

## · 论 著 ·

## 基于CT图像推断钝力性颅脑损伤成伤机制的logistic回归分析

孙雪阳<sup>1,2</sup>, 杨琦帆<sup>1,2</sup>, 朱运良<sup>1</sup>, 王彦斌<sup>3</sup>, 董贺文<sup>2</sup>, 杨明真<sup>2</sup>, 田志岭<sup>2</sup>, 万雷<sup>2</sup>, 邹冬华<sup>2</sup>, 于笑天<sup>2</sup>, 刘宁国<sup>2</sup>

1. 郑州大学基础医学院法医学系, 河南 郑州 450000; 2. 司法鉴定科学研究院 上海市法医学重点实验室 司法部司法鉴定重点实验室 上海市司法鉴定专业技术服务平台, 上海 200063; 3. 中国合格评定国家认可中心, 北京 100062

**摘要:** 目的 研究加、减速性颅脑损伤的CT影像学特征与损伤程度的关联性。方法 收集典型加、减速性颅脑损伤案例299例,按致伤方式分为加速性颅脑损伤组与减速性颅脑损伤组,将蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage, SAH)和格拉斯哥昏迷指数(Glasgow coma scale, GCS)与位于受力点同侧以及对侧的颅骨骨折、硬脑膜外血肿(epidural hematoma, EDH)、硬脑膜下血肿(subdural hematoma, SDH)、脑挫伤作为筛选指标,使用 $\chi^2$ 检验预筛选和二分类logistic回归分析二次筛选,选出与加、减速性致伤方式关联性最强的指标。结果 经 $\chi^2$ 检验,受力点同侧的颅骨骨折、EDH,受力点对侧的EDH、SDH、脑挫伤,SAH, GCS,与加、减速性致伤方式具有关联性( $P<0.05$ )。经二分类logistic回归分析,得出受力点同侧EDH[比值比(odds ratio, OR)为2.697]、受力点对侧脑挫伤(OR为0.043)以及GCS(OR为0.238)有统计学意义( $P<0.05$ )。结论 受力点同侧EDH、对侧脑挫伤以及GCS可以作为判别加、减速性致伤方式的关键指标,受力点同侧颅骨骨折、对侧SDH、对侧EDH以及SAH判别加、减速性致伤方式的作用相对较弱。

**关键词:** 法医学; 加速性脑损伤; 减速性脑损伤; logistic回归; 计算机断层扫描; 致伤方式

中图分类号: DF795.1 文献标志码: A doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2021.410809

文章编号: 1004-5619(2022)02-0217-06



## Logistic Regression Analysis of the Mechanism of Blunt Brain Injury Inference Based on CT Images

SUN Xue-yang<sup>1,2</sup>, YANG Qi-fan<sup>1,2</sup>, ZHU Yun-liang<sup>1</sup>, WANG Yan-bin<sup>3</sup>, DONG He-wen<sup>2</sup>, YANG Ming-zhen<sup>2</sup>, TIAN Zhi-ling<sup>2</sup>, WAN Lei<sup>2</sup>, ZOU Dong-hua<sup>2</sup>, YU Xiao-tian<sup>2</sup>, LIU Ning-guo<sup>2</sup>

1. Department of Forensic Medicine, School of Basic Medical Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Forensic Medicine, Key Laboratory of Forensic Science, Ministry of Justice, Shanghai Forensic Service Platform, Academy of Forensic Science, Shanghai 200063, China; 3. China National Accreditation Service for Conformity Assessment, Beijing 100062, China

