發和擊發等動作。接著要證明擊發動作確可擊發子彈之底火，並須確認槍管通暢，高壓火藥燃氣可推送彈頭經由槍管射出。最後根據槍管和槍機的材質結構，研判槍枝可否承受火藥燃氣產生之高壓，順利射出具殺傷力的彈頭。

進行性能檢驗法鑑定時，先將槍枝分解，以觀察機械結構是否完整，槍管是否貫通，直接承受膛壓之槍管、滑套、槍機、撞針、轉輪等零件材質，是否足以承受可發射動能密度 20 J/cm^2 彈丸的膛壓。再將槍枝結合，以空槍進行開栓、裝填、閉鎖、待擊發及擊發等機械動作之操作試驗。使用啞彈進行裝填和退彈試驗，並使用油泥或監測白紙，觀察撞針擊發時可否擊中啞彈底火留下凹痕，以判斷射擊時撞針凸出量和擊發性能。最後再裝填含底火彈殼、塑膠底火或紙底火，進行擊發測試，以測試槍枝擊發底火之性能。最後再根據槍管和槍機是否為金屬材質，結構是否完整牢固，以研判槍枝可否承受一定程度之高膛壓，而射出具殺傷力彈丸。英國曾有使用性能檢驗法鑑定空氣槍為致命性武器的案例（Sampson, 2002）。

有國內研究（孟憲輝，2015A）針對結構完整、機械性能正常，且具備適用子彈之送鑑非制式手槍，進行試射並量測彈丸質量、直徑和射速，求得彈丸動能密度。試射之 143 枝非制式手槍中，彈丸動能密度高於 20 J/cm^2 者達 142 枝，僅一枝改造手槍射出彈丸動能密度為 3.85 J/cm^2 。該改造槍枝原有之塑膠槍管，僅遭車通阻鐵貫通槍管，並未換裝金屬槍管。試射時塑膠槍管爆裂，高壓火藥燃氣外洩，故射出彈丸動能極低。其餘非制式手槍均使用金屬槍管，可承受火藥爆燃產生之高膛壓。動能測定結果顯示，使用金屬槍管的非制式手槍，經性能檢驗鑑定為具殺傷力槍枝者，其射出彈丸均具備殺傷力，證明性能檢驗法確可準確地進行非制式槍枝之殺傷力鑑定。

二、實物貫穿法

本法使用貫穿動能略高於穿入人體皮肉層所需動能之監測板（witness plate）為被射物進行試射，再根據監測板之終端彈道效應判斷槍枝殺傷力，鑑定程序和設備簡單，鑑定結果明確，但無量化數據可供參考。日本有以杉木板為監測板之案例（吳耀宗，1993），美國測試防彈材料研判是否遭貫穿時，則以鋁板置於防彈材料後方作為監測板，以研判貫穿物是否有殺傷力（National Institute of Justice, 1985）。我國發展出使用 0.65mm 厚監測鋁板的殺傷力鑑定法（Lee & Meng, 2011；Hsiao & Meng, 2018），監測鋁板貫穿動能密度為 22.4 J/cm^2 ，試射彈丸若貫穿監測板，其動能密度必大於 20 J/cm^2 。監測板可放置於彈丸測速器後方，做為動能測定法的參考比對方法，也可放置於土改造子彈擊發設備內，用來鑑定土改造子彈之殺傷力。我國鑑識實務機關另發展貫穿動能密度約 16 J/cm^2 之監測板，進行空氣槍之動能初篩檢測，彈丸貫穿監測板者才進行後續之動能測定，未貫穿鋁板者即判斷不具殺傷力。動能初篩用監測板之貫穿動能略低於美國文獻所載穿入人體皮肉層所須動能 16.51 J/cm^2 ，可有效篩除顯不具殺傷力之槍枝，減少偽陰性初篩結果（Di Maio, 1982），又可有效提高數量龐大之空氣槍殺傷力鑑定效能。

三、動能測定法

動能測定法必須進行實彈試射，並測定彈丸距槍口一定距離處之射速，回收射出彈丸，量測其質量和截面半徑，計算射出彈丸之動能密度，作為判定槍彈殺傷力的依據。試射時通常使用光柵式彈頭測速器進行測速，亦有使用高速攝影機進行測速者（Hsiao & Meng, 2018）。光柵式測速器通常具有 2 個具有可見光或紅外光源之光柵，光源對側則有光電感應器。兩光柵間距固定，測速時第 1 光柵置於接近槍口處，第 2 光柵置於遠離槍口處。射出彈頭經過第 1 光柵時遮蔽光源，產生之陰影投射在光電感應器上，產生電流訊號啟動精準計時器（chronograph），彈頭經過第 2 光柵產生之訊號則關閉計時器。測速器內建功能將兩光柵間之距離除以經過之時間，測得兩光柵間之平均射速。再以下列公式計算射出彈頭動能和動能密度：

