

基于颅骨及四肢骨骨折程度推测坠落高度

高飞^{1,2}, 杨宁¹, 戴运达¹, 张启宇^{1,2}, 汤艺坤², 赵虎¹

(1. 中山大学中山医学院法医学系//广东省法医学转化医学工程技术研究中心, 广东 广州 510080;
2. 广州市公安局越秀区分局, 广东 广州 510055)

摘要:【目的】探索高坠所致的颅骨及四肢骨的骨折程度与坠落高度的相关性。【方法】收集2014年6月至2018年5月发生在广州市越秀区、具有颅骨骨折和(或)四肢骨骨折且无中间障碍物及接触面为硬质平面的高坠案例共66例。根据《人体损伤程度鉴定标准》的线性、粉碎性及开放性3种骨折形态等级分别赋值1~3分,并参考《简明损伤定级标准2005》损伤区域计算最大AIS值(MAIS)。针对坠落高度(Y)与颅骨骨折程度(X_1)、四肢骨骨折程度(X_2)、年龄(X_3)、性别(X_4)等因素进行多重线性回归分析。【结果】年龄是骨折程度的分级与定量的影响因素。颅骨和四肢骨的骨折程度与坠落高度均具有正相关性(分别为 $r_1 = 0.698$ 和 $r_2 = 0.780$)。坠落高度的线性回归方程: $\hat{Y}(m) = 6.660 + 2.843 X_1 + 2.664 X_2 - 0.099 X_3$, $R^2 = 0.871$, 误差为 ± 4.577 m。【结论】研究提示颅骨和四肢骨的骨折程度是推测坠落高度的重要指标。经案例验证与高度阈值检验,回归方程具有较好的实际应用价值。

关键词: 颅骨; 四肢骨; 骨折程度; 坠落高度; 线性回归

中图分类号: DF795.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2020)05-0726-06

Prediction of Falling Height Based on the Fracture Degree of Skull and Extremity Bones

GAO Fei^{1,2}, YANG Ning¹, DAI Yun-da¹, ZHANG Qi-yu^{1,2}, TANG Yi-kun², ZHAO Hu¹

(1. Faculty of Forensic Medicine, Zhongshan School of Medicine// Guangdong Province Translational Forensic Medicine Engineering Technology Research Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; 2. Yuexiu Branch of Guangzhou Public Security Bureau, Guangzhou 510055, China)

Correspondence to: ZHAO Hu; E-mail: zhaohu3@mail.sysu.edu.cn

Abstract: 【Objective】 To explore the correlation between the falling height and the fracture degree of skull and extremity bones. 【Methods】 A total of 66 cases of high falls with no-obstacles and hard contact surface that occurred in Yuexiu District of Guangzhou from June 2014 to May 2018 were collected, in which only fractures of skull and (or) extremity bones were observed. Of these cases, 1 to 3 points were assigned to linear fractures, comminuted fractures, and open fractures respectively in reference to "Human Injury Degree Appraisal Standard", and each site of fractures could receive a unique maximal abbreviated injury scale (MAIS) value from Abbreviated Injury Scale (AIS) 2005. The sum of unique MAIS to different fracture sites indicated the total severity of those fractures (FT). Multiple linear regression analysis was performed on the falling height (Y) and FT of skull and extremity bones, age and gender. 【Results】 Age was an influential factor in the classification and quantification of fracture degree. There was a strong positive correlation between skull FT or extremity bones FT ($r_1 = 0.698$ or $r_2 = 0.780$) and Y, $\hat{Y}(m) = 6.660 + 2.843 \times \text{skull FT} + 2.664 \times \text{extremity bones FT} - 0.099 \times \text{Age}$, $R^2 = 0.871$, $SE = \pm 4.577$ m. 【Conclusion】 Our results suggest that the total severity of skull fracture and extremity bones fractures are two important indicators for the prediction of falling height. The mathematical model for

收稿日期: 2020-06-16

基金项目: 广东省法医学转化工程技术研究中心2019年开放课题(2019-01)

作者简介: 高飞, 硕士研究生, 研究方向: 法医学, E-mail: 260218991@qq.com; 杨宁, 并列第一作者, 硕士研究生, 研究方向: 法医学检案和科研工作, E-mail: yangn6@mail2.sysu.edu.cn; 赵虎, 通信作者, 教授, 博士生导师, 研究方向: 法医学, E-mail: zhaohu3@mail.sysu.edu.cn

prediction of falling height may be practical and applicable in related studies for the reason that it is confirmed in the earlier literatures.