**Abstract:** **Objective** To study the correlation between CT imaging features of acceleration and deceleration brain injury and injury degree. **Methods** A total of 299 cases with acceleration and deceleration brain injury were collected and divided into acceleration brain injury group and deceleration brain injury group according to the injury mechanism. Subarachnoid hemorrhage (SAH) and Glasgow coma scale (GCS), combined with skull fracture, epidural hematoma (EDH), subdural hematoma (SDH) and brain contusion on the same and opposite sides of the stress point were selected as the screening indexes.  $\chi^2$  test was used for primary screening, and binary logistic regression analysis was used for secondary screening. The indexes with the strongest correlation in acceleration and deceleration injury mechanism were selected. **Results**  $\chi^2$  test showed that skull fracture and EDH on the same side of the stress point; EDH, SDH and brain contusion on the opposite of the stress point; SAH, GCS were correlated with acceleration and deceleration injury ( $P<0.05$ ). According to binary logistic regression analysis, the odds ratio (OR) of EDH on the same side of the stress point was 2.697, the OR of brain contusion on the opposite of the stress point was 0.043 and the OR of GCS was 0.238, suggesting there was statistically significant ( $P<0.05$ ). **Conclusion** EDH on the same side of the stress point, brain contusion on the opposite of the stress point and GCS can be used as key indicators to distinguish acceleration and deceleration injury mechanism. In addition, skull fracture on the same side of the stress point, EDH and SDH on the opposite of the stress point and SAH were relatively weak indicators in distinguishing acceleration and deceleration injury mechanism.

**Keywords:** forensic medicine; acceleration brain injury; deceleration brain injury; logistic regression; computed tomography (CT); injury manners

**基金项目:** 中央级公益性科研院所项目(GY2020Z-4, GY2021G-4); 2021年度中国科技期刊卓越行动选育高水平办刊人才子项目-青年人才支持项目(2021ZZ052807); 国家自然科学基金资助项目(82171872); 上海市法医学重点实验室资助项目(21DZ2270800); 上海市司法鉴定专业技术服务平台资助项目(19DZ2292700); 司法部司法鉴定重点实验室资助项目; 上海市法医学重点实验室暨司法部司法鉴定重点实验室开放课题(KF202120)

**作者简介:** 孙雪阳(1996—), 女, 硕士研究生, 主要从事法医学研究; E-mail: sxy19961996@163.com**通信作者:** 刘宁国, 男, 研究员, 主任法医师, 主要从事法医学病理学、医疗损害、环境损害研究; E-mail: liung@ssfd.cn**引用格式:** 孙雪阳, 杨琦帆, 朱运良, 等. 基于CT图像推断钝力性颅脑损伤成伤机制的logistic回归分析[J]. 法医学杂志, 2022, 38(2): 217-222.**To cite:** SUN X Y, YANG Q F, ZHU Y L, et al. Logistic regression analysis of the mechanism of blunt brain injury inference based on CT images[J]. Fayixue Zazhi, 2022, 38(2): 217-222.

颅脑损伤致伤方式的推断一直都是法医鉴定工作中的重点和难点。法医在面对案件纠纷或者责任认定时,大多根据是否存在冲击性脑挫伤或对冲性脑挫伤来进行加速性(如打击伤)或减速性(如摔跌伤)致伤方式的推断。然而,由于上述致伤方式的推断依据单一,而且在缺乏系统研究数据支撑的情况下,其结果的准确性往往存在一定的争议<sup>[1]</sup>。

近年来,影像学技术已逐步应用于法医鉴定中,通过收集大量颅脑损伤案例的CT资料,使系统性研究颅脑损伤成为可能。CT数据可以显示颅脑损伤的常见类型,包括头皮损伤、头皮血肿、颅骨骨折、硬脑膜外血肿(epidural hematoma, EDH)、硬脑膜下血肿(subdural hematoma, SDH)、蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage, SAH)和脑挫伤等,由于加速性和减速性运动对颅脑的损伤作用模式不同,因此两种致伤方式对应的颅脑损伤类型、分布位置以及损伤程度也不尽相同<sup>[2]</sup>,据此可以尝试利用统计学方法判断分布于受力点同侧与对侧的各种类型颅脑损伤及损伤程度与加、减速性致伤方式之间的关联程度,为法医学颅脑损伤致伤方式推断提供更为科学可靠的数据。有学者<sup>[2-3]</sup>尝试通过分析影像学资料探索减速性颅脑损伤影像学表现与减速性致伤方式之间的关系,进而探究减速性颅脑损伤的成伤机制。本课题组在前期研究<sup>[4]</sup>中也通过对典型加、减速性颅脑损伤的影像学特征进行统计分析,初步比较了加、减速性致伤方式的CT影像学特征,但由于研究样本量较小、选取指标较少、统计方法较为单一,尽管对丰富法医学加、减速性颅脑损伤理论具有一定意义,但统计方法仅限于单因素分析或者进行了多次单因素分析,前者未充分利用CT能够显示多种类型颅脑损伤的特点,具有局限性;后者由于多次检验,犯第一类错误的概率上升,结果缺乏可靠性。

