

Impact of blood-saline mixture concentrations and retention time on CT manifestations of simulated wooden foreign body: An *in vivo* experiment

ZHU Daoming¹, LI Xiaoling², WU Lin³, LIU Maosen⁴, NI Cheng¹,
LUO Dandan¹, TANG Weihua¹, ZHAO Huiyan^{1*}

(1. Department of Radiology, the Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, China; 2. Institute of Chinese Herbal Medicines, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Enshi 445000, China; 3. College of Forestry and Horticulture, Hubei Minzu University, Enshi 445000, China; 4. Department of Radiology, Lichuan People's Hospital, Lichuan 445400, China)

[Abstract] **Objective** To observe the impact of different concentrations of blood-saline mixtures and retention time on CT manifestations of simulated wooden foreign bodies through *in vivo* experiment. **Methods** Twenty China fir strips were selected and placed into test tubes fulling with blood-saline mixture of different concentrations (whole blood ratio of 0%, 25%, 50%, 75% and 100%), namely negative control (NC) group, T25 group, T50 group, T75 group and T100 group (each $n=4$). The tubes were placed in a thermostatic water bath. Acquisition of CT images was performed immediately and 6 h after modeling and repeated with an interval of 6 h to 300 h. CT values of the lowest density area, of the highest density area and the volume of the low density area of the strips were compared among groups at the same time points. The impact of retention time and concentrations of blood-saline mixture, as well as the interaction between them on CT manifestations of the simulated wooden foreign bodies were analyzed. **Results** With time going, CT value curves of time-lowest density area of the strips showed fast-rising to slow-rising type, of time-highest density area showed fast-rising platform type in all 5 groups. The time-volume of low density area curve in NC group and T25 group were fast-decreasing type, while of T50 group, T75 group and T100 group were slow-decreasing type. Both the concentration blood-saline mixture and the retention time affected CT values of the lowest and the highest density areas, as well as the volume of the low density area (all $P<0.05$), and an interaction effect was observed on CT value of the lowest density area and the volume of the low density area (both $P<0.05$). **Conclusion** Both the concentration of blood-saline mixture and retention time had impact on CT manifestations of simulated wooden foreign bodies *in vivo*.

[Keywords] foreign bodies; tomography, X-ray computed

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2022.06.031

[第一作者] 朱道明(1989—),男(土家族),湖北宣恩人,硕士,主治医师。研究方向:体内异物成像。E-mail: daomingzhuvip@163.com

[通信作者] 赵慧艳,恩施土家族苗族自治州中心医院放射科,445000。E-mail: 568730410@qq.com

[收稿日期] 2021-09-25 [修回日期] 2022-01-18

血水混合物浓度及留存时间对模拟木质异物 CT 表现的影响:体外实验观察

朱道明¹, 李小玲², 吴 林³, 刘茂森⁴, 倪 程¹, 罗丹丹¹, 唐伟华¹, 赵慧艳^{1*}

(1. 恩施土家族苗族自治州中心医院放射科, 湖北 恩施 445000; 2. 湖北省农业科学院中药材研究所, 湖北 恩施 445000; 3. 湖北民族大学林学院园艺学院, 湖北 恩施 445000; 4. 利川市人民医院放射科, 湖北 利川 445400)

[摘要] 目的 通过体外实验观察不同浓度血水混合物及留存时间对模拟木质异物 CT 表现的影响。方法 将 20 根杉木条置入含全血比例为 0%、25%、50%、75% 与生理盐水(血水)混合物及 100% 全血试管中, 分别对应阴性对照(NC)组、T25 组、T50 组、T75 组及 T100 组, 每组 4 个样本。将试管置于恒温水浴锅中采集 CT 图像, 每 6 h 重复一次, 共采集 300 h; 比较相同时间点各组最低密度区 CT 值、最高密度区 CT 值和低密度区体积差异, 评价时间及血水混合物浓度对木质异物 CT 参数的影响及其交互作用。结果 随时间延长, 各组时间-最低密度区 CT 值曲线呈速升-缓升型, 时间-最高密度区 CT 值曲线呈速升-平台型; NC 组和 T25 组时间-低密度区体积曲线呈速降型, T50 组、T75 组及 T100 组时间-低密度区体积曲线呈缓降型。血水混合物浓度及时间均对木质异物最低密度区 CT 值、最高密度区 CT 值及低密度区体积存在影响(P 均 <0.05), 且二者对最低密度区 CT 值和低密度区体积存在交互作用(P 均 <0.05)。结论 血水混合物浓度及留存时间均影响木质异物 CT 表现。