Key words: skull; extremity bones; fracture degree; falling height; linear regression

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2020, 41 (5): 726-731]

高坠案件是命案法医现场的常见案件类型,多发生在人群密集的居民小区^[1]、医院^[2]等公共场所,该类案件的死亡方式推定一直是国内外法医病理学与法医现场学的重点与难点之一。高坠案件坠落起点往往具有不确定性,这妨碍了案件死亡方式及时有效的推定。根据人体损伤程度与损伤特点推断坠落高度,从而进一步锁定坠落起点的工作思路,已成为法医高坠研究的有效策略。2016年Kusior等^[3]提出损伤的数量、损伤程度的定量和损伤的特定阈值,有助于坠落高度的推定。目前国内高坠研究多以骨折的严重程度衡量人体损伤程度^[4],颅骨骨折与四肢骨骨折是国内高坠案件常见的骨折类型^[1]。因此本文重点分析颅骨及四肢骨的骨折严重程度与坠落高度的相关性,为高坠案件的坠落起点推定奠定科学依据。

1 材料与方 法

1.1 一般资料

收集2014年6月至2018年5月发生在广州市越秀区、具有颅骨骨折和(或)四肢骨骨折的高坠案例共163例,已知坠落高度(≤ 70 m)和个人年龄且损伤数据明确的案例133例,其中无中间障碍物且接触面为硬质平面的案例66例(现场勘验时死亡60例,幸存6例)。

具有颅骨骨折的案例48例(男=26,女=22),具有四肢骨骨折的案例58例(男=36,女=22;上肢骨=34,下肢骨=47)。共收集206个有效骨折数据(男=114,女=92),其中颅骨骨折62例(颅骨穹隆部=19,颅底=23,面颅=11,下颌骨=9),四肢骨骨折144例(左/右上肢骨骨折=35/25,左/右下肢骨骨折=42/39,骨盆骨折无侧别=3)。

1.2 方 法

为了控制模型的影响因素,本研究重点分析无中间障碍物且接触面为硬质平面的66个高坠案例,排除坠落高度未知或无法明确的案件数

据。样本人口社会信息包括案件性质、性别、年龄及坠落高度,同时收集现场图片、监控录像、法医学检验记录及病历资料供进一步分析。

针对《人体损伤程度鉴定标准》(以下简称《标准》)^[5]的线性、粉碎性及开放性3种骨折形态类型分别计1~3分,并参考《简明损伤定级标准2005》(Abbreviated Injury Scale 2005,简称AIS2005)^[6]的骨折分级与定量方法。结合Casali等^[7](2014)的颅骨分区方法,将颅骨骨折区域分为颅骨穹隆部、颅底、面颅(鼻骨、颧骨及上颌骨)和下颌骨共4个部分。根据赵桂范与杨娜^[8](2007)的多刚体人体模型的13个自由度(肩、肘、腕、腰、髋、膝、踝),区分四肢骨的骨折区域。采用AIS2005-MAIS(Maximal AIS)标准法对选定区域的多发损伤进行定量,并将颅骨骨折和四肢骨折各个损伤区域的MAIS值分别相加计分,表示骨折的总严重程度(简称骨折程度)。

计分结果如下,颅骨骨折形态:面部轻微骨折(眶骨1例,计0.5分)、线性骨折(颅底23例,颅骨穹隆部3例,上颌骨1例,下颌骨4例,计1分)、粉碎性或凹陷性骨折(颅骨穹隆部6例,面颅2例,下颌骨5例,计2分)、开放性骨折/面颅广泛性损毁/颅骨整体变形(颅骨穹隆部4例,面颅5例,计3分)、面颅广泛性损毁伴开放性骨折(2例,计4分)、颅骨穹隆部广泛性损毁伴开放性骨折(1例,计6分)和颅骨穹隆部广泛性损毁伴开放性骨折合并整个脑组织从颅腔脱离(5例,计8分);四肢骨骨折形态主要包括关节骨擦感(11例,计0.5分)、关节畸形(18例,计1分)、关节开放性骨折(49例,计2分)和线性骨折(2例,计1分)、骨折畸形(40例,计2分)、开放性骨折(24例,计3分)