二分类logistic回归分析可用于分析自变量对因变量发生概率的影响,同时将众多自变量纳入分析可以减小多次检验造成的误差,通过对自变量的筛选,得出的比值比(odds ratio, OR)值可用于判断作为自变量的各指标对颅脑损伤致伤方式(因变量)认定的贡献度大小。因此,logistic回归已成为目前应用最为广泛的预测模型<sup>[5]</sup>。有学者<sup>[6]</sup>通过logistic回归进行临床病例分析,有效评估了临床鉴别诊断指标的价值,还有学者<sup>[7]</sup>提出logistic回归分析在脑挫伤严重程度评估方面具有一定作用。

本研究通过收集加、减速性颅脑损伤案例的CT资料,使用 $\chi^2$ 检验及logistic回归对比分析不同致伤方式所致颅脑损伤的形态学特征,筛选可用于推断加、

减速性颅脑损伤致伤方式的指标,以期为法医学鉴定中加、减速性颅脑损伤致伤方式的推断提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 案例资料

选取上海市某鉴定机构法医临床学研究室2011—2020年颅脑损伤案件共1 278例,每例附有病史资料、案情资料以及颅脑CT的横断扫描片,按照以下标准对案例进行筛选:(1)致伤过程明确。案情资料中已明确记载致伤过程,其中加速性颅脑损伤的致伤方式包括徒手打击和钝器打击,减速性颅脑损伤的致伤方式包括平地摔跌、低处坠落(高度 $\leq 1$  m)以及小型车辆撞击后头部着地的交通事故。(2)病史资料齐全。均有详细的病史记录和临床检查资料,其中格拉斯哥昏迷指数(Glasgow coma scale, GCS)是评估伤者事故后颅脑损伤程度的客观量度。(3)影像学资料完备。均有损伤后原始颅脑CT的横断扫描片,影像学结果由3名影像学医师双盲读片,出现结果不一致的情况,采用多数医师的观点。(4)颅脑损伤为一次性致伤,无多次受力过程。(5)排除具有头部旋转受力过程的案例。(6)由于仅表现为头皮损伤的案例引起的争议较少,且无须借助CT进行损伤认定,因此排除仅表现为头皮损伤的案例。(7)除颅脑损伤外,其他部位无严重损伤。

筛选后的案例共299例,其中加速性颅脑损伤203例(67.9%),记为加速性颅脑损伤组;减速性颅脑损伤96例(32.1%),记为减速性颅脑损伤组,基本信息见表1。

本研究已取得研究对象的知情同意以及司法鉴定科学研究院伦理委员会的批准。

### 1.2 待筛选指标

#### 1.2.1 受力点的确认

根据案情资料,结合头皮损伤、头皮下肿胀(血肿)部位,确认每个案例颅脑损伤的受力点,即头部打击伤的打击接触点和头部摔跌伤的摔跌接触点。

#### 1.2.2 受力点与损伤的位置关系与损伤程度认定

对各案例受力点与损伤类型的位置关系进行整理归纳:以颅脑分区(包括额、颞、顶、枕部)为基准,以头皮损伤以及头皮下肿胀区域为受力点,位于受力点同一颅脑分区的损伤认定为受力点同侧颅脑损伤,毗邻或远隔受力点所在分区的损伤认定为受力点对侧颅脑损伤。

颅脑损伤程度依据病史评估出的GCS进行确定,其中3~12分为中到重度颅脑损伤,13~15分为轻度颅脑损伤<sup>[8]</sup>。

表1 299例颅脑损伤的基本信息  
Tab. 1 Basic information of 299 cases of brain injury

组别	性别		年龄/( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	合计
	男性	女性		
加速性颅脑损伤				
徒手打击	106	3	50.2±14.5	109
钝器打击(棍棒、砖石以及车辆直接撞击)	85	9	50.6±14.9	94
减速性颅脑损伤				
摔跌及低处坠落(高度≤1 m)	32	18	47.7±14.3	50
交通事故	27	19	47.8±13.7	46