[关键词] 异物; 体层摄影术, X 线计算机

[中图分类号] R649.4; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2022)06-0932-05

木制品常携带致病菌、化学及毒性物质, 作为异物进入人体内可致受损区感染或化学性损伤^[1-2], 其致死、致残率较高^[3]。CT 为检查体内木质异物的首选影像学方法^[4], 但因木质异物影像学表现复杂, 易漏诊、误诊^[5], 甚至使木质异物可留存体内长达 20 年^[6]。木质异物可引起体内组织器官破坏, 在体内留存环境多为血水混合物^[7], 而其不同浓度影响水分子进入木质异物的速度^[8]; 据此推测血水混合物浓度可能影响木质异物的 CT 表现。本研究通过模拟体内环境, 观察不同浓度血水混合物及留存时间对模拟木质异物 CT 表现的影响。

1 材料与方法

1.1 实验材料 选用湖北省西南地区 12 年生杉木速生林木材, 由湖北民族大学林学院园艺学院提供并鉴定。原木直径约 15 cm, 将木质部分相同层面相同年轮区域锯解为 40 mm×2 mm×2 mm 的小木条, 并将木条置于 50℃ 恒温烘箱中烘干至恒重。

1.2 建立血水混合物及模拟木质异物模型 于恩施土家族苗族自治州中心医院采集健康志愿者 30 ml 外周血作为实验用血, 按全血含量 0%、25%、50% 及 75% 与生理盐水混合, 另取 100% 全血, 各置于 4 个密封性良好的 5 ml 塑料试管中, 即阴性对照(negative control, NC)组、T25 组、T50 组、T75 组及 T100 组。以纤薄塑料片固定烘干后的木条, 使其悬于试管中央

位置。将试管置于 HH-1 数显恒温水浴锅(白塔新宝仪器厂)内, 温度设置为 36.8℃。

1.3 仪器与方法 建模后采用 GE LightSpeed VCT64 排和 Philips Ingenuity 64 排 CT 扫描仪基于试管横纵向进行扫描, 获取初始 CT 影像, 管电压 120 kV, 管电流 320 mA, 转速 2 s/rot, FOV 25 mm×25 mm, 层厚 5.0 mm, 层间距 5.0 mm, 螺距 0.984, 以标准算法重建图像, 重建层厚、层间距均为 1.0 mm。之后每间隔 6 h 将试管从水浴锅中取出进行一次重复扫描, 共持续 300 h。