1.3 统计方法

所有数据均采用SPSS 20.0 (IBM Corporation, GZ, GD, CHN)软件进行统计分析,统计方法包括独立样本 t 检验、Pearson相关分析、多重线性回归分析。均值采用表示, $P < 0.05$ 表明差异有统计学意义。

2 结果

高坠者男40例(60.6%),女26例(39.4%);年龄7.0~92.0(45.6±18.1)岁;坠落高度的均数为3.5~63.7(19.2±12.7)m。颅骨骨折程度的均数为0~9.0(2.1±2.3)分,四肢骨骨折程度的均数为0~14.5(4.2±3.2)分。死亡方式以自杀最多59例(89.4%),意外7例(10.6%)。

对不同性别与案件性质的年龄、颅骨骨折程度、四肢骨折程度及坠落高度进行比较,发现自杀组的四肢骨折程度明显高于意外组,其他差异无统计学意义(表1)。

Pearson 相关分析显示,坠落高度分别与颅骨骨折程度、四肢骨折程度呈显著正相关($r_1=0.698$, $r_2=0.780$, $P<0.05$),提示颅骨及四肢骨骨折程度均随坠落高度的增加而加重。

再以坠落高度Y为因变量,以颅骨骨折程度 X_1 、四肢骨骨折程度 X_2 、年龄 X_3 、性别的虚拟变量

X_{41} (男=1,女=0)和 X_{42} (女=1,男=0)为自变量,进行多重线性回归分析,采用逐步法对自变量筛选,变量 X_2 、 X_1 、 X_3 依次进入回归模型, X_{41} 和 X_{42} 未进入回归模型,获得最终回归模型(表2)。回归方程: $\hat{Y}=6.660+2.843X_1+2.664X_2-0.099X_3$ 。误差 $s=4.577$ m,校正 $R^2=0.871$, $F(3,62)=146.792$, $P<0.001$ 。

根据本文的适应条件,我们将上述回归方程进行实际案例验证。经查阅高坠案例报道的相关文献,发现符合本研究回归方程限制条件的文献共6篇,包含7个案例^[9-14],其中案例4的高度为宾馆3层,根据案例7的宾馆4层高度13.5 m进行了估算,案例4的高度约为10.1 m。将文献中的人体骨折程度与年龄数据代入回归方程,获得推测高度(prediction of falling height, PH),将其与真实高度(actual falling height, AH)进行比较验证,验证结果详见表3。真实高度与推测高度的差值在(-1.402~2.209) m之间,达到了1层以内的精确度^[3],说明本研究的回归方程具有较好的应用价值。

表1 不同性别与案件性质的比较

Table 1 Comparison of genders and the nature of 66 cases

($\bar{x} \pm s$)

		Age/years	Skull FT/points	Extremity bones FT/points	Height/meter
Gender	Male	45.88±16.24	1.75±2.01	3.85±2.92	17.56±11.77
	Female	45.12±20.91	2.64±2.59	4.67±3.61	21.85±13.90
	<i>t</i>	0.157 ²⁾	1.558	1.020	1.348
	<i>P</i>	0.876	0.124	0.312	0.182
Nature	Suicide	46.80±17.78	2.14±2.37	4.48±3.21	20.13±13.01
	Accident	35.29±18.47	1.71±1.25	1.57±1.62	11.79±6.68
	<i>t</i>	1.613	0.469	2.351 ¹⁾	1.663
	<i>P</i>	0.112	0.641	0.022	0.101

FT: the total severity of fractures; 1) $P<0.05$; 2) Levene's test for equality of variances, $P<0.05$

表2 坠落高度的多重线性回归变量筛选结果

Table 2 Results of multiple linear regression variable screening for falling height

($n=66$, meter)

Variate	<i>df</i>	β	Standard error	<i>t</i>	<i>P</i>	Standardized Coefficients
Intercept	3	6.660	1.652	4.031	<0.001	0.000
X_1	3	2.843	0.260	10.926	<0.001	0.509
X_2	3	2.664	0.190	13.988	<0.001	0.671
X_3	3	-0.099	0.032	-3.044	0.003	-0.140

X_1 : the total severity of skull fractures in points; X_2 : the total severity of extremity bones fractures in points; X_3 : age in years; $R=0.936$, $R^2=0.877$, Adjusted $R^2=0.871$, $SE=4.577$

表3 坠落高度回归方程的案例验证结果

Table 3 The application effect of cases data from published articles in the regression model