1.2.3 待筛选指标的确立

通过区别损伤类型与受力点同侧和对侧的位置关系,将待筛选指标确定为:(1)受力点同侧的颅骨骨折、EDH、SDH、脑挫伤;(2)受力点对侧的颅骨骨折、EDH、SDH、脑挫伤;(3)SAH,由于损伤的形态呈条索状,边界不清,因此不区分与受力点的位置关系,仅按照“有”或“无”来进行分析;(4)GCS。

1.3 统计分析

1.3.1  $\chi^2$ 检验

将分类数据整理后导入SPSS 26.0软件(美国IBM公司)进行统计分析。通过 $\chi^2$ 检验逐一分析受力点同侧的颅骨骨折、EDH、SDH、脑挫伤,受力点对侧的颅骨骨折、EDH、SDH、脑挫伤,SAH,GCS与加、减速性致伤方式之间的关联性,量化和赋值情况见表2。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

表2 待筛选指标的量化和赋值

Tab. 2 Quantification and assignment for indexes

指标	变量	量化和赋值
受力点同侧		
颅骨骨折	$x_1$	无骨折=0,线形骨折=1,凹陷性骨折=2
EDH	$x_2$	无=0,有=1
SDH	$x_3$	无=0,有=1
脑挫伤	$x_4$	无=0,有=1
受力点对侧		
颅骨骨折	$x_5$	无骨折=0,线形骨折=1,凹陷性骨折=2
EDH	$x_6$	无=0,有=1
SDH	$x_7$	无=0,有=1
脑挫伤	$x_8$	无=0,有=1
SAH	$x_9$	无=0,有=1
GCS	$x_{10}$	13~15分=0,3~12分=1
致伤方式	$y$	加速性=1,减速性=0

1.3.2 二分类logistic回归分析

根据 $\chi^2$ 检验筛选结果,将有统计学意义( $P<0.05$ )的指标纳入二分类logistic回归模型进行二次筛选。根据logistic回归分析原理<sup>[9]</sup>,将OR值作为衡量待筛选指标对致伤方式判定结果贡献度大小的依据,在本研究中,OR值的具体含义为“在其他因素固定不变的

情况下,具有某种指标的颅脑损伤被判定为加速性的概率与不具有这种指标的颅脑损伤被判定为加速性的概率之比”。若指标的OR大于1,则其与赋值较高的 $y$ 关联性更强,即该指标与加速性致伤方式的关联性更高;反之,若指标的OR小于1,则与减速性致伤方式的关联性更高;若某指标OR为1,说明该指标对加、减速性致伤方式的判断无意义,应该被排除。设置二次筛选方法为最大偏似然估计的似然比(likelihood ratio,LR)检验,模型有效性的评价标准为 $P$ 值,若模型 $P<0.05$ ,则回归分析有统计学意义。模型拟合度检验方法为Hosmer-Lemeshow检验,用于检验模型与数据的吻合程度,评价模型预测值和实际观测值的一致性,设置95%置信区间。检验水准 $\alpha=0.05$ ,拟合优度检验 $P\geq 0.05$ 即为模型拟合较好。

2 结 果

2.1 指标分布情况

待筛选指标在加速性颅脑损伤组与减速性颅脑损伤组中的分布情况见表3。由表可见,除受力点对侧的凹陷性骨折和线形骨折外,各指标在加、减速性颅脑损伤组中的分布比重均不相同。在加速性颅脑损伤组中,分布前三位的指标为GCS 13~15分、受力点同侧的EDH和凹陷性骨折;在减速性颅脑损伤组中,分布前三位的指标为SAH、GCS 3~12分、受力点对侧脑挫伤。