1.4 图像后处理 将原始数据上传至 GE ADW4.7 工作站, 于各组木质异物最高密度区及最低密度区勾画圆形 ROI 并获取 CT 值; 应用体积测量软件测量木质异物低密度区(即 CT 值 <0 HU 区域)的体积。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 21.0 统计分析软件及 Origin 2020 绘图软件。以 Shapiro-Wilk 检验对数据进行正态性检验, 对不符合正态分布者进行基于 $\lg(x+k)$ 或 $1/x$ 的数据转换。采用单因素方差分析比较相同时间点各组最低密度区 CT 值、最高密度区 CT 值和低密度区体积的差异, 以 LSD 法行两两比较; 采用重复测量的方差分析、LSD 法评价留存时间及血水混合物浓度对木质异物 CT 表现的影响, 以球形检验评价二者的交互作用。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 血水混合物浓度对木质异物最低密度区 CT 值的影响 各组时间-最低密度区 CT 值曲线呈速升-缓升型(图 1)。实验开始时各组木条最低密度区 CT 值无统计学差异($F=0.25, P=0.91$);6 h 后各组最低密度区 CT 值均显著升高,且各组最低密度区 CT 值具有统计学差异($F=19.93, P<0.001$),NC 组最低密度区 CT 值升高最快、T100 组最慢;之后各组最低密度区 CT 值呈缓慢升高趋势,其中 NC 组和 T25 组分别在第 90 h 和第 234 h 时完全呈高密度(CT 值 > 0 HU);不同时间点两两比较,仅 T75 组与 T100 组最低密度区 CT 值差异无统计学意义(P 均 > 0.05),其余各组差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。血水混合物浓度及存留时间均影响木质异物最低密度区 CT 值($F=400.01, 4\ 301.38, P$ 均 < 0.001),且二者存在交互作用($F=82.79, P<0.001$)。

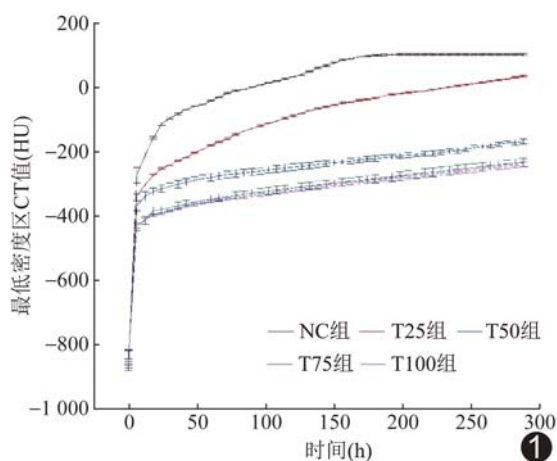


图 1 血水混合物浓度对模拟木质异物最低密度区 CT 值的影响($n=4$)

2.2 血水混合物浓度对木质异物最高密度区 CT 值的影响 各组时间-最高密度区 CT 值曲线呈速升平台型(图 2)。实验开始时,各组木质异物均为低密度;6 h 后均出现高密度区,且 54 h 后最高密度区 CT 值均趋于恒定,各组最高密度区 CT 值差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。血水混合物浓度和存留时间均影响木质异物最高密度区 CT 值($F=11.44, 9\ 235.77, P$ 均 < 0.001),但未见二者交互作用($F=0.67, P=1.20$)。

2.3 血水混合物浓度对木质异物低密度区体积的影响 NC 组和 T25 组时间-低密度区体积曲线呈速降型, T50 组、T75 组及 T100 组则均呈缓降型(图 3)。实验开始时,各组木条低密度区体积差异无统计学意

义($F=0.76, P=0.57$);6 h 后各组低密度区体积均减小,减小幅度 NC 组最大、T100 组最小。NC 组和 T25 组低密度区体积分别在 90、234 h 后消失,其余各组截止实验结束仍可见低密度区;不同时间点两两比较,仅 T75 组与 T100 组低密度区体积差异无统计学意义(P 均 > 0.05),其余各组差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。血水混合物浓度及存留时间均影响木质异物最低密度区体积($F=1\ 899.42, 3\ 216.70, P$ 均 < 0.001),且二者存在交互作用($F=201.00, P<0.001$)。

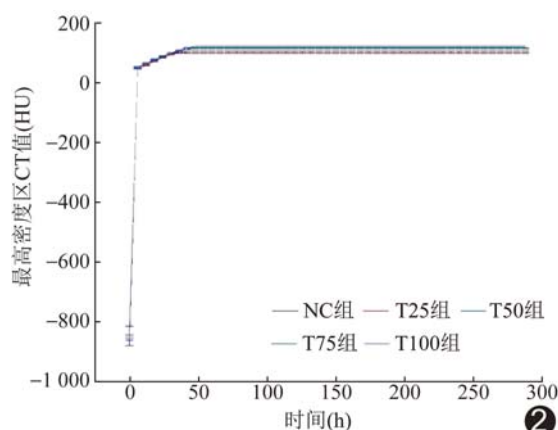


图 2 血水混合物浓度对模拟木质异物最高密度区 CT 值的影响($n=4$)

