

法医病理学死亡原因 死亡时间研究进展

崔 文

(济宁医学院法医学与医学检验学院, 济宁医学院司法鉴定中心, 山东 济宁 272067)



崔文, 济宁医学院病理学二级教授, 医学博士, 硕士研究生导师, 山东省教学名师, 享受国务院政府特殊津贴专家。现任济宁医学院法医学与医学检验学院院长, 司法鉴定中心主任, 山东省十二五病理学与病理生理学特色重点学科主任, 肿瘤病理研究所所长等职务。兼任山东省司法鉴定协会副会长、法医专业委员会主任委员、中国司法鉴定理事会常务理事, 山东省抗癌协会肿瘤病理专业委员会副主任委员, 中国病理学工作者委员会常委; 荣获山东省学术骨干、学科带头人培养对象, 济宁市有突出贡献的中青年专家等称号, 荣立山东省司法系统三等功等。近年来承担和完成省部级、厅局级科研项目 20 余项; 获山东省科学技术进步三等奖 3 项, 省级优秀教学成果二、三等奖 3 项, 山东省高等学校优秀科研成果一、二、三等奖 5 项; 发表学术论文 60 余篇, 主编和参编著作 10 余部。目前科研水平和司法鉴定水平据国内同行领先行列。

关键词 法医病理学; 死亡原因; 死亡时间

中图分类号: D919.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-9760(2015)08-229-05

法医病理学的主要研究任务是运用相关的医学专业知识解决有关暴力死亡和非暴力死亡的死亡征象、死亡原因、死亡方式、死亡时间、死亡地点、个人识别, 以及致伤物的推断。然而, 在众多死亡案件中死亡原因和死亡时间的判定却是司法实践中的研究热点、重点和难点。而准确的推断死亡时间却又是难中之难, 死亡时间是从案件发生到尸体检验所经过的时间。在大数情况下可通过死亡时间推断案件发生的时间, 并与涉案的人和事密切相关。正确的死亡原因分析和死亡时间推断将为民事案件的调查与处理、刑事案件的侦查与审理提供法庭科学依据。本文就死亡原因及死亡时间的国内外研究进展作一综述。

1 死亡原因研究

在死亡原因的鉴定中有些死亡案例死因比较明确, 容易做出十分准确的鉴定意见。而有些死亡案例由于缺乏特异性的指标, 因此很难作出明确的死亡诊断, 如猝死综合征、过敏性休克、无电流斑电击死等。因此成为国内外研究的重点和热点。

1.1 心源性猝死(sudden cardiac death, SCD)

SCD 是指因自身心脏疾病而导致的急性死

亡, 在猝死案例同时也在心血管疾病猝死案例中是最常见的一种类型, 约占全部猝死案例的 80% 以上。随着分子生物学、免疫组织化学、细胞凋亡检测与蛋白质组学等相关技术的广泛应用与迅速发展, 近年来 SCD 的法医学研究已从单纯的细胞水平深入到分子水平。

由遗传性心律失常引起的猝死一般不伴有心脏结构的异常, 只以致死性心律失常为主要临床表现, 因此常规尸体解剖及病理检查难以明确死因。遗传性心律失常致死机制是编码离子通道蛋白的基因突变导致心电活动的异常, 在解剖阴性时借助分子生物学的方法检测死者基因有无异常, 又称分子解剖或死后基因检测。国外有研究应用“分子解剖”技术, 查明不明原因猝死者中部分死者的死亡原因为基因突变所致的心脏离子通道性疾病, 主要为 RUGADA 综合征(BrS, 钠离子通道基因 SCN5A 发生突变)、长 QT 综合征(LQTS, 钾离子通道基因 LQT1、LQT2 和 LQT3 突变)、儿茶酚胺敏感性多形性室性心动过速(CPVT, 分别与编码心肌细胞肌浆网上 Ca^{2+} 释放通道蛋白兰尼碱受体和编码参与肌浆网中 Ca^{2+} 的缓冲和储存的肌集钙蛋白基因 2 突变有关)等^[1]。先天性基因突变或心

脏机械性负荷过重而导致的基因表达异常,引起与收缩有关的蛋白结构改变,功能发生改变,在一定条件诱导下诱发致命性心力衰竭而发生 SCD。傅里叶显微红外光谱成像技术可鉴定心肌梗死的病理改变酰胺带和胶原蛋白三螺旋结构的红外光谱图像改变可特征性地鉴别早期心肌缺血和陈旧性心肌梗死^[2]。