$$E = mv^2/2 \quad (1)$$

$$a = \pi r^2 \quad (2)$$

$$ED = E/a \quad (3)$$

其中 E 、 m 、 v 、 a 、 r 、 ED 分別為彈頭動能、質量、射速、截面積、半徑和

動能密度。

本法所得結果可直接根據量化標準 20 J/cm^2 判定試射槍彈之殺傷力，並可提供射出彈丸動能密度數據供法官量刑之參考，為訴訟爭議最少的槍彈殺傷力鑑定方法。但使用本法進行空氣槍殺傷力鑑定時，下列因素可影響彈丸測速結果，進而影響殺傷力之判定：(1) 彈丸材質、質量和形狀對測得之彈丸射速均有顯著之影響（陳全儀，孟憲輝，2017）；(2) 測速器兩光柵之中點距槍口越遠，測得之彈丸射速越低，測速距離差距過遠時，射速之變異即達顯著程度（陳福振等，2016）；(3) 測試環境溫度越高，測得之彈丸射速越高，溫度變化超過一定範圍，彈丸射速即呈現顯著之變異（Meng et al, 2013）。即使是火藥式槍枝，測試環境溫度也對彈頭測速結果有顯著之影響（孟憲輝，2015B）。前述各項因素都可造成槍彈殺傷力鑑定結果之顯著差異，不同鑑識機關間應採用相同的標準操作程序，才能獲致一致性之鑑定結論，提升鑑定結果之可信度。

四、X 光攝影分析法

射擊大口徑槍砲和彈藥時，射出之彈頭多為內含炸藥之高爆彈，其終端彈道破壞機制包含衝擊波危害和高速破片殺傷。具有圓錐形裝藥之高爆彈頭更可產生高速射流，發揮穿透裝甲之破壞效應。由於該類彈藥之終端彈道破壞機制與彈頭動能無關，故動能測定法不適用於其殺傷力之鑑定。高爆彈擊中目標爆炸產生之衝擊波破壞力極大，高速破片殺傷範圍大，高速射流更難以控制與抵擋，故槍彈鑑識實驗室無法以試射方式進行鑑定。以 X 光攝影對結構複雜的高爆彈進行結構分析，並與軍規標準彈藥之結構設計進行比對，可評估其構造完整性，及是否具備殺傷功能。並可從保險裝置之狀態判斷保險是否解除，從底火藥、發射火藥和炸藥之狀態研判是否已經擊發，再綜合研判其是否為具殺傷力未擊發彈藥（孟憲輝，2016）。X 光穿透物體時，由於物體對 X 光的吸收和散射效應，可導致穿透物體之 X 光強度衰減，其衰減率遵循下列公式：

$$\ln I_0/I = \mu \rho x \quad (4)$$

其中 I_0 、 I 、 μ 、 ρ 和 x 分別為入射 X 光強度、穿透 X 光強度、質量衰減係數、照射物體之密度及厚度。

鑑定大口徑高爆彈時先進行外觀觀察，辨識其外表之文字及標記，以辨識彈藥口徑、類別、軍規型號、生產廠商、批號和生產日期。若外觀完整，且無空彈和啞彈標記，即可初步研判為未擊發實彈。另應量測彈藥直徑、尺

寸和質量，並與同型軍規高爆彈之規格進行比較，以確認彈藥口徑、類別和型號。最後進行X光攝影，射入X光因彈藥內部零件組成元素、密度和厚度之變化，其穿透率不同，所得X光影像可呈現彈藥內部構造的灰階差異和零件輪廓，可與同型軍規高爆彈之設計圖或模型進行比對，研判其終端彈道性能。分析內部金屬零件的形態、結構、相關位置和完整性，所得結果可供研判彈藥是否已未擊發、發射或爆炸，據以判斷鑑定之彈藥是否為具殺傷力之完整實彈。

五、射擊後彈殼特徵測定法

當槍擊現場僅採得射擊後彈殼，無涉案槍枝或未擊發子彈可供進行殺傷力鑑定時，本法可根據內彈道原理和金屬受應力產生塑性變形之特性，進行射擊後彈殼塑性變形特徵量測分析、工具痕跡辨識、彈頭殘留痕跡辨識和射擊殘跡分析，據以研判擊發該彈殼之槍枝的殺傷力（孟憲輝，2018A）。在閉鎖完全之槍枝內擊發定裝彈時，撞針首先撞擊底火皿，引爆底火藥，並在底火皿上留下撞針痕。底火藥爆炸產生之火花傳入彈殼火藥室，引燃發射火藥。火藥爆燃產生之高壓火藥燃氣膨脹做功，推動彈頭離開彈殼，在彈殼口部內側留下彈頭痕跡。同時動彈殼向後撞擊槍機面，在底火皿上留下撞針洞印痕和彈底紋。高壓火藥燃氣也使彈殼迅速殼膨脹變形，貼緊彈室內壁，在彈殼側面留下彈室痕。由於膛壓遠高於彈殼之彈性極限，彈頭射出後，膨脹之彈殼僅部分回縮，而在彈殼各部位殘留不同程度之塑性變形特徵。