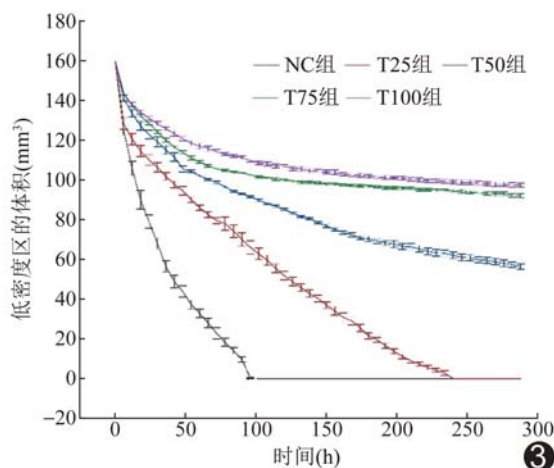


图 3 血水混合物浓度对模拟木质异物低密度区体积的影响($n=4$)

2.4 CT 表现 随着木条浸入血水混合物时间延长,长轴 CT 图像显示木质异物边缘逐渐呈条状高密度影,中心呈条状低密度影,即“轨道征”(图 4);短轴图像显示木质异物边缘呈环形高密度影,中心区域呈类圆形低密度影,即“靶心征”(图 5)。

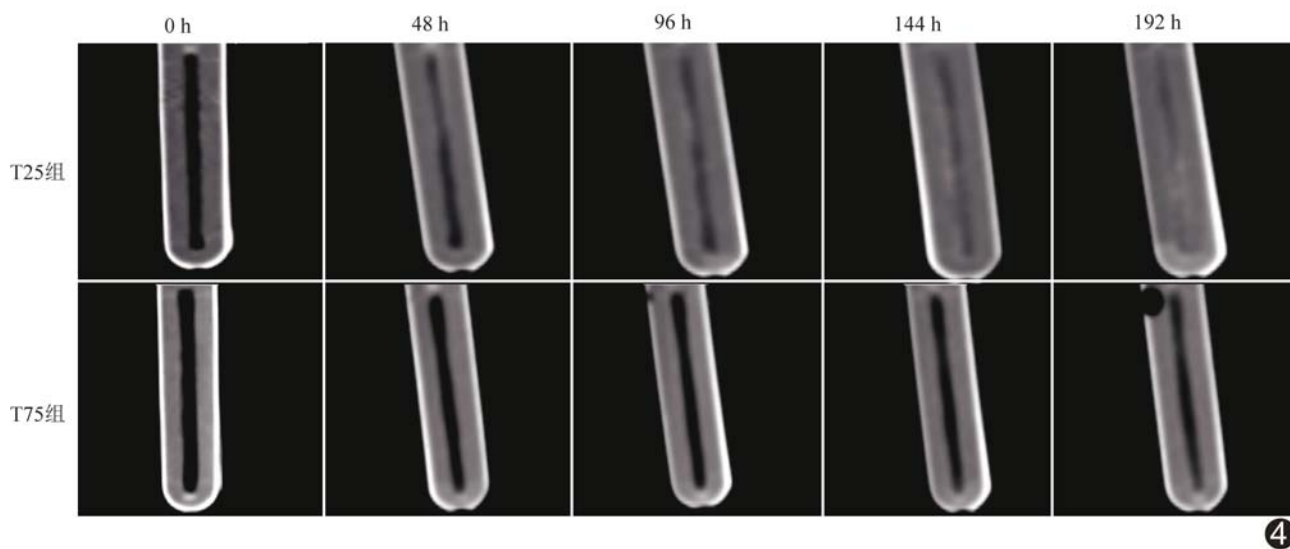