总之,目前免疫组织化学及分子生物学方法已作为较成熟的检测手段被众多国内外学者应用于 SCD 的形态学研究探索中,但大部分实验研究仍局限于动物实验,直接利用实践检案进行研究的较少,且无公认灵敏特异的指标。而实际案例中的检材条件与实验室动物检材条件有很大差别,如何在 SCD 心肌中找到一种或几种能在法医实际检案中不受检材腐败、自溶及固定液等因素影响又具有特异性、敏感性、稳定性的形态学指标,仍是法医工作的难题。令人欣喜的是国内启动了一项 SCD 的尸检注册研究,相信它将会加深对我国 SCD 病种和病理机制的认识^[3]。

1.2 青壮年猝死综合征(sudden manhood death syndrome, SMDS)

SMDS 猝死机制尚未完全清楚,尸检及法医病理学检验亦无特异性病理学诊断依据,法医病理学鉴定主要通过排除暴力、中毒、器质性疾病等死因后,根据死者生前体质健康、睡眠中死亡等特点做出 SMDS 的推测性诊断,故常引起司法纠纷。国内外在分子遗传学、免疫组织化学、自主神经调节作用等方面对 SMDS 进行了大量的研究。目前心电传导相关蛋白与心律失常的关系也成为心源性疾病的研究热点,离子通道蛋白 SCN5A 已被证实与 SMDS 密切相关,提示 SCN5A 及其他心电传导相关蛋白如连接蛋白 43(connexin43, CX3)、超极化激活环核苷酸门控阳离子通道(hyperpolarization activated and cyclic nucleotide-gated channel, HCN)在 SMDS 死亡机制中存在重要作用;SMDS 病例有早期心肌缺血性损害表现,因此,有学者认为 SMDS 的死亡机制可能是冠状动脉发生痉挛,导致心肌局部缺血,心肌细胞电流不稳定或电冲动传导不同步,从而引起室性心律失常或室颤,最终发生猝死;也有研究表明,心脏自主神经病变可能仅是 SMDS 发作的诱因之一,而非导致 SMDS 的主要因素,SMDS 可能与窦房结自主神经病变无显著关联,心脏自主神经病变可解释 SMDS 男性发病率远高于女性^[4]。总之,尽管近来对 SMDS 的

发病特点及致病机制等都有广泛而深入的研究,但仍有部分关键问题尚未解决。为此,今后法医检案应注意以下问题:1)对疑为 SMDS 的尸体应尽早尸检,以获取新鲜的检材;2)对确诊为 SMDS 死者,应尽量获取其个人及家族成员的详细信息,以备将来对其家系进行分子遗传学筛查;3)有科研实力的单位应加强与基层法医单位的合作,以获得更多的 SMDS 案例资源。

1.3 溺死鉴定

溺死鉴定是医学病理学中的重点和难点之一。水中尸体未必就是溺死,也可以由其他原因引起,例如死后入水。实际上,尸体现象很难证明死亡的原因。所以,受害者是否为“真的”溺死的问题常常不容易解决。目前,硅藻检验被认为是溺死诊断的“金标准”。通过硅藻的定性定量分析,不仅可以对死亡原因有更直接的判断,也可以指向可能的溺死地点。随着硅藻检验技术的不断发展,水中尸体溺死诊断体系将逐步完善,在样本采集上,有望达到标准化与封闭化。在组织消化上有望达到高效、安全、环保、硅藻破坏率低及回收率高的要求。在硅藻定量检验上,有望于达到自动化与标准化,让硅藻的定量诊断变得更加方便、快捷。在推广应用上,如能够将微波消解、真空抽滤、光学显微镜观察实现联用,将会为硅藻检验工作带来革命性的变化,无疑将会为法医学工作做出不可替代的贡献^[5]。此外,采用 PCR 法检测尸体不同脏器组织中是否存在水中浮游生物的 DNA 标记,适用范围广,信息量丰富,灵敏性和特异性较高,有较好的法医学应用前景,有望成为鉴定溺死的新方法^[6]。