Cases	Age/years	Fractures ¹⁾ /points	PH/meter	AH/meter
1. Li J, et al ^[9]	53	Skull base fracture(1)	4.256	2.5
2. Liao MQ, et al ^[10]	23	Comminuted fractures of skull vault (2) and mandibular(2), maxillary fracture(1)	18.598	20
3. Geng YL, et al ^[11]	16	Comminuted fracture (2) of left femur	10.404	11.36
4. Zhang XH, et al ^[12]	25	Comminuted fracture(2) of skull	9.871	10.1
5. Sikary, et al ^[13]	35	Comminuted fractures (2) of skull vault and fracture-dislocation of shaft of right humerus(2)	14.209	12
6. Sikary, et al ^[13]	30	Fractures of condyles of humerus(0.5), left femur(1), right patella(0.5), and right calcaneus(0.5)	11.682	12
7. He YW, et al ^[14]	34	Skull vault fracture(1), comminuted fractures of pelvis(2) and right ankle(1), left calcaneus fracture (0.5)	15.461	13.5

PH: prediction of falling height; AH: actual falling height; 1): most of fractures located in skull and extremity bones

3 讨论

本研究66例高坠案例基本信息显示,总体年龄(45.6±18.1)岁,坠落高度(19.2±12.7)m,范围(3.5~63.7)m。总体中男性居多,死亡方式以自杀为主。两性及死亡方式的比较结果显示,年龄、坠落高度均差异无统计学意义。自杀组的四肢骨折程度,明显高于意外组。相关分析提示颅骨骨折程度和四肢骨骨折程度均随坠落高度增加而加重,这与Petaros等^[15]关于颅骨发生粉碎性骨折相比线性骨折需要更高的坠落高度的观点一致,与Kusior等^[3]研究发现四肢开放性骨折发生的坠落高度比四肢粉碎性骨折更高的报道相符。

回归方程的 $R^2 = 0.871$,拟合优度极佳,说明颅骨骨折程度、四肢骨骨折程度和年龄可以解释87.1%的研究样本的坠落高度变异,误差 $s = 4.577$ m,小于Lau G模型的误差($s = 5$ m)。回归方程的截距为6.660 m,说明控制年龄变量的前提下,6.660 m以上高度坠落的人体颅骨和四肢骨的骨折程度与坠落高度具有线性相关关系。根据回归方程可以得出,最小年龄7.0岁个体从5.967 m的高度坠落可能出现无法检见颅骨骨折或四肢骨骨折的情况,随着年龄的增加该高度临界值会降低,当个体年龄超过67.3岁时,高度数值接近0 m,说明年轻人从较低的高度坠落时可以通过下肢的

缓冲作用避免骨折发生,而67.3岁以上的老年人在摔跌(高度为0 m)时颅骨或四肢骨就有较大可能发生骨折,与Con等^[16]关于较低高度(高度范围0~12 m,均值2.98 m)坠落的65岁以上老年人特别容易受伤且损伤程度更重的观点相符。颅骨和四肢骨的骨折程度的偏回归系数分别为 $\beta_1=2.843$ m和 $\beta_2=2.664$ m,说明控制年龄变量的前提下,颅骨的骨折形态类型的特定高度阈值与2.843 m有关,四肢骨的骨折形态类型的特定高度阈值与2.664 m有关,据此我们可以根据已知年龄个体的骨折形态类型计算该类骨折发生的高度,进行高度阈值检验。由表1和案例筛选条件可知,回归方程的应用需符合以下适应条件:①个体年龄7.0~92.0岁;②坠落高度3.5~63.7 m;③坠落过程无中间障碍物;④接触面为硬质平面。

回归模型的特定高度阈值检验:颅骨线性骨折的AIS评分2分,AIS2005-MAIS《标准》法的定量值为1分,高度阈值为2.843 m,与Rowbotham等^[17]研究发现颅骨线性骨折好发于1.5~3.0 m的高度坠落的结果相符,而汪家文^[18]的研究显示不一样的结果,他发现1.3 m高度坠落,颅骨已经出现线性骨折,1.8 m出现线性骨折间隙明显增宽,这可能与作者将头皮与颅骨分离导致头皮的保护颅骨作用下降^[19]有关。颅骨粉碎性骨折的AIS评分3分,AIS2005-MAIS《标准》法的定量值为2分,高度阈值5.686 m,与Lefèvre等^[20]关于颅骨粉碎性骨