根據美國運動槍彈製造廠商委員會（Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute, SAAMI）所公布的制式子彈規格（SAAMI, 2015），未擊發彈殼之外徑，由彈殼底部往口部逐漸縮小，彈殼外形略呈錐形。但研究結果顯示（田宇濤，孟憲輝，2019），制式子彈射擊後彈殼因塑性膨脹變形，導致彈殼外徑由底部往上逐漸增大，至中間部位直徑達到最大，往口部再逐漸縮小，呈現彈殼中間部位凸出之膨脹特徵。同一研究使用裝填不同火藥量之9 mm制式子彈進行試射，觀察射擊後彈殼膨脹變形率隨彈頭動能密度變化之情形，發現射出彈頭動能密度較高者，膨脹變形率較大。彈頭動能密度降至 134.0 J/cm^2 時，即無法觀察到明顯的彈殼膨脹變形特徵。此一結果顯示，射擊後彈殼若呈現明顯之塑性膨脹變形特徵，並在彈殼上觀察到撞針痕、彈底紋、撞針洞印痕和彈室痕等擊發子彈產生之工具痕跡，且在彈殼內測得有機和無機射擊殘跡，即可確認該彈殼擊發時射出之彈頭具備之動能遠高於我國殺傷力判斷標準 20.0 J/cm^2 。但若槍擊現場採得之射擊後彈殼未能量測得明顯之膨脹變形，即無法據以研判該次射擊射出彈頭之動能密度究係

高於或低於我國殺傷力判斷標準。亦即本法之適用範圍有其限制，對於擊發時槍枝內膛壓雖高至足以射出具殺傷力彈丸，但尚不足以造成彈殼明顯膨脹變形之情況，即無法藉由射擊後彈殼變形特徵量測、工具痕跡辨識和射擊殘跡分析進行殺傷力判定。

肆、彈道鈍傷殺傷力判定標準之探討

嚴格言之，彈丸的侵徹力才是衡量拋射體終端彈道表現的主要依據，彈道鈍傷與物理學上鈍體衝擊力（blunt force）造成人體創傷之致傷機制相關性較高，故彈道鈍傷並非傳統終端彈道領域的研究重點。事實上，許多非武器型拋射體也可造成鈍傷，如快速飛行之足球、棒球或高爾夫球。另外，非拋射體之物體與人體發生高速碰撞時，也可造成鈍傷，例如車禍時駕駛人遭方向盤或安全氣囊衝擊、人體遭木棒揮擊或人體自高處墜落撞擊地面，都可造成鈍傷。本文僅以與擊發彈藥有關的鈍傷為探討範圍，期能提供適用於彈道鈍傷鑑定之殺傷力判定標準。

根據國外文獻報導，常造成彈道鈍傷的拋射體包括較大口徑之低致命性橡膠彈頭、催淚瓦斯彈和為訓練獵犬叨回獵物而發射的假鴨。2000年以色列警察處理以阿衝突的群眾暴動時，射擊大量低射速橡膠彈頭，造成595人送醫治療。醫療專家對此類彈道鈍傷提出了值得參考的研究報導（Mahajna et al, 2002），其中皮下出血和挫傷是最常見的彈道鈍傷類型。波蘭法醫也報導了鎮暴警察對民眾射擊橡膠彈頭，造成彈道鈍傷的案例（Chowaniec et al, 2008）。催淚瓦斯彈也是警察常用的低致命性武器，法國學者曾報導小口徑催淚瓦斯彈造成嚴重槍傷的案例（Clarot et al, 2003），印度學者則對射擊大口徑催淚瓦斯彈造成頭部槍傷的案例進行探討（Wani et al, 2010），土耳其學者也發表了40 mm口徑催淚瓦斯彈造成臉部槍傷的案例研究。歐洲許多國家都允許人民申請合法持有散彈槍進行狩獵，為訓練獵犬叨回獵物，一般使用空包彈產生的高壓火藥燃氣發射質量和體積都遠大於彈頭的假鴨，讓獵犬尋找並叨回，此類發射體也常因誤射而造成彈道鈍傷（Frank et al, 2010；Frank et al, 2011A）。

電擊槍的意外事件雖以造成興奮性譫妄症候群較為常見，但發射長距電擊彈（extended range electronic projectile, XREP）的電擊槍可射出12GA口徑、質量6.4公克、射速約70-100 m/s之電擊用拋射體，故也可能造成穿刺性槍傷或彈道鈍傷。因此美國研究人員即以屍體為標的，進行了電擊槍射擊的研究，並對造成穿刺性槍傷和彈道鈍傷的可能性做出評估（Lucas et al,

2013）。

國內雖無催淚瓦斯彈、假鴨和電擊槍造成彈道鈍傷的研究和案例報導，但部分治安機關曾使用低致命性橡膠彈頭處理特殊事件，而有產生彈道鈍傷的案例。例如海巡署就使用以火藥為發射動力的橡膠彈頭驅逐越界捕魚的大陸漁民，曾造成彈道鈍傷事件（陳可文，藍孝威，2017）。另外，目前國內市面上也有以液化二氧化碳鋼瓶產生高壓氣體發射球形橡膠彈丸的鎮暴槍，甚至有遭濫用於攻擊他人，造成彈道鈍傷之事件發生（黎百代，2017）。警察機關也全面查緝非法氣動式鎮暴槍，並送請鑑識機關進行殺傷力鑑定。應注意的是在一個氣動式鎮暴槍鑑定案例中，以貫穿動能 16 J/cm^2 的監測鋁板進行初篩測試時，直徑 17 mm 的橡膠彈丸貫穿鋁板。但經鑑識機關以彈頭測速器測定橡膠彈丸射速，計算其成動能密度，僅得 10.05 J/cm^2 。且為符合「槍砲條例」關於「其他槍砲」須「可發射金屬或子彈」的定義，改以直徑 17 mm 的鋁質金屬彈丸試射測定時，其射速明顯降低，測得之動能密度僅 8.24 J/cm^2 。顯見大口徑橡膠彈丸穿透鋁板之終端彈道機制與小口徑金屬彈丸不同，這也可能是此類彈丸雖未穿入人體，卻能在撞擊部位形成彈道鈍傷的原因。