胡孙林等^[7]提取溺死兔肺、肝、肾、股骨骨髓和现场珠江水样,采用微波消解—扫描电镜联用法检测脏器组织和水样中的硅藻,并与硝酸乙醇消解—扫描电镜联用的方法发现生前溺死的兔肺、肝、肾、股骨骨髓组织中大多数观测到与现场珠江水样一致的硅藻。认为用扫描电镜联用法检测脏器内硅藻,高效、安全、环保,硅藻检验灵敏度高,降低了劳动强度,提高了定性定量分析准确度,且能有效避免污染,在法医学溺死鉴定中具有良好的应用价值。余政梁等^[8]用 PCR-DHPLC 法检测硅藻 SSU 基因发现溺死人体器官组织检材采用 DHPLC 法检出硅藻种类明显多于微波消解—扫描电镜法。脏器检出硅藻种类与溺死点水样一致。说明采用 PCR-DHPLC 法检测硅藻 SSU 基因,有助于溺死鉴定和溺死地点的推断,具有法医学应用价值。

1.4 过敏性休克和无电流斑电击伤

过敏性休克和无电流斑电击伤均是死亡原因鉴定中的难点。过敏性休克致死常规尸检未能发现特异性病理改变,生化检测尚缺乏客观特异性诊断指标。因此,寻求客观特异性生化诊断指标以明确诊断过敏性休克致死案件,成为法医学死因鉴定迫切需要解决的一大难题。在法医学实践中遇到的过敏性休克致死案件多数是由于某种或某组药物通过注射、口服或粘膜吸收进入机体在较短时间内引发的死亡。病人死亡究竟是药物过敏性休克所致,还是自身疾病致高敏状态下药物作用所致,尚无明确的诊断标准。目前对于过敏性休克致死案件的鉴定仍采用常规病理学检查排除暴力性致死、中毒性致死及致死性疾病,通过辅助检测生化指标例如检测血清 IgE 值,或运用免疫组化以 RT-PCR 技术对组织类胰蛋白酶、类糜蛋白酶进行检测,并结合死者生前的临床表现,用药史综合判断死因。现行的排除法式的过敏性休克死因鉴定方式因缺乏客观的、特异性的诊断指标,在解决过敏性休克致死医疗纠纷案件弊端尤为突出^[9]。

无电流斑电击伤的鉴定由于缺少明显的体表痕迹,此类案件的鉴定难度较大。国内外学者采用光镜、电镜、原子吸收光谱等仪器,利用组织化学等方法,对无电流斑电击伤进行了大量的研究。采用光镜、电镜可以检测到组织的微观和超微结构变化,采用吸收光谱和组织化学方法可以观察到化学成分的变化,这些研究成果对于此类案件的鉴定具有重要的指导意义^[10]。

1.5 其它

Fabio De-Giorgio 等^[11]报道 CO 中毒可引起蛛网膜下腔出血,并提出假设 CO 引起的脑血管内皮细胞过度扩张效应,导致微血管完整性受损引起蛛网膜下腔出血。Kevin Tang 等^[12]研究发现颅脑可以在没有剪切撕裂的情况下因钝性外伤造成挫伤。

Riccardo Ross 等^[13]发现 1 例不常见自杀案例,其死亡的原因可能为因火灾的直接刺激而导致的神经自主反射—三叉神经—心脏反射。这种神经反射被外科医生和麻醉师所熟知,因为在头部和颈部区域手术时其神经的刺激后果可能是致命的。但是法医病理学家对此神经反射的了解还不多,需要进一步对其深入的研究。在不明原因猝死的调查中,分子检测心脏离子通道病是一个有价值的手段,法医寻求猝死死因时它能提供有帮助的信息,

同时也能为依然健在的家庭成员提供潜在的救生信息^[14]。

2 死亡时间(postmortem interval, PMI)研究

传统的 PMI 推断方法主要是通过尸体现象来判定。近年来国内外对 PMI 推断的研究呈现出多种判定方法如有通过机体死后核酸和组织降解推断、有通过玻璃体液成分变化推断、有从组织生化等方面推断等^[15]。在司法实践中,也有通过研究肝脏死后肝重、肝温、肝电阻率、死后气体、腐败产物及腐败微生物改变等,更准确的推断 PMI,为案件的侦破提供线索^[16]。