2.2 与加、减速性致伤方式有关联的指标

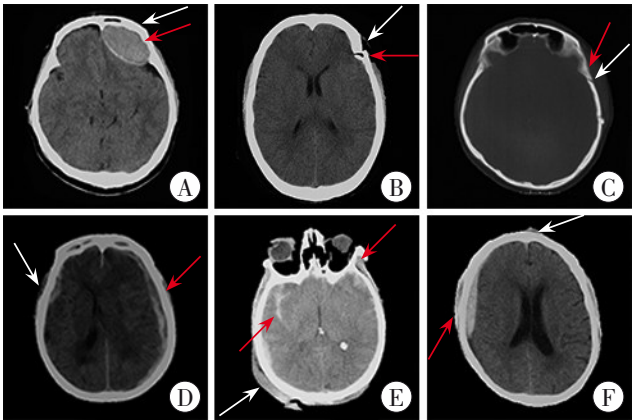
$\chi^2$ 检验结果显示,在加、减速性颅脑损伤组之间分布差异有统计学意义的指标有:受力点同侧的颅骨骨折、EDH,受力点对侧的EDH、SDH、脑挫伤,SAH,GCS( $P<0.05$ ),其他指标无统计学意义。可以得出:相比减速性致伤方式,在加速性致伤方式作用下,更易发生受力点同侧EDH、同侧颅骨凹陷性骨折;相比加速性致伤方式,在减速性致伤方式作用下,则更易发生受力点同侧颅骨线形骨折、对侧SDH、对侧脑挫伤、对侧EDH。此外,SAH和重到重度颅脑损伤(GCS 3~12分)也常见于减速性颅脑损伤组(表3、图1)。

表3 待筛选指标在加、减速性颅脑损伤组中的分布情况

Tab. 3 Distribution of the indexes in the acceleration and deceleration brain injury groups

指标	加速性颅脑损伤组/[N=203,n(%)]	减速性颅脑损伤组/[N=96,n(%)]	合计/例
受力点同侧			
颅骨凹陷性骨折 <sup>1)</sup>	66(32.5)	9(9.4)	75
颅骨线形骨折 <sup>1)</sup>	57(28.1)	42(43.8)	99
EDH	88(43.3)	24(25.0)	112
SDH	41(20.2)	19(19.8)	60
脑挫伤	61(30.0)	28(29.2)	89
受力点对侧			
颅骨凹陷性骨折	0	0	0
颅骨线形骨折	0	0	0
EDH <sup>1)</sup>	4(2.0)	9(9.4)	13
SDH <sup>1)</sup>	10(4.9)	26(27.1)	36
脑挫伤 <sup>1)</sup>	13(6.4)	60(62.5)	73
SAH <sup>1)</sup>	62(30.5)	67(69.8)	129
GCS <sup>1)</sup>			
3~12分	30(14.8)	60(62.5)	90
13~15分	173(85.2)	36(37.5)	209

注:1)P<0.05。



A:加速性致伤方式下受力点同侧EDH;B:加速性致伤方式下受力点同侧颅骨凹陷性骨折;C:减速性致伤方式下受力点同侧颅骨线形骨折;D:减速性致伤方式下受力点对侧SDH;E:减速性致伤方式下受力点对侧脑挫伤和SAH;F:减速性致伤方式下受力点对侧EDH。白色箭头示受力点,红色箭头示损伤。

图1 加、减速性颅脑损伤组之间差异有统计学意义的指标

Fig. 1 Indexes with statistically significant difference of acceleration and deceleration brain injury groups

2.3 二分类 logistic 回归分析筛选指标

将 $\chi^2$ 检验初步筛选出的指标纳入二分类 logistic 回归模型进行二次筛选,结果显示模型 $P<0.00$ , Hosmer-Lemeshow 检验 $P=0.989$ ,表明模型有效,且拟合程度好。受力点同侧 EDH、对侧脑挫伤以及 GCS 在模型中有统计学意义,对应的 OR 值分别为 2.697、0.043、0.238,其余指标被 logistic 回归模型排除(表4)。

表4 Logistic 模型输出结果

Tab. 4 Results of logistic model

指标	$\chi^2$	B	OR	95% 置信区间
受力点同侧 EDH( $x_2$ )	7.641	0.992	2.697	1.335~5.450
受力点对侧脑挫伤( $x_8$ )	70.105	-3.165	0.043	0.020~0.089
GCS( $x_{10}$ )	15.269	-1.437	0.238	0.116~0.489
常数项	51.025	1.693	/	/