除了低速大口徑彈丸可造成彈道鈍傷外，防彈衣和防彈頭盔等抗彈裝備也是造成彈道鈍傷的另一常見原因。小口徑的高速金屬彈頭擊中穿戴抗彈裝備的人體時，芳香族聚醯胺或超高分子量聚乙烯等抗彈纖維構成之抗彈板，首先阻擋彈頭使其變形成直徑較大之蘑菇狀，以加大接觸面積，降低撞擊壓力和侵徹力。同時將彈頭衝擊形成之壓應力以波的形式快速傳遞擴散，以迅速吸收彈頭能量，使彈頭無法穿過防彈衣進入人體。但此一過程仍會造成抗彈裝備的彈性及塑性變形，擠壓人體，在人體形成彈道凹陷，並將未被防彈衣吸收的殘餘能量傳入人體，造成彈道鈍傷（Miller MA & Levsky ME, 2008）。美國學者（Wilhelm & Bir, 2007）即報導了兩個案例，其射出彈頭並未射穿防彈衣，卻在人體皮膚形成創傷或造成肋骨骨折。

關於鈍體衝擊人體時，最可能造成致命性鈍傷的部位是內有重要維生器官的頭部和軀幹。有學者以胸部遭受衝擊之狀況進行研究，認為影響鈍體造成鈍傷之主要變數有衝擊力峰質（peak force）、衝擊速度（impact velocity）和胸部壓縮（chest compression）（Lucas et al, 2013）。也有認為衝擊能量是影響創傷程度的關鍵因素，40 到 120 J 的衝擊可造成危險性創傷，如瘀傷、肋骨斷裂、腦震盪、失明或接近體表之器官（如肝臟）受損，120 J 以上的衝擊則可造成致命性創傷，如顱骨破裂、腎臟或心臟破損等。（Jones, 2000）。另有研究則將拋射鈍體直徑、受衝擊者體重和衝擊部位體壁厚度納入評估彈道鈍傷之考量（Sturdivan et al, 2004）。本文僅探討三種考慮因素較

周詳之鈍傷評估標準，作為選定彈道鈍傷殺傷力判定標準之參考。

一、黏滯標準 (Viscous Criterion)

本文探討的第一個評估標準是 Lau 和 Viano(1986) 提出的「黏滯標準」 VC_{max} (viscous criterion)，其值為鈍體衝擊人體軀幹時，體腔壁的瞬間移動速度和軀幹瞬間壓縮度乘積的最大值，公式如下：

$$VC_{max} = \max[v(t) \cdot C(t)] \quad (5)$$

其中 $v(t)$ 為撞擊時體腔壁之瞬間移動速度； $C(t)$ 是軀幹瞬間壓縮度，為鈍體撞擊造成之壓縮深度和撞擊部位軀幹厚度之比值。

軀幹遭鈍體快速撞擊時可導致兩種創傷類型，一為胸腔壁壓縮造成肋骨或胸骨斷裂，斷骨刺破重要器官，此類創傷和軀幹的壓縮深度有關。另一為軀幹遭快速壓縮而造成體內重要器官挫傷，或重要血管破裂造成嚴重內出血，本類創傷則和軀幹壓縮深度及壓縮速度都有關。鈍體衝擊軀幹是一個動態變化的過程，初受衝擊之瞬間，軀幹之體腔壁瞬間被加速，其壓縮速度較大，但壓縮深度仍小。隨著軀幹被壓縮越深，壓縮速度逐漸變小，但壓縮深度則漸增至最大值。軀幹壓縮深度越大，造成創傷之可能性越大，但相同的壓縮深度對軀幹厚度不同的人體，其可能造成之創傷程度不同，故以壓縮深度和撞擊部位軀幹厚度的比值作為衡量標準。在動態變化的鈍體撞擊過程，可於某一瞬間求得軀幹壓縮速度和壓縮度乘積的最大值，即能用於衡量該次鈍體撞擊造成鈍傷的潛在能力。Lau & Viano 的研究結果指出 (1986)，鈍體從前方衝擊軀幹時， $VC_{max} = 1.0 \text{ m/s}$ 即有 25% 的機率可導致胸部嚴重受創，造成相同機率的腹部嚴重受創則須 1.2 m/s 的 VC_{max} 值。

