法医病理学 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003674

胰岛素过量死亡的法医学研究进展

卞存浩，王 琪，何 鑫，李剑波
（重庆医科大学基础医学院法医学系/重庆市刑事侦查技术工程研究中心，重庆 400016）

【摘 要】胰岛素作为体内维持葡萄糖稳态的重要激素，在糖尿病治疗中至关重要。近年来，随着外源性胰岛素广泛使用，胰岛素过量意外、自杀、他杀案件不断增加。由于胰岛素过量尸体的注射部位难发现、病理征象不明显、死后血中胰岛素降解快及死后的血生化波动大等特点，导致胰岛素过量死亡的法医学诊断极其困难。因此，本文综述了胰岛素过量的原因、致死机制、病理变化、毒化分析和鉴定要点，为胰岛素过量死亡的法医学鉴定提供帮助。

【关键词】法医病理学；胰岛素过量；毒理学；综述
【中图分类号】R473.72 【文献标志码】A 【收稿日期】2024-07-15

Advances in forensic research on fatal insulin overdose

Bian Cunhao, Wang Qi, He Xin, Li Jianbo
(*Department of Forensic Medicine, Faculty of Basic Medical Sciences, Chongqing Engineering Research Center for Criminal Investigation Technology, Chongqing Medical University*)

【Abstract】Insulin, as an important hormone that maintains glucose homeostasis in the body, is crucial in the treatment of diabetes. In recent years, with the widespread use of exogenous insulin, there has been a constant increase in insulin overdose accidents, suicides, and homicides. The forensic diagnosis of fatal insulin overdose is extremely difficult due to the difficulties in identifying the injection site, the lack of obvious pathological signs, the rapid degradation of insulin in postmortem blood, and the large fluctuation of blood biochemistry after death. Therefore, this article reviews the causes, lethal mechanisms, pathological changes, toxicological analysis, and identification points of insulin overdose, so as to provide help for the forensic identification of fatal insulin overdose.

【Key words】forensic pathology; insulin overdose; toxicology; review

胰岛素是内分泌学领域研究最深入的多肽之一，至今为止，胰岛素及其类似物是治疗糖尿病的主要药物[1]。近年来，随着外源性胰岛素的使用日益广泛，胰岛素过量的案件也日趋增多[2-3]。由于胰岛素过量尸体的注射部位难发现、病理征象不明显、死后血中胰岛素降解快及死后的血生化波动大等特点，导致胰岛素过量的死因鉴定极为困难[3-5]。本文拟通过对胰岛素过量的原因、致死机制、病理变化、毒化分析和鉴定要点等方面进行综述，为胰岛素过量死亡的法医学鉴定提供帮助。

1 胰岛素概述

胰岛素由2条肽链组成，包括A链的11种21个氨基酸和B链的15种30个氨基酸，分子量为5 807，等电点约为5.3[6]。胰岛素原裂解后产生等摩尔质量的胰岛素和C肽，形成胰岛素六聚体并储存于囊泡[6]。当β细胞在适当的刺激下，胰岛素六聚体解离为单体，通过血液循环在各组织中发挥作用[6-7]。

2 胰岛素过量的原因

胰岛素过量的原因大多为医源性意外，由于胰岛素单位“U”与数字“0”极为相似，胰岛素规格也存在差异，有时会造成患者的错误使用[8]。另外患者胰岛素强化治疗、运动量增加、个体差异、饮食控制不当也是造成胰岛素过量的重要原因[9]。胰岛素自杀案例较少，死者大多数存在胰岛素治疗的糖尿病病史，部分合并有抑郁症等精神疾病[2,10]。胰岛素谋杀案件罕见，1958年，Birkinshaw VJ报道了历史上第一起胰岛素谋杀，我国于1991年首次报道[11-12]。近年来，随着糖尿病患者增加和胰岛素药物普及，胰岛素谋杀案件增加，甚至出现胰岛素连环杀人的恶性案件[13]。胰岛素谋杀案的凶手多为女性、熟人，具有一定的医学背景[5,13-14]。另外，胰岛素能够提高肌肉的能量储备能力，赛马的马匹和体育赛事的运动员需要警惕胰岛素作为兴奋剂使用[15]。