2.1 通过核酸成分降解推断 PMI

RNA 检测可以作为法医病理学检测一个有效的工具应用在损伤时间和死亡后间隔时间的推断,为 PMI 推断开辟了一个新思路,提供了一个更为准确的方法。在法医案件分析中体液细胞中特异 mRNA 表达的分子检测已经成为 DNA 分析的重要补充手段^[17-19]。刘良等^[20]运用计算机图像分析技术,对大鼠死后脑细胞 DNA 的变化进行观测发现大鼠的早期 PMI 与其脑细胞 DNA 降解速率呈线性关系,提示此法有可能作为精确推断 PMI 的辅助手段。刘季等^[21]采用 RT-PCR 方法与凝胶图像分析技术检测 18s rRNA 和 GAPDH mRNA 的含量发现 SD 大鼠死后脑组织中 GAPDH mRNA 在第 2 天时降解不明显,但到第 3、5、7 天时降解程度显著增加,且随着温度的升高,降解速度增加;而 18s rRNA 降解缓慢,直到第 7 天仍无显著性降解变化,且降解速度几乎不受温度的影响。陈晓瑞等^[22]应用复合荧光 RT-PCR 技术,检测死后不同时间大鼠视网膜细胞 β -actin、Pgk1 和 Rpl 4 mRNA 水平,发现 28h 内,大鼠视网膜细胞 β -actin、Pgk1、Rpl 4mRNA 水平均随 PMI 的延长而下降。大鼠死后视网膜细胞 mRNA 的含量随着 PMI 的延长而逐渐降解,与 PMI 具有相关性。

2.2 通过组织腐败降解推断 PMI

蛋白质占人体质量的约 20% 左右,人体死亡后在多种蛋白水解酶及腐败菌的作用下,机体蛋白质成分逐渐分解成为氨基酸和小分子含氮物质。通过免疫印迹、免疫组化等方法结合图像分析技术对死后蛋白质含量进行半定量测定,作出蛋白质与 PMI 关系曲线,对 PMI 进行有效推断,具有重要的意义。

2.3 通过组织内多种离子及蛋白质含量变化推断

PMI

有研究多种离子与 PMI 具有相关性,且发现 $[K^+]$ 的相关性最好。人体玻璃体液亦表现出类似规律,并证实 11 种离子随 PMI 呈规律性变化, $[K^+]$ 在死后 72h 内与 PMI 相关性最佳^[24-25]。人体死亡后玻璃体液中某些酶的浓度出规律性降低,如羟丁酸脱氢酶、乳酸脱氢酶等,相关系数约为 0.985。玻璃体液中存在少量细胞成分,因此,胞核溶解产生的核酸降解产物,如次黄嘌呤,在死后不断升高^[26]。与蛋白降解类似,死后玻璃体液中蛋白成分不断分解,某些代谢产物如天冬氨酸、谷氨酸和牛磺酸等随 PMI 延长而持续升高,具有较好的相关性^[27]。

2.4 通过尸源性昆虫的种类和发育阶段推断 PMI

尸源性昆虫在某些刑事案件的侦破中占有重要地位,对于推断死者的 PMI 和推断尸体是否有转移有重要的作用。主要从生物形态学和分子生物学对绿蝇的种属鉴定以及绿蝇日龄的推断等方面推断 PMI。双翅目中的丽蝇科绿蝇属昆虫,是尸体上常见的昆虫之一,通常最先到达尸体,而且最喜阳光,该特点以及在尸体上发现的绿蝇属昆虫幼虫的生长发育阶段,可以为刑事案件的侦破提供十分有力的证据^[28]。

PMI 的推断除利用法医病理学的知识外,还要综合考虑周围环境变化,同时应用法医物证学、法医昆虫学等多种学科的知识及多种方法对 PMI 进行推断,其准确率会明显提高。随着科学技术的不断发展及各学科之间知识的相互融合,相信今后会有更多、更新、更精确的推断损伤及 PMI 的方法将被人们所发现,为案件的侦查和侦破提供更为可靠的证据。

3 小结与展望

本文述评了近年来国内外在法医病理学死亡原因和 PMI 方向的研究热点及难点进展。死亡原因的正确判断和分析是判别案件性质的关键依据,尤其对那些无明显病理形态变化的猝死,特别是心源性猝死的发生机制和形态、免疫组化、分子生物学等改变的研究,已成为当今法医病理学界的关注热点,期待今后将成为判别各类心源性猝死的重要检测手段。而 PMI 的推断由于其复杂性和判断的困难程度一直以来更是困扰法医病理学家的难点。随着科学技术的不断发展,其推断方法不断增多且