注:B 为 logistic 回归方程各指标(项)系数;OR 为比值比(odds ratio);“/”表示无此项数值。

3 讨 论

有关加、减速性颅脑损伤的成伤机制理论一直在探讨研究<sup>[10]</sup>,但在法医学实践中,通过颅脑损伤类型以及位置分布来判断加、减速性致伤方式依旧缺乏系统数据支持,准确分析加、减速性颅脑损伤的成伤机制仍然是法医学鉴定的难题之一。本研究通过对 299 例颅脑损伤案例的影像学资料进行收集整理,以颅脑 CT 资料弥补法医学检案数据量不足的缺点,将资料整理、归纳后,系统性分析加、减速性致伤方式的案例与受力点同侧、对侧的常见损伤类型以及其他指标的关联性,对于准确推断加、减速性致伤方式下颅脑损伤类型及其分布特点有一定的指导意义。

3.1 使用 $\chi^2$ 检验筛选有统计学意义的指标

3.1.1 受力点同侧指标

经 $\chi^2$ 检验提示,受力点同侧颅骨骨折类型在加、减速性颅脑损伤组中的分布有差异性,其中受力点同侧颅骨凹陷性骨折与加速性致伤方式的关联性更强,

这与颅骨凹陷性骨折更易发生于袭击性事件<sup>[11]</sup>的观点一致。相反,受力点同侧颅骨线形骨折与减速性致伤方式的关联性更强。根据传统法医学理论,在加速性致伤方式下,由于致伤物与颅脑的接触面相对较小,即使在与减速性致伤方式同等大小的作用力下,其产生的压强也相对较大,故颅骨更易发生局限性的凹陷性骨折。反之,在减速性致伤方式中,由于致伤物接触面一般较大,颅骨因整体变形而发生沿受力方向的较长线形骨折。本研究中,加速性颅脑损伤组中受力点同侧颅骨凹陷性骨折的比例(32.5%)高于减速性颅脑损伤组(9.4%),相反,加速性颅脑损伤组中受力点同侧颅骨线形骨折的比例(28.1%)低于减速性颅脑损伤组(43.8%),差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),该结果充分验证了上述理论。

加速性颅脑损伤与受力点同侧的EDH具有关联性,提示受力点同侧EDH可作为推断加速性致伤方式的指标。有学者<sup>[12]</sup>通过对外伤后急性EDH的案例分析研究发现,EDH大多由脑膜血管直接受力导致。由于凹陷性骨折比线形骨折产生的颅骨形变更明显,在颅骨与硬脑膜骤然分离的情况下,脑膜中动脉及其分支血管易遭牵扯撕断,引起血液流入硬脑膜外的腔隙,从而导致EDH的发生,本研究结果与其相吻合。

### 3.1.2 受力点对侧指标

本研究还发现,减速性颅脑损伤与受力点对侧脑损伤具有关联性,表明减速性致伤方式更容易发生受力点对侧的脑损伤,包括脑挫伤、EDH和SDH,这与其他学者的研究结果<sup>[13-14]</sup>一致。有研究<sup>[15]</sup>通过对外伤性EDH的临床资料进行分析后提出,在减速性致伤过程中,受力点对侧由于颅骨的变形作用以及脑组织遭受外力时形成的颅内瞬间负压作用,可导致对侧硬脑膜与颅骨剥离出血,从而引起对侧EDH形成。此外,在发生减速运动的同时,由于脑脊液与脑组织在惯性作用下随颅骨向碰撞方向移动,引起碰撞对侧大脑与颅骨之间的血管拉伸断裂,可导致对侧SDH。由于脑脊液的密度大于脑组织,减速时碰撞侧的脑组织会发生脑脊液的占位而使脑组织向相反方向运动,从而撞击到受力点对侧颅骨引起对侧部位的脑挫伤<sup>[10]</sup>。