作者介绍：卞存浩，Email：forensicbch@163.com，
研究方向：法医病理学及法医毒理学研究。
通信作者：李剑波，Email：100390@cqmu.edu.cn 。
基金项目：国家重点研发计划资助项目（编号：2022YFC2600804）。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20241226.1542.016
（2024-12-27）

3 胰岛素过量的致死机制

胰岛素过量死亡主要是由严重低血糖引起的中枢神经系统损害和心律失常共同介导，胰岛素过量引起的生化紊乱加速机体损害，而胰岛素制剂的过敏反应较罕见[16-18]。

3.1 胰岛素过量低血糖与中枢神经系统损害

正常人的血糖水平稳定在3.9~6.1mmol/L，当血糖<3.9 mmol/L即属于低血糖范畴[19]。当血糖<2.8 mmol/L时，机体出现意识模糊、昏迷、惊厥等脑功能障碍症状，而当血糖<2.0 mmol/L时，脑组织葡萄糖含量几乎为零，脑神经元出现不可逆性坏死[19-20]。Auer RN的研究[21]显示，低血糖脑损伤的神经元坏死分布有一定特征，主要累及大脑皮质浅层和海马神经元，其中海马主要损伤CA1、CA3及齿状回区，罕见累及脑干、小脑和延髓。研究表明低血糖引起大脑白质星形胶质细胞反应性改变[22]。此外，低血糖可以破坏血脑屏障的紧密连接，引起脑水肿[23]。低血糖脑损伤相关机制研究显示，低血糖脑损害主要与兴奋性递质增加引起神经毒性、活性氧增多诱发氧化应激、线粒体功能障碍等有关[24-26]。

3.2 胰岛素过量低血糖与心律失常

胰岛素过量死亡与心律失常密切相关，Kacheva S等[27]研究表明，胰岛素过量低血糖期间交感神经系统激活，出现低钾血症，导致Q-T间期显著延长，促使心律失常。Reno的系列研究表明，严重低血糖引起多种心律失常，包括室性早搏、心动过速和高度房室传导阻滞，动物干预实验发现心律失常是由低血糖期间交感神经系统与副交感神经系统紊乱所致，同步干预低血糖脑癫痫与心律失常实验表明胰岛素过量低血糖猝死是由脑损害严重癫痫致呼吸抑制和严重心律失常致心脏骤停共同介导[17,28-29]。

3.3 胰岛素过量引起生化紊乱

胰岛素过量会引起生化紊乱，包括电解质紊乱、能量代谢紊乱、凝血功能障碍、炎症因子升高等。Johansen NJ和Christensen MB[16]回顾研究发现，胰岛素过量容易引起低钾血症，而案例和本课题组前期研究提示，胰岛素过量血钾降低是一种转移性低钾血症[30-31]。既往研究显示，胰岛素过量后胰高血糖素等升糖激素显著升高，加剧体内能量代谢紊乱[32]。研究表明，严重低血糖增强血小板的聚集，影响纤维蛋白和纤溶系统，促进血液的高凝状态[33]。此外，严重低血糖会增加血液中的炎症因子，如CD40、IL-6，高敏C反应蛋白、氧化应激指标等[33]。

3.4 胰岛素制剂诱发过敏反应

胰岛素制剂诱发过敏性休克是胰岛素过量的罕见死因[34]。第一代动物胰岛素结构与人胰岛素差异较大，致敏率相对较高[18]。随着重组胰岛素和胰岛素类似物的发展，胰岛素制剂致敏率显著下降，然而过敏反应仍偶有发生。胰岛素制剂过敏原因可能与药品中添加的鱼精蛋白稳定剂及注射部位胰岛素聚合构象改变有关[18]。

4 胰岛素过量的法医病理学检验

胰岛素过量尸体无特异性征象，但部分组织病理学变化具有一定辅助诊断价值，需要进一步研究。

4.1 胰岛素注射部位组织病理学

Lutz R等[35]研究发现胰岛素注射部位可见组织间隙增大，部分粉染液残留，轻微组织坏死伴少量炎细胞浸润，还发现注射部位皮下粗糙的双折射磷酸锌晶体结构。此外，注射部位的免疫组织化学染色可见胰岛素的阳性反应，部分鱼精蛋白胰岛素制剂注射部位还可见鱼精蛋白免疫阳性[36]。因此注射部位的组织病理学检验可以证明外源性胰岛素的皮下注射，但较难与治疗性胰岛素注射部位区分。