VC_{max} 最早由汽車工業應用於評估車輛高速碰撞之創傷危險性，供為研發車輛駕駛人和乘客安全設備之依據 (Lucas et al, 2013)，其數據係在汽車碰撞測試中，從放置於車內人偶的感測設備取得。由於測試標的和目的均不同，且典型彈道衝擊造成的軀幹壓縮速度都高於汽車碰撞試驗測得之數據，故汽車碰撞測試的設備、程序和測得之 VC_{max} 數據都不適合應用至彈道鈍傷的殺傷力評估。不過美國司法研究委員會 (National Institute of Justice) 則將軀幹壓縮深度的概念應用於防彈衣抗彈性能的評估，在抗彈測試的過程，將特定規格的油泥緊貼防彈衣背後。實彈測試結果不僅彈頭不能貫穿防彈衣，防彈衣背面油泥的凹陷也不能超過 44 mm，以降低彈道鈍傷對受保護人體之危害 (National Institute of Justice, 2008)。

二、鈍傷標準（Blunt Criterion）

鈍傷標準（BC）與 $VC_{\max}$ 最大的不同的是，該標準係由美國國防部所發展，為專用於預測拋射鈍體所致創傷的判定標準，主要應用在武器彈藥和防彈裝備的設計與製造。BC 評估的依據包含拋射體動能和代表被衝擊者耐受衝擊能力的身體特徵，其公式如下（Sturdivan et al, 2004）：

$$BC = \ln[1/2 \times m \times v^2 / M^{1/3} \times T \times d] \quad (6)$$

其中 m 、 v 和 d 是拋射鈍體的質量、速度和直徑， M 和 T 是被衝擊身體的總質量和衝擊部位的皮肉脂肪層厚度。

由於 BC 將軀幹的皮肉脂肪層厚度納入考量，表示拋射鈍體動能和尺寸相同時，皮肉脂肪層厚度較薄之衝擊部位，產生嚴重彈道鈍傷的危險性較高。但有研究結果顯示（Lucas et al, 2013），肌肉和脂肪耐受鈍體衝擊的彈性不同，相同皮肉脂肪層厚度的衝擊部位，肌肉和脂肪的厚度比例不同時，其衝擊危險性仍有不同。

將拋射體直徑置於 BC 公式的分母，顯示 BC 標準考量的是拋射體動能密度而非單純的動能，亦即拋射體與被衝擊者的接觸面積對彈道鈍傷之形成有關鍵性的影響。應注意的是直徑較小的拋射鈍體衝擊人體時，其接觸面等於拋射體截面積，但當拋射體直徑加大時，接觸面則受拋射體彈鼻曲率和衝擊部位的影響。因此，針對拋射體直徑達衝擊部位皮肉脂肪層厚度的 2 倍以上時，Sturdivan 針對 BC 公式中拋射體的有效直徑提出修正，修正時先定義接觸面積 A ，再計算公式 (6) 中的修正後拋射體直徑 d 。其修正公式分別如下：

$$A = \pi \times T(d' - T) \quad d' > 2 \times T \quad (7)$$

$$d = 2 \times (A / \pi)^{1/2} \quad (8)$$

其中 d' 和 d 分別為拋射體之原始直徑和修正後直徑。

有文獻顯示，由於頭部的皮肉脂肪層厚度較胸部和腹部小，使用修正後拋射體直徑進行頭部彈道鈍傷之研究，可得到良好的研究結果（Frank et al, 2011A）。BC 針對彈道鈍傷的評估結果經常被用於與傷害等級簡易分類（Abbreviated Injury Scale, AIS）結果相互對照，有發射長距電擊彈衝擊屍體的研究結果顯示（Robbe et al, 2013），胸部彈道鈍傷 BC 估計值為 0.37 時，有 50% 的機率產生 AIS 為 2 級或 3 級之創傷。但受衝擊部位為腹部時，BC 估計值須達 0.65，才有同樣機率的 AIS 2 或 3 級創傷。顯示遭受相同能量規模之鈍體衝擊時，腹部遭受創傷之危險性較胸部低。

傷害等級簡易分類 AIS 之使用始於 1969 年，其後不斷經更新，屬合理易用的創傷嚴重性分級標準，目前由自動醫學促進協會（The Association for the Advancement of Automotive Medicine）的分級委員會隨時檢討更新。該標準將創傷依嚴重程度分成 6 級，1 級為輕度傷害（minor），2 級為中度傷害（moderate），3 級為重大傷害（serious），4 級為嚴重傷害（severe），5 級為危急性傷害（critical），6 級為最嚴重傷害（unsurvivable，無法治療者）。事實上所有的 AIS 6 級傷害及 50% AIS-5 級傷害，其結果是導致死亡（Copes et al, 1990）。根據「外傷嚴重度分數表格」（衛生福利部中央健保署，2008）所載，代表性之 2 級鈍傷在頭部有「單純頭蓋骨骨折」，在胸部有「胸骨骨折」或「2 至 3 跟肋骨骨折」。因此，以實驗結果可產生 2 級創傷之 BC 值作為彈道鈍傷之判定標準是合理的。

三、致命機率標準

前述由 Sturdivan 發展出來的 BC 鈍傷判定標準也被應用於訂定預測彈道鈍傷致命機率的公式（Hoxha & Elliott, 1985），此公式經 Kneubuehl (2011) 修飾成使用公制單位進行運算，成為十分方便的彈道鈍傷判斷標準，其公式如下：

$$P(L) = \{1 + \exp[39.9192 - 3.597 \times \ln(E/M^{1/3} \times T \times d)]\}^{-1} \quad (9)$$