### 3.1.3 SAH和GCS

除以上指标外,SAH和中到重度颅脑损伤程度(GCS 3~12分)与减速性颅脑损伤的关联性也较强,表明减速性致伤方式更易发生SAH以及中到重度颅脑损伤。分析其原因,可能是由于蛛网膜下腔血管丰富,在发生减速运动后,颅骨和脑组织产生较大的相对运动,引起脑脊液冲击蛛网膜下腔的血管结构,从而更易引起出血。而在减速运动时,由于脑部运动先

加速后减速,位移较大,容易发生脑震荡甚至弥漫性轴索损伤从而引起较为严重的昏迷。此外,减速性颅脑损伤多由摔跌、交通事故等造成,加速度普遍较加速性致伤方式大,而加速性颅脑损伤多由徒手伤或徒手挥动钝器打击造成,其加速度相对较小,因此减速性颅脑损伤的程度相对更严重,这也与文献报道的结果<sup>[16]</sup>一致。

### 3.2 纳入logistic回归模型的指标

进行二分类logistic回归分析二次筛选后具有统计意义的指标有:受力点同侧EDH可以作为推断加速性致伤方式的特征指标(OR为2.697,  $P<0.05$ );受力点对侧的脑挫伤可以作为推断减速性致伤方式的特征指标(OR为0.043,  $P<0.05$ )。此外,颅脑损伤程度表现为中到重度(GCS 3~12分)也有望为减速性致伤方式的认定提供统计学依据(OR为0.238,  $P<0.05$ )。综上,本研究结果提示:受力点同侧EDH、对侧脑挫伤以及GCS是进行加速性或减速性致伤方式推断最具说服力的指标;受力点同侧颅骨骨折、对侧EDH、对侧SDH以及SAH等指标的可靠性相对较弱,有待进一步评估,在实践中需根据具体情况慎重判断。

需要说明的是,本研究主要关注的是单次钝性外力作用所致的加、减速性颅脑损伤,未包括旋转运动引起的以及具有多次致伤过程的复杂损伤案例,对复杂案例特征性指标的分析还有待深入探究。此外,本研究受样本量的限制,在分类研究中一些指标的案例数稍显不足,能否根据本研究的结果进行颅脑损伤机制的准确判断,尚需在实践中结合其他生物力学研究结果加以印证。

### 3.3 小结

本研究通过对已知加、减速性致伤方式的颅脑损伤CT资料的收集,基于 $\chi^2$ 检验与二分类logistic回归分析,系统研究了两种致伤方式下位于颅脑受力点同侧和对侧的各种损伤类型的位置分布特征,并结合GCS,探讨各指标在加、减速性颅脑损伤成伤机制分析判断中的价值,为法医学成伤机制的推断研究提供了一定的数据支撑和理论依据。

### 致谢:

感谢司法鉴定科学研究院汪茂文老师、李卓老师对本研究CT影像学方面的知识指导,感谢韩明辉硕士对本研究统计学分析和结果解释的指导。

### 参考文献:

- [1] CEPEDA S, GÓMEZ P A, CASTAÑO-LEON A M, et al. Contrecoup traumatic intracerebral hemorrhage: A geometric study of the impact site and association with hemorrhagic progression[J]. J Neu-