4.2 胰岛素过量脑组织病理学

胰岛素过量低血糖脑损伤可见大脑皮质浅层和海马神经元坏死，以及白质周围星形胶质细胞反应性改变，较于缺血缺氧性脑损伤有相对特异性，具有一定诊断价值，但需进一步研究其死后变化的影响[21]。

4.3 胰岛素过量肝脏、肌肉组织分子病理学

糖原是葡萄糖体内储存的主要形式，胰岛素过量死亡时肝脏和肌肉的糖原含量均显著降低，此外，研究显示胰岛素过量骨骼肌细胞膜上糖转运蛋白4和钠钾ATP通道信号显著增强。因此，对肝脏和肌肉的分子病理学分析可以提供辅助诊断信息[4,31,37]。

5 胰岛素过量的毒化检测

毒化分析定量检测可以为鉴定胰岛素过量提供直接证据，但对于胰岛素各种检测方法的比较验证、不同组织体液中胰岛素差异以及死后样本中胰岛素稳定性需要深入研究。

5.1 胰岛素的检测方法

免疫分析法，主要包括放射免疫法，酶联免疫吸附法，化学发光免疫法，化学发光酶免疫法等[38]。一般商用胰岛素试剂盒检测限约为3 pmol/L，具有操作简便，成本较低，抗背景干扰等特点，但由于不同厂家的试剂盒抗体差异以及各种胰岛素间的交叉反应，免疫测定法的结果需谨慎解释[38]。

液相色谱质谱联用法，主要有2种分析策略即检测完整的胰岛素和检测胰岛素酶解产生的多肽。胰岛素质谱分析前，一般会采用固相萃取、免疫亲和层析等方法进行富集纯化，提高胰岛素检出率[39]。液相色谱质谱联用法可以分析不同胰岛素类似物的分子量和修饰基团，实现胰岛素类似物种类的鉴别，但该方法检测限较高，成本高，且目前缺乏胰岛素代谢物标准品而无法完全定量胰岛素，检测结果需要谨慎分析[40]。

5.2 胰岛素的检测样本

1954年，Elgee NJ等[41]研究了^{131}I标记的胰岛素在大鼠和人体组织中的分布，发现几乎所有组织都具有放射性。因此，原则上只要样本充足都可用于检测胰岛素，但需要深入研究胰岛素在各组织中的含量和检测条件。

血液样本在临床上可以较好评估胰岛素水平，正常人空腹胰岛素血清浓度总体范围为3~25 mU/L，但死后血中胰岛素极易受到溶血、腐败等影响，死后48 h后血液中极难检出胰岛素，其中血红蛋白是胰岛素降解的重要因素[42]。胰岛素过量死后血液浓度范围较广，0.2~18 015 mU/L之间的浓度

均有文献报告[14]。此外，死后血液胰岛素浓度受生前胰岛素注射后时间、胰岛素种类、胰岛素剂量、胰岛素给药途径、禁食状态、糖尿病史以及死后时间间隔和死后再分布的影响，因此对死后血中胰岛素浓度需要谨慎评估[4]。

玻璃体液是目前法医检测胰岛素过量应用较多的检材，血-眼转运屏障的存在使得玻璃体液不易受到溶血及腐败的影响，但也导致其胰岛素含量较低[40,43]。Palmiere C等[4]研究发现非糖尿病人尸体玻璃体液中难以检出胰岛素，但可以从胰岛素治疗的糖尿病和胰岛素过量的尸体玻璃体液中检出。玻璃体液是分析胰岛素过量的良好检材，但阴性结果也不能完全排除胰岛素过量。

研究显示注射部位存在胰岛素聚集，可以进行胰岛素免疫组化分析和组织匀浆胰岛素定量检测，但随着无针胰岛素注射器的使用和口服胰岛素的发展，需要警惕不留针痕的胰岛素过量案件[36,44]。