准确性不断提高。但人体死亡后机体变化受多种因素影响,如环境、尸体状况、衣着和昆虫等,其推断的时间与现实总有一定误差。因此,掌握近年来国内外有关死亡原因及 PMI 的研究进展,使新的检测或推断方法广泛应用于法医病理实践工作中,必将提升法医病理学工作者正确判案的能力和水平,并为今后开展该领域更深入地研究奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 官大威,赵锐. 离子通道病所致的心源性猝死与死后基因检测技术[J]. 法医学杂志,2010,26(2):121-125.
- [2] 黄平,黎世莹,李正东,等. 傅里叶显微红外光谱成像技术研究进展及其法医学应用[J]. 法医学杂志,2011,27(6):447-450.
- [3] 刘德衍,袁磊,王彦,等. 心脏性猝死的法医学研究现状与展望[J]. 青岛大学医学院学报,2011,47(1):89-90.
- [4] 马祥涛,高丽伟,李上勤,等. 青壮年猝死综合征研究现状[J]. 中国法医学杂志,2010,25(6):407-410.
- [5] 赵建,胡孙林,刘超,等. 硅藻检验方法综述[J]. 刑事技术,2012,37(2):44-47.
- [6] 张又川,王会品,刘超,等. 浮游生物 PCR 检测及其在溺死鉴定中的研究进展[J]. 中国法医学杂志,2012,27(3):209-211.
- [7] 胡孙林,温锦峰,张晓婷,等. 微波消解-扫描电镜联用检测脏器内硅藻[J]. 中国法医学杂志,2010,25(3):145-149.
- [8] 余政梁,刘超,胡孙林,等. PCR-DHPLC 法检测硅藻 SSU 基因在溺死鉴定中的应用[J]. 中国法医学杂志,2013,28(6):457-460.
- [9] 汤大为,郝博,韩鹏,等. 趋化因子在过敏性休克致死案件中的研究进展及法医学意义[J]. 广东公安科技,2011,27(2):5-9.
- [10] 杨超朋,肉孜,李峰,等. 无电流斑电击伤的研究进展[J]. 中国法医学杂志,2012,27(5):376-378.
- [11] De-Giorgio F, Grassi V M, Miscusi M, et al. Subarachnoid hemorrhage and carbon monoxide exposure: accidental association or fatal link? [J]. J Forensic Sci, 2013, 58(5): 1364-1366.
- [12] Kevin Tang, Wyatt Sharpe, Alexandra Schulz, et al. Determining Bruise Etiology in Muscle Tissue Using Finite Element Analysis[J]. Forensic Science International, 2014, 59(2): 371-374.
- [13] Riccardo Rossi, Maria Lodise, Massimo Lancia, et al. Trigemino - Cardiac Reflex as Lethal Mechanism in a Suicidal Fire Death Case[J]. J Forensic Sci, 2014, 59(3): 833-835.
- [14] Dawei Wang, Krunal R Shah, Sung Yon Um, et al. Cardiac channelopathy testing in 274 ethnically diverse sudden unexplained deaths[J]. Forensic Science International, 2014, 237: 90-99.
- [15] 黎增强,李冬日,王慧君,等. 死亡时间推断研究进展[J]. 法医学杂志,2012,28(4):287-292.
- [16] 闫换芳,张继宗,杨超朋,等. 根据肝脏死后改变推断死亡时间的研究进展[J]. 刑事技术, 2011,36(5):39-42.

间的先后因果关系,对于提高国家科学研究水平,建设创新型国家具有重要意义。

参考文献:

- [1] Dietrich A, Kanso R. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight[J]. Psychol Bull, 2010,136(5): 822-848.
- [2] Anderson B, Harvey T. Alterations in cortical thickness and neuronal density in the frontal cortex of Albert Einstein[J]. Neurosci Lett, 1996,210(3): 161-164.
- [3] Witelson S F, Kigar D L, Harvey T. The exceptional brain of Albert Einstein[J]. Lancet, 1999, 353(9170): 2149-2153.
- [4] Falk D. New Information about Albert Einstein's Brain[J]. Front Evol Neurosci, 2009, 1: 3.
- [5] Amunts K, Schleicher A, Zilles K . Outstanding language competence and cytoarchitecture in Broca's speech region[J]. Brain Lang, 2004, 89(2): 346-353.
- [6] Zang Y, Jiang T, Lu Y, et al. Regional homogeneity approach to fMRI data analysis[J]. NeuroImage, 2004, 22(1): 394-400.
- [7] Tian L, Ren J, Zang Y. Regional homogeneity of resting state fMRI signals predicts Stop signal task performance[J]. NeuroImage, 2012, 60(1): 539-544.
- [8] Wang L, Song M, Jiang T, et al. Regional homogeneity of the resting-state brain activity correlates with individual intelligence[J]. Neurosci Lett, 2011, 488(3): 275-278.
- [9] Wang Z, Yan C, Zhao C, et al. Spatial patterns of intrinsic brain activity in mild cognitive impairment and alzheimer's

disease: A resting - state functional MRI study[J]. Hum Brain Mapp, 2011, 32(10): 1720-1740.