折不太可能发生在 2.5 m 以下的高度坠落的观点一致。关节骨折的 AIS 评分 1 分, AIS2005-MAIS 《标准》法的定量值为 0.5 分, 高度阈值为 1.332 m, 骨盆骨折为四肢骨线性骨折, AIS2005-MAIS 《标准》法的定量值为 1 分, 高度阈值 2.664 m, 与 Rowbotham 等^[17]关于股骨转子间骨折多发于 1.5 m 以下的高度坠落和 1.5 m 以下的高度坠落不足以导致骨盆骨折的研究结果一致。经过文献高度阈值检验, 颅骨骨折程度和四肢骨折程度的偏回归系数与早期文献关于骨折形态与高度的相关关系的报道一致, 说明回归方程在法医高坠研究领域同样具有应用价值。Casali 等^[21] 2019 年通过对 385 例高坠者损伤数据的回顾性分析, 建立人体损伤程度推测坠落高度的线性回归模型, 年龄的回归系数为 -0.097 与本文的结果 ($\beta_3 = -0.099$) 基本一致, 面颅和骨盆的偏回归系数显示不一样的结果, 分别为 1.073 m 和 1.921 m, 这可能与骨骼损伤分级标准不同有关。

研究表明多刚体人体模型可以反映汽车与人碰撞过程中人体受力情况和人体损伤机制^[8], 也可应用于高坠案件分析, 重建人体跌倒的不同情景^[22]。Papadakis 等^[23]采用相似的骨折分区方法研究骨折与坠落高度的相关性, 发现肢体和骨盆的骨折频率与坠落高度呈正比, 本文根据多刚体人体模型分区的四肢骨骨折程度与坠落高度同样具有正相关关系, 说明四肢骨骨折的多刚体人体模型分区法在法医高坠研究领域具有一定的适用性。

我们的研究提示 AIS2005-MAIS 标准法评估的颅骨骨折程度与四肢骨骨折程度是推测坠落高度的良好指标, 并建立了拟合优度较好的推测坠落高度的数学模型^[21], 但也存在以下局限性。首先, 与高度相关的损伤未全部纳入研究范围; 其次, 多刚体人体模型在法医高坠研究中应用的有效性尚需验证。本研究的损伤数据来源于高坠现场的尸体检验, 轻微骨折可能被忽略。

参考文献

- [1] 黄俊华, 贾海鹏, 张继逵, 等. 152 例高坠死亡案件回顾性分析[J]. 中国法医学杂志, 2016, 31(2): 178-180.
Huang JH, Jia HP, Zhang JK, et al. Retrospective study on 152 cases of fatal falls [J]. Chi J Forensic Med, 2016, 31(2): 178-180.
- [2] 陶凤毅, 陈雨. 391 例高坠死亡案件鉴定分析——以上海市徐汇区为视角[J]. 中国司法鉴定, 2015(2): 72-74.
Tao FY, Chen Y. Statistical analysis of 391 cases of high falling death in Xuhui district [J]. Chin J Forensic Sci, 2015(2): 72-74.
- [3] Kusior ME, Pejka K, Knapik M, et al. Analysis of the nature of injuries in victims of fall from height [J]. Archives Forensic Med Criminol, 2016, 66(2): 106-124.
- [4] 陆雪松, 戴建宇, 李峰, 等. 246 例高坠案件中坠落高度与损伤分析[J]. 中国法医学杂志, 2016, 31(5): 480-481.
Lu XS, Dai JY, Li F, et al. Analysis of falling height and trauma in 246 cases of fatal fall [J]. Chi J Forensic Med, 2016, 31(5): 480-481.
- [5] 中华人民共和国最高人民法院, 最高人民检察院, 公安部, 国家安全部, 司法部. 人体损伤程度鉴定标准[S]. 北京: 法律出版社, 2013: 1-23.
People's Republic of China, Supreme People's Court, Supreme People's Procuratorate, Ministry of public security, Ministry of State Security, Ministry of Justice. Human Injury Degree Appraisal Standard [S]. Beijing: Law Press, 2013: 1-23.
- [6] 美国机动车医学促进会(AAAM). 简明损伤定级标准 2005[M]. 重庆市急救医疗中心, 译. 重庆: 重庆出版社, 2005: 34-208.
Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM). Abbreviated Injury Scale 2005 [M]. Chongqing Emergency Medical Center, transl. Chongqing: Chongqing Publishing House, 2005: 34-208.
- [7] Casali MB, Battistini A, Blandino A, et al. The injury pattern in fatal suicidal falls from a height: An examination of 307 cases [J]. Forensic Sci Int, 2014, 244: 57-62.