图 4 各时间点 CT 多平面重建长轴图像示 T25 组与 T75 组影像学变化

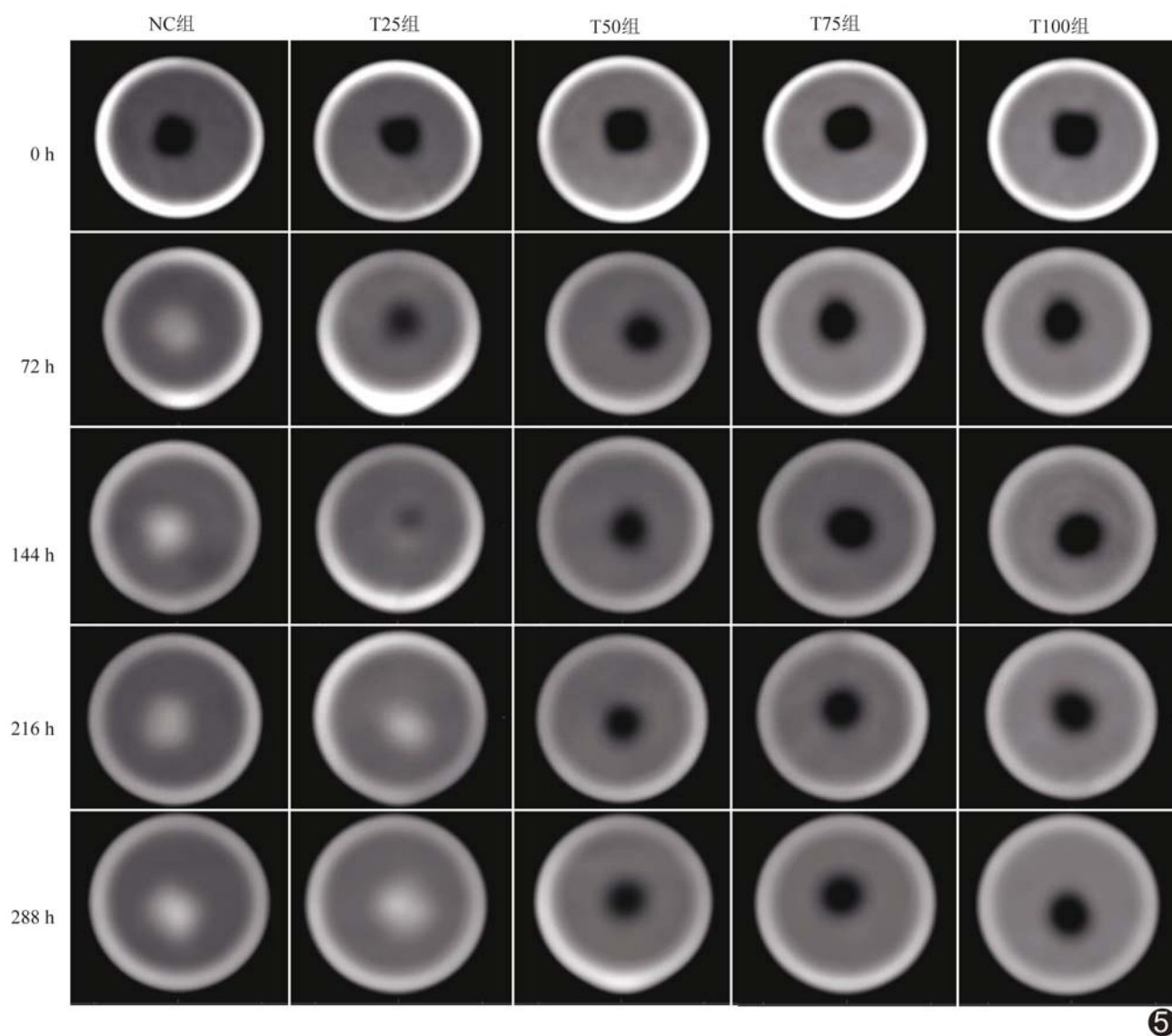


图 5 各时间点 CT 多平面重建短轴图像示各组木条影像学变化

3 讨论

干燥木条吸水速度较快^[9],且其吸水过程是从边缘到中心的渐进过程。临床所见木质异物多为轻质木材。本研究以所在地较为常见的杉木作为研究对象,并烘干至恒重,以去除木材含水量的影响。