肌肉是胰岛素代谢第三大器官，研究表明胰岛素在酸性介质中更稳定，且胰岛素降解酶在PH≤6时基本失活[45]。研究显示骨骼肌中能检出过量胰岛素，鉴于肌肉的充足样本量及死后的酸性环境，肌肉可以作为检测胰岛素过量的良好样本[31,44]。

此外，其他组织样本例如肝脏、胆汁、肾脏、尿液、脑脊液和心包液等在胰岛素过量案例均有不同程度升高，需要进一步研究[4,40]。

5.3 胰岛素、C肽和葡萄糖

血糖是临床上诊断低血糖的直接指标，但死后受糖原分解、糖酵解腐败等[46]影响，导致死后血糖波动范围极大，有研究者通过玻璃体液中葡萄糖和乳酸的总和值纠正糖酵解的影响，仍难以评估生前血糖[47]。

C肽用于评估内源性胰岛素分泌水平，C肽临床参考值为0.7~3.0 ng/mL，当胰岛素从胰腺释放时，等摩尔量C肽也被释放入血，但C肽的半衰期较胰岛素长，所以正常人胰岛素与C肽比值I/C<1[4,48]。当机体存在高胰岛素血症，如胰腺β细胞肿瘤等疾病时，胰岛素和C肽同步升高，胰岛素与C肽比值（I/C）仍<1；当外源性胰岛素输注后，内源性胰岛素分泌受抑制，C肽随之降低，总胰岛素水平与C肽比值>1[48]。因此，当胰岛素水平升高且I/C比值>1时，应高度怀疑外源性胰岛素过量。

6 胰岛素过量鉴定要点的总结和展望

综合胰岛素过量案例和系列研究，胰岛素过量案件鉴定应注意以下4个方面：①全面的案情调查，包括死者和死者亲属的糖尿病史、精神病史、胰岛素治疗史、胰岛素购买史、医学背景史等；②仔细的现场勘察，包括现场搏斗痕迹、胰岛素药瓶、胰岛素注射器、遗书等；③系统的病理检验，特别是注射部位组织病理及免疫组化检验、脑组织病理观察、肝脏和肌肉分子病理分析等；④严谨的毒化分析，包括多种组织和体液中胰岛素、C肽和葡萄糖含量，特别是胰岛素和C肽比值>1时应高度怀疑外源性胰岛素输注，进行质谱分析。综上，针对死后血液样本中分析胰岛素过量的限制，开展血液替代样本的胰岛素检测和死后稳定性研究；针对胰岛素过量检测方法差异性，开展系统性方法验证研究；针对胰岛素过量病理特征不显著的局限性，开展分子标志物筛选和稳定性研究，最终汇集研究成果建立一套胰岛素过量法医学鉴定标准。

参 考 文 献

[1] Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2022, 183: 109119.

[2] Bugelli V, Campobasso CP, Angelino A, et al. CLEIA of humor vitreous in a case of suicidal insulin overdose[J]. Leg Med, 2019, 40: 22-25.

[3] 黄 芳，栗继锋，童 昉，等. 注射胰岛素过量致死鉴定1例[J]. 中国法医学杂志，2020，35(2)：224-225.
Huang F, Su JF, Tong F, et al. A case of fatal insulin overdose[J]. Chin J Forensic Med, 2020, 35(2): 224-225.

[4] Palmiere C, Sabatasso S, Torrent C, et al. Post-mortem determination of insulin using chemiluminescence enzyme immunoassay: preliminary results[J]. Drug Test Anal, 2015, 7(9): 797-803.

[5] Rzepczyk S, Dolińska-Kaczmarek K, Uruska A, et al. The other face of insulin-overdose and its effects[J]. Toxics, 2022, 10(3): 123.

[6] Niswender KD. Basal insulin: physiology, pharmacology, and clinical implications[J]. Postgrad Med, 2011, 123(4): 17-26.

[7] Tokarz VL, MacDonald PE, Klip A. The cell biology of systemic insulin function[J]. J Cell Biol, 2018, 217(7): 2273-2289.

[8] Arora M, Arora A. Errors in prescribing. Spell and write out numbers[J]. BMJ, 2010, 341: c6502.

[9] 姜秀芳，刘爱华. 胰岛素应用过量致低血糖的原因及护理[J]. 全科护理，2010，8(2)：137-138.
Jiang XF, Liu AH. Causes and nursing care of hypoglycemia caused by excessive insulin application[J]. Chin Gen Pract Nurs, 2010, 8(2): 137-138.