- [8] 赵桂范,杨娜. 多刚体人体模型及碰撞过程仿真[J]. 农业机械学报, 2007, 38(1): 45-48.
Zhao GF, Yang N. A rigid multi-body model and the simulation on impact response[J]. J Agric Mach, 2007, 38(1): 45-48.
- [9] 李军,罗志文,邵煜斌. 过失致人高坠死亡分析[J]. 广东公安科技, 2012, 20(2): 81-82.
Li J, Luo ZW, Shao YB. A case report of fall from a height caused by others' negligence[J]. Guangdong Public Security Technology, 2012, 20(2): 81-82.
- [10] 廖明庆,周健,欧桂生. 高坠杀人现场分析1例[J]. 中国法医学杂志, 2013, 28(1): 74.
Liao MQ, Zhou J, Ou GS. A case report of a high falling homicide[J]. Chi J Forensic Med, 2013, 28(1): 74.
- [11] 耿有龙,张海松,李军,等. 高坠死亡法医学分析1例[J]. 中国法医学杂志, 2013, 28(4): 354-355.
Geng YL, Zhang HS, Li J, et al. A case report of the death from fall from a height[J]. Chi J Forensic Med, 2013, 28(4): 354-355.
- [12] 张小红,贺光社,路健,等. 高坠案件法医学鉴定分析1例[J]. 中国法医学杂志, 2016, 31(5): 524.
Zhang XH, He GS, Lu J, et al. A case report of the death from fall from a height[J]. Chi J Forensic Med, 2016, 31(5): 524.
- [13] Sikary AK, Swain R, Dhaka S, et al. Jumping together: A fatal suicide pact [J]. J Forensic Sci, 2016, 61(6): 1686-1688.
- [14] 何永旺,曹啟文,熊祖学,等. 高坠死亡现场重现1例[J]. 法医学杂志, 2017, 33(4): 427-428.
He YW, Cao QW, Xiong ZX, et al. A reconstruction experiment of fall from a height[J]. J Forensic Med, 2017, 33(4): 427-428.
- [15] Petaros A, Slaus M, Coklo M, et al. Retrospective analysis of free-fall fractures with regard to height and cause of fall [J]. Forensic Sci Int, 2013, 226(1-3): 290-295.
- [16] Con J, Friese RS, Long DM, et al. Falls from ladders: Age matters more than height [J]. J Surg Res, 2014, 191(2): 262-267.
- [17] Rowbotham SK, Blau S, Hislop-Jambrich J, et al. Skeletal trauma resulting from fatal low (≤ 3 m) free falls: An analysis of fracture patterns and morphologies [J]. J Forensic Sci, 2018, 63(4): 1010-1020.
- [18] 汪家文. 头颅钝性撞击伤的生物力学机制研究[D]. 南方医科大学, 2015.
Wang JW. The study of biomechanics mechanism in blunt impact head injury [D]. Southern Medical University, 2015.
- [19] 汪秉康,陈龙. 100例重度颅脑损伤尸检分析[J]. 法律与医学杂志, 1995, 2(2): 50-52.
Wang BK, Chen L. Analysis of 100 patients with severe craniocerebral injury by autopsy [J]. J Law Med, 1995, 2(2): 50-52.
- [20] Lefèvre T, Alvarez JC, Lorin de la Grandmaison G. Discriminating factors in fatal blunt trauma from low level falls and homicide [J]. Forensic Sci, Med Pathol, 2015, 11(2): 152-161.
- [21] Casali MB, Blandino A, Grignaschi S, et al. The pathological diagnosis of the height of fatal falls: A mathematical approach [J]. Forensic Sci Int, 2019, 302: 109883.
- [22] Pascoletti G, Catelani D, Conti P, et al. Multibody models for the analysis of a fall from height: Accident, Suicide, or Murder? [J]. Front Bioeng Biotechnol, 2019, 7: 419.
- [23] Papadakis SA, Pallis D, Galanakis S, et al. Falls from height due to accident and suicide attempt in Greece. A comparison of the injury patterns [J]. Injury, 2020, 51(2): 230-234.

(编辑 余菁)