其中 $P(L)$ 為致命機率， E 和 d 分別為拋射鈍體動能和直徑， M 和 T 是被衝擊身體的總質量和衝擊部位的皮肉脂肪層厚度。計算單位為公斤、公尺和秒。

只要訂出衝擊部位之皮肉脂肪層厚度、標準體重值和致命性機率標準，即可計算出特定口徑拋射鈍體的殺傷力判定動能閾值。例如以衛生福利部公布之我國 14 歲女性平均體重 49.8 公斤為計算標準（衛生福利部統計處，2019），衝擊部位為皮肉脂肪層厚度 5 mm 之顱部，拋射鈍體為市售最常見之 17 mm 橡膠鎮暴彈丸，以 $P(L) = 0.5$ （即致命機率 50%）為殺傷力判定標準，代入公式 (9)，即可計算得 17 mm 橡膠鎮暴彈丸的鈍傷殺傷力判定動能閾值為 20.65 J，計算其動能密度為 9.1 J/cm²，遠低於穿刺性槍傷之殺傷力判定標準 20.0 J/cm²。此一結果顯示，若採用穿入人體皮肉層之穿刺性槍傷的殺傷力判定標準進行鑑定，就會把擊中體重約 50 公斤者顱部可造成 50% 致命機率的 17 mm 橡膠鎮暴彈丸判定為不具殺傷力，產生與科學事實不相稱的鑑定結果。因此，建立彈道鈍傷之殺傷力判定標準是與槍彈殺傷力鑑定正確性密切相關的重要議題。

如前所述，只要司法機關和鑑識機關參酌醫療專業意見，經過公開討論，取得共識，訂出致命機率標準，確立體重標準和衝擊部位皮肉脂肪層厚度標準，即可訂出判定各種口徑拋射體之彈道鈍傷殺傷力動能閾值。槍彈鑑識機關執行發射鈍體槍砲之殺傷力鑑定時，只要試射測定拋射鈍體之動能，並量測拋射體直徑，即可據以判定殺傷力之有無。若涉案者犯案時以特定人為射擊對象，則可以射擊目標之體重代入公式(9)，計算出發射鈍體涉案槍彈對被害人之致命機率。

伍、結論與建議

穿刺性槍傷是最典型的槍傷，我國以彈丸能穿入人體皮肉層之動能作為殺傷力判定標準為合乎科學原理之客觀標準，且採取彈丸之動能密度而非單純動能作為量化標準，更可降低彈丸口徑對殺傷力鑑定之影響。穿入人體皮肉層之動能密度可因彈丸類型和被射擊者之生理特徵差異而有變化，美國文獻顯示 16.51 J/cm^2 以上即可穿入人體皮肉層，但我國採取日本科學警察研究所之研究結果，以 20.0 J/cm^2 為殺傷力判定標準，合乎我國近年強調保障犯罪人人權的司法政策和審判實務，亦可避免管制非法槍枝之執法困擾及訴訟爭議。但應注意的是，低動能空氣槍是造成眼部槍傷之主因，且空氣槍造成之眼部槍傷有快速增加之趨勢，部分國家管制槍枝的新趨勢是對空氣槍採取分級管制措施，將彈丸足以穿透眼球之動能訂為低動能空氣槍的管制標準，值得一向重視兒少權益的我國參考。

我國常用之穿刺性槍傷殺傷力鑑定方法有：以內彈道原理和機械原理為依據的性能檢驗法、依循終端彈道原理的實物貫穿法、應用外彈道原理的動能測定法、以機械原理和終端彈道原理為依據的X光攝影分析法、以及應用內彈道原理和材料科學原理射擊後彈殼特徵測定法。有研究針對經性能檢驗法和射擊後彈殼特徵測定法判定具殺傷力之槍彈進行彈丸動能測定，以確認鑑定結果之正確性，結果顯示測得之彈丸動能都高於殺傷力判定標準。證明各種槍彈殺傷力鑑定方法不僅植基於紮實的科學原理，具備嚴謹有效的標準作業程序，且鑑定結果也都精準可信。

動能彈造成創傷之機制並非單一，低射速大口徑彈頭，侵徹力較弱，擊中人體時雖不易造成穿刺性槍傷，所具備之動能仍足以造成彈道鈍傷。其創傷機制為將遭撞擊部位壓縮變形，導致骨折並對體內重要組織和器官造成傷害，因此穿刺性槍傷之殺傷力判定標準並不適用於彈道鈍傷之鑑定。鈍傷判定標準 BC 是評估彈道鈍傷的客觀標準，不但考量拋射體的動能密度，就被

射擊者的體重和皮肉脂肪層厚度也一併納入考量，足以呈現被射者耐受衝擊能力的生理差異。根據 BC 發展出之彈道鈍傷致命機率公式則可直接應用於彈道鈍傷之殺傷力鑑定。

為求槍彈殺傷力鑑定程序之完備及鑑定結果之正確，以保障人民生命安全，建議我國司法機關及鑑識機關參酌醫療專業意見，訂出彈道鈍傷之致命機率標準，並確立體重標準和皮肉脂肪層厚度標準，以利代入彈道鈍傷致命機率公式，針對不同口徑之拋射體訂出判定彈道鈍傷殺傷力的動能閾值。