[10] Fiore V, Marci M, Poggi A, et al. The association between diabetes and depression: a very disabling condition[J]. Endocrine, 2015, 48(1): 14-24.

[11] Birkinshaw VJ, Gurd MR, Randall SS, et al. Investigations in a case of murder by insulin poisoning[J]. Br Med J, 1958, 2(5094): 463-468.

[12] 崔建华，潘永久. 胰岛素中毒死的法医学鉴定（附一例报告）[C]//第四次全国法医学术交流会论文集（上卷）. 1991.
Cui JH, Pan YJ. Forensic identification of death by insulin poisoning Attached case report)[C]//Proceedings of the fourth National Forensic Academic Exchange Conference(volume 1). 1991.

[13] Arbouche N, Farrugia A, Gheddar L, et al. Is it really possible to kill with insulin without leaving traces? From lifesaver to killer, the issues surrounding the analytical characterization of postmortem insulin illustrated by an exemplary case[J]. J Forensic Sci, 2024, 69(3): 1106-1113.

[14] Bottinelli C, Cartiser N, Bévalot F, et al. Is insulin intoxication still the perfect crime? Analysis and interpretation of postmortem insulin: review and perspectives in forensic toxicology[J]. Crit Rev Toxicol, 2020, 50(4): 324-347.

[15] Thevis M, Thomas A, Delahaut P, et al. Doping control analysis of intact rapid-acting insulin analogues in human urine by liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Anal Chem, 2006, 78(6): 1897-1903.

[16] Johansen NJ, Christensen MB. A systematic review on insulin overdose cases: clinical course, complications and treatment options[J]. Basic Clin Pharmacol Toxicol, 2018, 122(6): 650-659.

[17] Reno CM, Skinner A, Bayles J, et al. Severe hypoglycemia-induced sudden death is mediated by both cardiac arrhythmias and seizures[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2018, 315(2): E240-E249.

[18] 李乃适. 胰岛素过敏的诊断与处理对策[J]. 中华临床免疫和变态反应杂志, 2012, 6(3): 163-167.
Li NS. Diagnosis and management of insulin allergy[J]. Chin J Allergy Clin Immunol, 2012, 6(3): 163-167.

[19] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(4): 311-398.
Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China(2020 edition)[J]. Chin J Endocrinol Metab, 2021, 37(4): 311-398.

[20] Suzuki A, Stern SA, Bozdagi O, et al. Astrocyte-neuron lactate transport is required for long-term memory formation[J]. Cell, 2011, 144(5): 810-823.

[21] Auer RN. Hypoglycemic brain damage[J]. Forensic Sci Int, 2004, 146(2/3): 105-110.

[22] Brown AM, Ransom BR. Astrocyte glycogen and brain energy metabolism[J]. Glia, 2007, 55(12): 1263-1271.

[23] Zhao F, Deng JS, Xu XF, et al. Aquaporin-4 deletion ameliorates hypoglycemia-induced BBB permeability by inhibiting inflammatory responses[J]. J Neuroinflammation, 2018, 15(1): 157.

[24] Suh SW, Hamby AM, Swanson RA. Hypoglycemia, brain energetics, and hypoglycemic neuronal death[J]. Glia, 2007, 55(12): 1280-1286.

[25] McGowan JE, Chen L, Gao DQ, et al. Increased mitochondrial reactive oxygen species production in newborn brain during hypoglycemia [J]. Neurosci Lett, 2006, 399(1/2): 111-114.

[26] Won SJ, Yoo BH, Kauppinen TM, et al. Recurrent/moderate hypoglycemia induces hippocampal dendritic injury, microglial activation, and cognitive impairment in diabetic rats[J]. J Neuroinflammation, 2012, 9: 182.

[27] Kacheva S, Karges B, Göller K, et al. QT prolongation caused by insulin-induced hypoglycaemia - An interventional study in 119 individuals[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2017, 123: 165-172.

[28] Reno CM, Daphna-Iken D, Chen YS, et al. Severe hypoglycemia-induced lethal cardiac arrhythmias are mediated by sympathoadrenal activation[J]. Diabetes, 2013, 62(10): 3570-3581.