- rotrauma, 2016, 33(11): 1034-1046. doi: 10.1089/neu.2015.4153.
- [2] 钱建敏. CT在颅脑减速性损伤诊断中的应用[J]. 中国基层医药, 2012, 19(10): 1526-1527. doi: 10.3760/cma.j.issn.1008-6706.2012.10.049.
- QIAN J M. Application of CT in the diagnosis of craniocerebral deceleration injury[J]. Zhongguo Jiceng Yiyao, 2012, 19(10): 1526-1527.
- [3] 陈蓉. 颅脑减速伤CT影像及生物力学致伤机制研究[D]. 重庆: 第三军医大学, 2009.
- CHEN R. The study on the CT imaging and bio-mechanical mechanism of head deceleration injury[D]. Chongqing: Third Military Medical University, 2009.
- [4] 米静雅, 刘宁国, 董贺文, 等. CT影像诊断在颅脑损伤法医检查中的应用价值[J]. 复旦学报(医学版), 2021, 48(3): 330-336. doi: 10.3969/j.issn.1672-8467.2021.03.008.
- MI J Y, LIU N G, DONG H W, et al. Application value of CT imaging in the forensic examination of craniocerebral injury[J]. Fudan Xuebao (Medical sciences), 2021, 48(3): 330-336.
- [5] EFTEKHAR B, MOHAMMAD K, ARDEBILI H E, et al. Comparison of artificial neural network and logistic regression models for prediction of mortality in head trauma based on initial clinical data[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2005, 5: 3. doi: 10.1186/1472-6947-5-3.
- [6] 叶显俊, 胡蕾, 何年安, 等. logistic回归模型评价常规超声及超声造影对胆管细胞癌与肝细胞癌的鉴别诊断价值[J]. 临床肝胆病杂志, 2019, 35(11): 2502-2507. doi: 10.3969/j.issn.1001-5256.2019.11.022.
- YE X J, HU L, HE N A, et al. Value of conventional ultrasonography and contrast-enhanced ultrasound in the differential diagnosis of intrahepatic cholangiocellular carcinoma and hepatocellular carcinoma: An analysis based on the logistic regression model[J]. Linchuang Gandanbing Zazhi, 2019, 35(11): 2502-2507.
- [7] EROL F S, UYSAL H, ERGÜN U, et al. Prediction of minor head injured patients using logistic regression and MLP neural network[J]. J Med Syst, 2005, 29(3): 205-215. doi: 10.1007/s10916-005-5181-x.
- [8] 单秀连. 对护士实施格拉斯哥昏迷评分的评价[J]. 护士进修杂志, 2004, 19(6): 496-497.
- SHAN X L. Evaluation on Glasgow coma scale for patients with coma carried out by nurse[J]. Hushi Jinxiu Zazhi, 2004, 19(6): 496-497.
- [9] YAO J, LIU D. Logistic regression analysis of risk factors for intracranial infection after multiple traumatic craniotomy and preventive measures[J]. J Craniofac Surg, 2019, 30(7): 1946-1948. doi: 10.1097/SCS.0000000000004972.
- [10] DREW L B, DREW W E. The contrecoup-coup phenomenon: A new understanding of the mechanism of closed head injury[J]. Neurocrit Care, 2004, 1(3): 385-390. doi: 10.1385/NCC.1.3:385.
- [11] PRAKASH A, HARSH V, GUPTA U, et al. Depressed fractures of skull: An institutional series of 453 patients and brief review of literature[J]. Asian J Neurosurg, 2018, 13(2): 222-226. doi: 10.4103/ajns.AJNS\_168\_16.
- [12] 卢巧文. 急性硬脑膜外血肿的法医学鉴定和分析[C]// 法医临床学专业理论与实践——中国法医学学会·全国第十九届法医临床学学术研讨会论文集, 2016.
- LU Q W. Forensic identification and analysis of acute epidural hematoma[C]// Theory and practice of forensic clinical science -- Chinese Forensic Medicine Association · Proceedings of the 19th forensic clinical medicine symposium, 2016.
- [13] POIRIER M P. Concussions: Assessment, management, and recommendations for return to activity[J]. Clin Pediatr Emerg Med, 2003, 4(3): 179-185. doi: 10.1016/S1522-8401(03)00061-2.
- [14] MORRISON A L, KING T M, KORELL M A, et al. Acceleration-deceleration injuries to the brain in blunt force trauma[J]. Am J Forensic Med Pathol, 1998, 19(2): 109-112. doi: 10.1097/00000433-199806000-00002.
- [15] 徐灿鑫, 孙兆良, 姜秀峰, 等. 外伤性双侧硬膜外血肿4例[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(12): 780-781. doi: 10.13798/j.issn.1009-153X.2019.12.023.
- XU C X, SUN Z L, JIANG X F, et al. Traumatic bilateral epidural hematoma: Four case reports[J]. Zhongguo Linchuang Shenjing Waike Zazhi, 2019, 24(12): 780-781.
- [16] GURDJIAN E S. Cerebral contusions: Re-evaluation of the mechanism of their development[J]. J Trauma, 1976, 16(1): 35-51.

(收稿日期: 2021-08-12)

(本文编辑: 李正东)