參考文獻

中文部分

中國公安部（2007）。枪支致伤力的法庭科学鉴定判据 - GA/T 718 2007。

中國公安部（2008）。仿真枪认瞄标准。

王宛茹，翁景惠（2004）。證據--台灣福爾摩斯翁景惠回憶錄，早安財經文化有限公司，台北：115-126。

田宇濤，孟憲輝（2019）。以射擊後彈殼鑑別殺傷力之可行性評估。中央警察大學鑑識科學研究所碩士論文。

吳耀宗（1993）。武器管制法制之研究 - 以我國「自衛槍枝管理條例」及「槍砲彈藥刀械管制條例」為重點，中央警官學校出版社，桃園：237-238。

孟憲輝（2002）。輕型槍枝辨識特徵綜論，刑事科學 53：103-128。

孟憲輝（2015A）。槍砲彈藥刀械管制條例所列模擬槍管制問題之研究，科技部專案研究計畫報告，計畫編號 MOST 104-2410-H-015-003。

孟憲輝（2015B）。環境溫度對彈頭動能之影響，執法新知論衡 11（1）：1-8。

孟憲輝（2016）。40 公釐低速高爆榴彈之非破壞性 X 光鑑識，警學叢刊 47（1）：1-22。

孟憲輝（2018A）。以擊發後彈殼進行殺傷力鑑定之案例研究，執法新知論衡（已接受）。

孟憲輝（2018B）。空包彈創傷彈道及案例探討，刑事科學 84：1-14。

孟憲輝，陳全儀，李協昌（2015）。空氣槍分級管制可行性之探討，刑事科學 79 期：19-34。

林庚棟等（2016）。臺灣士林地方法院 105 年度重訴字第 14 號刑事判決。

翁景惠（1993）。槍枝「殺傷力」之研究，刑事科學 35：41-56。

翁景惠等（2001）。槍枝殺傷力認定之疑義，刑事科學 52：65-82。

陳可文，藍孝威（2017）。陸漁船越界 海巡射彈嚇阻 2 傷。中國時報，2017 年 05 月 07 日。

陳全儀，孟憲輝（2017）。彈丸特性對空氣槍發射動能之影響。中央警察大學鑑識科學研究所碩士論文。

陳福振，陳全儀，孟憲輝（2016）。氣體動力式槍枝不同動能測試法之比較，2016 年犯罪偵查與鑑識科學國際研討會論文集，桃園：149-154。

陳福振等（2011）。氣體動力式槍枝殺傷力判定之實例探討，2011 年鑑識科

- 學暨野生保育應用國際研討會論文集，桃園：77-80。
- 隋樹元，王樹山（2000）。終點效應學，國防工業出版社，北京：3。
- 黃小琴等（2008）。南投地方法院 96 年度重訴字第 8 號刑事判決。
- 葉昭渠（1984）。「第三章 創傷」，法醫學講義，4 版，中央警官學校，臺灣桃園：62-128。
- 廖正豪（1983）。槍砲彈藥刀械管制條例之解析。刑事法雜誌 27(5)：1-75。
- 衛生福利部中央健保署（2008）。外傷嚴重度分數表格，下載自：https://www.nhi.gov.tw/Resource/webdata/Attach_16673_2_Attach_729_2_ISS_外傷嚴重度分數表格970730.pdf。
- 衛生福利部統計處（2019）。2013-2016 身高、體重、身體質量指數，下載自：<https://dep.mohw.gov.tw/DOS/lp-1720-113-5-20.html>。
- 黎百代（2017）。開合跳打招呼男竟遭鎮暴槍傷腹。壹週刊，2017 年 1 月 8 日，下載自：<http://www.nextmag.com.tw/realtimenews/news/221612>。

外文部分

- Carlucci DE & Jacobson SS, 2014, Ballistics- Theory and design of guns and ammunition, 2nd Ed. CRC Press, London, UK: 523-546.
- Chowaniec C et al, 2008, Case-study of fatal gunshot wounds from non-lethal projectiles. Forensic Sci Int 178: 213-217.
- Clarot F et al, 2003, Lethal head injury due to tear-gas cartridge gunshots. Forensic Sci Int 137: 45-51.
- Copes WS et al, 1990, Progress in characterizing anatomic injury, J Trauma 30(10): 1200-1207.
- Corbacioglu SK et al, 2016, Rare and severe maxillofacial injury due to tear gas capsules: Report of three cases. J Forensic Sci 61, doi: 10.1111/1556-4029.12954.
- Di Maio VJM, 1982, Minimal velocities necessary for perforation of skin by air pellets and bullets. J Forensic Sci 27: 894-898.
- English J, Card R, 2001, Chapter 24 Firearms in Butterworths Police Law, Seventh ed., Butterworth, London: 560-582.
- European Standard, 2014, EN 71-1(BS 5665-1), paragraph 4.17.3 (a)(1).
- Firearms Consultant Committee, 2002, The eleventh annual report. The Stationery Office, London UK: 93-96
- Frank M et al, 2010, Trauma potential and ballistic parameters of cal. 9 mm P.A.