[29] Reno CM, Bayles J, Huang YQ, et al. Severe hypoglycemia-induced fatal cardiac arrhythmias are mediated by the parasympathetic nervous system in rats[J]. Diabetes, 2019, 68(11): 2107-2119.

[30] Miyakuni Y, Nakajima M, Kaszynski RH, et al. A case involving massive insulin overdose: direct and indirect conditions requiring extended management of serum potassium[J]. Am J Case Rep, 2020, 21: e920078.

[31] Bian CH, He X, Wang Q, et al. Biochemical toxicological study of insulin overdose in rats: a forensic perspective[J]. Toxics, 2023, 12(1): 17.

[32] Cryer PE. Glucose counterregulation: prevention and correction of hypoglycemia in humans[J]. Am J Physiol, 1993, 264(2 Pt 1): E149-E155.

[33] Connelly KA, Yan AT, Leiter LA, et al. Cardiovascular implications of hypoglycemia in diabetes mellitus[J]. Circulation, 2015, 132(24): 2345-2350.

[34] Chu YQ, Cai LJ, Jiang DC, et al. Allergic shock and death associated with protamine administration in a diabetic patient[J]. Clin Ther, 2010, 32(10): 1729-1732.

[35] Lutz R, Pedal I, Wetzel C, et al. Insulin injection sites: morphology and immunohistochemistry[J]. Forensic Sci Int, 1997, 90(1/2): 93-101.

[36] Tong F, Wu RQ, Huang W, et al. Forensic aspects of homicides by insulin overdose[J]. Forensic Sci Int, 2017, 278: 9-15.

[37] Ho K. A critically swift response: insulin-stimulated potassium and glucose transport in skeletal muscle[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2011, 6(7): 1513-1516.

[38] Manley SE, Stratton IM, Clark PM, et al. Comparison of 11 human insulin assays: implications for clinical investigation and research[J]. Clin Chem, 2007, 53(5): 922-932.

[39] Bottinelli C, Nicoli R, Bévalot F, et al. Development and validation of a method for quantification of human insulin and its synthetic analogues in plasma and post-mortem sera by LC-MS/HRMS[J]. Talanta, 2021, 225: 122047.

[40] Bottinelli C, Bévalot F, Cartiser N, et al. Detection of insulins in postmortem tissues: an optimized workflow based on immunopurification and LC-MS/HRMS detection[J]. Int J Legal Med, 2021, 135(5): 1813-1822.

[41] Elgee NJ, Williams RH, Lee ND. Distribution and degradation studies with insulin I131[J]. J Clin Invest, 1954, 33(9): 1252-1260.

[42] Wunder C, Kauert GF, Toennes SW. Factors leading to the degradation/loss of insulin in postmortem blood samples[J]. Forensic Sci Int, 2014, 241: 173-177.

[43] Legg KM, Labay LM, Aiken SS, et al. Validation of a fully automated immunoaffinity workflow for the detection and quantification of insulin analogs by LC-MS-MS in postmortem vitreous humor[J]. J Anal Toxicol, 2019, 43(7): 505-511.

[44] Hess C, Madea B, Daldrup T, et al. Determination of hypoglycaemia induced by insulin or its synthetic analogues post mortem[J]. Drug Test Anal, 2013, 5(9/10): 802-807.

[45] Duckworth WC, Bennett RG, Hamel FG. Insulin degradation: progress and potential[J]. Endocr Rev, 1998, 19(5): 608-624.

[46] Musshoff F, Hess C, Madea B. Disorders of glucose metabolism: post mortem analyses in forensic cases: part II[J]. Int J Legal Med, 2011, 125(2): 171-180.

[47] Palmiere C, Sporkert F, Vaucher P, et al. Is the formula of Traub still up to date in antemortem blood glucose level estimation?[J]. Int J Legal Med, 2012, 126(3): 407-413.

[48] Uezono T, Shiono H, Shimizu K, et al. Simultaneous analyses of hypoglycemic agents and C-peptide are essential in a homicide case with the combined dosing insulin and insulin-releasing drug[J]. Leg Med, 2002, 4(1): 34-36.

（责任编辑：周一青）