- [10] Chao-Gan Y, Yu-Feng Z. DPARSF: a MATLAB toolbox for "pipeline" data analysis of resting-state fMRI[J]. Front Syst Neurosci, 2010, 4: 13.
- [11] Song X W, Dong Z Y, Long X Y, et al. REST: a toolkit for resting-state functional magnetic resonance imaging data processing[J]. PLoS One, 2011, 6(9): e25031.
- [12] Luo J, Niki K. Function of hippocampus in "insight" of problem solving[J]. Hippocampus, 2003, 13(3): 316-323.
- [13] Duff M C, Kurczek J, Rubin R, et al. Hippocampal amnesia disrupts creative thinking[J]. Hippocampus, 2013,23(12): 1143-1149.
- [14] Chavez R A, Graff Guerrero J C, Garcia Reyna, et al. Neurobiology of creativity: preliminary results from a brain activation study[J]. Salud Mental, 2004, 27(3): 38-46.
- [15] Cavanna A E, Trimble M R. The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates [J]. Brain, 2006, 129(3): 564-583.
- [16] Raichle M E, MacLeod A M, Snyder A Z, et al. A default mode of brain function[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2001, 98(2): 676-682.
- [17] Takeuchi H1, Taki Y, Hashizume H, et al. Cerebral Blood Flow during Rest Associates with General Intelligence and Creativity[J]. PLoS One, 2011, 6(9): e25532.
- [18] Zhang H, Liu J, Zhang Q. Neural Correlates of the Perception for Novel Objects[J]. PLoS One, 2013, 8(4): e62979.

(收稿日期 2015-06-15)

(上接第 232 页)

- [17] 李中红,洪一兰,李红霞,等. RNA 检测技术在法医病理学中的应用研究[J]. 现代生物医学进展,2012,12(1):192-194.
- [18] 林旭,尹雅莎,冀强. DNA 定量技术在死亡时间推断中的研究进展[J]. 法医学杂志,2011,27(1):47-49,53.
- [19] 高林林,李佑英,严江伟,等. RNA 在法医学领域中的应用及研究进展[J]. 法医学杂志,2011,27(6):455-459.
- [20] 刘良,张力,刘亚玲,等. 大鼠脑细胞 DNA 含量与死亡时间关系的图像分析[J]. 中国法医学杂志,2000,15(1):1-3,13.
- [21] 刘季,宋贞柱,王英元,等. 大鼠死后脑组织 RNA 降解与死亡时间推断的研究[J]. 中国法医学杂志,2007,22(4):226-228, 232.
- [22] 陈晓瑞,易少华,杨丽萍,等. 大鼠死后视网膜细胞 mRNA 降解与死亡时间的关系研究[J]. 中国法医学杂志,2007,22(3):169-172.
- [23] 于天水,官大威,刘力,等. 大鼠骨骼肌损伤后不同时间的病理学变化[J]. 2014,29(5):431-433,436.
- [24] 陶涛,胥劲,罗通行,等. 人体死后不同时间玻璃体液化学成

分的变化趋势[J]四川大学学报(医学版),2006,37(6):898-900,927.

- [25] Zhou B,Zhang L,Zhang G,et al. The determination of potassium concentration in vitreous humor by low pressure ion chromatography and its application in the estimation of postmortem interval[J]. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci,2007,852(1-2):278-281.
- [26] Passos M L, Santos A M, Pereira A I, et al. Estimation of postmortem interval by hypoxanthine and potassium evaluation in vitreous humor with a sequential injection system[J]. Talanta,2009,79(4):1094-1099.
- [27] Girela E, Villanueva E, Irigoyen P, et al. Free amino acid concentrations in vitreous humor and cerebrospinal fluid in relation to the cause of death and postmortem interval[J]. J Forensic Sci,2008,53(3):730-733.
- [28] 张露,蔡继峰. 根据绿蝇属昆虫推断死亡时间的法医学研究进展[J]. 法医学杂志,2010,26(4):287-289.

(收稿日期 2015-08-15)