- dummy launchers. *Forensic Sci Int* 200; 108-111.
- Frank M et al, 2011A, Blunt Criterion trauma model for head and chest injury risk assessment of cal. 380 R and cal. 22 long blank cartridge actuated gundog retrieval devices. *Forensic Sci Int* 208: 37-41.
- Frank M et al, 2011B, Sturdivan's formula revisited: MRI assessment of anterior chest wall thickness for injury risk prediction of blunt ballistic impact trauma. *Forensic Sci Int* 212: 110-114.
- Gibbons JA et al, 2017, Human electrical muscular incapacitation and effects on QTc interval. *J Forensic Sci* 62, doi: 10.1111/1556-4029.13490.
- Grungfest H et al, 1945, Ballistics of the penetration of human skin by small spheres, National Research Council, Missiles Casualties Report No 11.
- Heard BJ, 1997, Handbook of firearms and ballistics- Examining and interpreting forensic evidence. John Wiley & Sons, Chichester, UK: 90-91.
- Hoxha S, Elliott JE, 1985, Simulation of Area Weapons Effects (SAWE) Safety Criteria, US Army Armament Research and Development Center, Dover.
- Hsiao YT, Meng HH, 2018, Evaluation of wounding potential of airguns using aluminium witness plates, *Australian J Forensic Sci*, DOI: 10.1080/00450618.2018.1553207.
- Jones TL, 2000, Specialty police munitions. Paladin Press, USA.
- Kneubuhl BP et al. 2011, Wound ballistics- Basics and applications, Springer-Verlag GmbH, Berlin, Germany: 180.
- Lau IV, Viano DC, 1986, The viscous criterion- bases and applications of an injury severity index for soft tissues. Proceedings of the 30th STAPP Car Crash Conference; 1986 Oct 27-29; San Diego, CA. Ann Arbor, MI: The Stapp Association, 1986; SAE Paper No. 861882.
- Lee HC, Meng HH, 2011, The development of witness plate method for the determination of wounding capability of illegal firearms, *Forensic Sci J* 10: 19-28.
- Lee R, Fredrick D, 2015, Pediatric eye injuries due to nonpowder guns in the United States, 2002-2012, *JAAPOS* 19(2): 163-168.e1.
- Lucas SR et al, 2013, Assessment of the TASER XREP blunt impact and penetration injury potential using cadaveric testing. *J Forensic Sci* 58, doi: 10.1111/j.1556-4029.2012.02298.x.
- Mahajna A et al, 2002, Blunt and penetrating injuries caused by rubber bullets during the Israeli-Arab conflict in October, 2000: a retrospective study.

- Lancet 359: 1795-800.
- Matoo BN, Wani AK, and Asgekar MD, 1974, Casualty criteria for wounds from firearms with special reference to shot penetration Part II. J Forensic Sci 19: 585-589.
- McKenzie HJ, Coil JA, and Ankney RN, 1995, Experimental thoracoabdominal airgun wounds in a porcine model, J Trauma 39: 1164-1167.
- McNeill AM, Annett JL, 1995, The ongoing hazard of BB and pellet gun-related injuries in the United States. Ann Emerg Med 26: 187-194.
- Meng HH, Tsai PC, Chen, YH, 2013, The effect of ambient temperature variation to the muzzle energy of airguns. Forensic Sci J 12: 47-56.
- Miller MA, Levsky ME, 2008, Chest injury while wearing a bullet-proof vest. American Journal of Emergency Medicine 26: 736.e1.
- National Institute of Justice, 1985, Ballistic Resistant Protective Materials, NIJ Standard 0108.01, US Department of Justice.
- National Institute of Justice, 2008, Ballistic Resistance of Body Armor, NIJ Standard 0101.06, US Department of Justice.
- Powley KD et al, 1997, Velocity necessary for a BB to penetrate the eye: An experimental study using pig's eyes. Wounds Ballistics Rev 3: 10-12.
- Robbe et al, 2013, An hybrid experimental/numerical method to assess the lethality of a kinetic energy non-lethal weapon system, 27th international symposium on ballistics, Freiburg, Germany: 482-494.
- SAAMI, 2015, Voluntary industry performance standards for pressure and velocity of centerfire pistol and revolver ammunition for the use of commercial manufacturers. American National Standard Z299.3: 27.
- Sampson F, 2002, Blackstone's police manual- General police duties, Blackstone Press, UK: 217.
- Sturdivan LM, Viano DC, Champion HR, 2004, Analysis of injury criteria to assess chest and abdominal injury risks in blunt and ballistic impacts, J Trauma 56(3): 651-663.
- Tabatabaei SA et al, 2018, Pellet gun injury as a source of ocular trauma; a retrospective review of one hundred and eleven cases, J Curr Ophthalmol 30: 239-244
- Vogel H, 2007, Rays as weapons. European J Radiology 63: 167-177.
- Wani AA et al, 2010, Head injury caused by tear gas cartridge in teenage population. Pediatr Neurosurg 46: 25-28.

- Warlow TA, 1996, Firearms the law and forensic ballistics. Taylor & Francis, London, UK: 111-112.
- Wilber CG, 1977, Ballistic science for the law enforcement officer, Charles C Thomas Publisher, USA: 135.
- Wilhelm M, Bir C, 2008, Injuries to law enforcement officers: The backface signature injury. Forensic Sci Int 174: 6-11.