本实验发现,模拟木质异物 CT 表现与留存时间密切相关,主要可分三个阶段。在实验初期,即第一阶段,木材吸水少,CT 表现为气体样低密度影,需与体内积气相鉴别。随木质异物在体内留存时间延长,木质纤维素含水量增加,其疏水性增强、吸水能力逐渐减慢^[10],进入第二阶段,各组 CT 参数变化逐渐减缓^[11];此阶段木质异物 CT 表现变化最大,其密度逐渐接近脂肪、水、软组织、血液或钙化等^[12],易被误诊为血脂混合物或包裹性积血、积气;其形态特点为环形高密度、中心低密度,即长轴图像呈“轨道征”,短轴图像呈“靶心征”^[13]。木质异物达到饱和吸水状态后进入第三阶段,CT 呈高密度。

不同浓度血水混合物的液体黏滞度不同,黏滞度增加会降低水分子扩散速度^[14],减缓木质异物 CT 变化速度。本研究发现,随血水混合物浓度升高,木质异物最低密度区 CT 值及其体积变化呈渐缓趋势,虽然上述各阶段的变化趋势并未发生改变,但变化所需时间延长。

CT 可精确定位体内木质异物,但木质异物 CT 表现复杂且呈动态变化,对疑有体内木质异物患者,可间隔适当时间后进行重复扫描,影像学表现出现特征性变化有助于诊断。

本研究的不足:①为体外实验研究;②仅针对条状杉木模型得出结论,是否适用于所有木质异物尚不明确;③人体内血水混合物成分复杂,本研究仅采用生理盐水与全血混合物作为替代,有待进一步完善。

综上,血水混合物浓度和留存时间均影响模拟木质异物 CT 表现。

[参考文献]

- [1] COVERT D J, HENRY C R, SHETH B P, et al. Well-tolerated intracorneal wood foreign body of 40-year duration[J]. *Cornea*, 2009, 28(5):597-598.
- [2] ZHAO Y, YANG Z, QUAN J, et al. Sonographic diagnosis of perforation of the gastric antrum caused by a foreign body: A case report[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2019, 98(8):e14586.
- [3] SAVITRO Q M, PUTRIC P, GUNAWAN K J, et al. Localized asymptomatic cerebellar abscess after penetrating brain injury by wooden foreign object with adequate antibiotics administration: A case report[J]. *Int J Surg Case Rep*, 2020, 72:85-90.
- [4] LAGALLA R, L MANFRÈ L, CARONIA A, et al. Plain film, CT and MRI sensibility in the evaluation of intraorbital foreign bodies in an in vitro model of the orbit and in pig eyes[J]. *Eur Radiol*, 2000, 10(8):1338-1341.
- [5] ABLETT M, KUSUMAWIDJAJA D. Appearance of wooden foreign body on CT scan[J]. *Emerg Med J*, 2009, 26(9):680.
- [6] 刘学,蒙静芳,高红丽.超声诊断宫腔木质异物 1 例[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(12):2527.
- [7] KOYAMA J, AZUMI M, MORI T, et al. Microsurgical confirmation of parenchymal contamination of hair in a pediatric patient with a penetrating head injury[J]. *Childs Nerv Syst*, 2020, 36(4):857-860.
- [8] DVINSKIKH S V, HENRISKSSON M, BERGLUND L A, et al. A multinuclear magnetic resonance imaging (MRI) study of wood with adsorbed water: Estimating bound water concentration and local wood density [J]. *Holzforschung*, 2011, 65 (1): 103-107.
- [9] ZAUER M, MEISSNER F, PLAGGE R, et al. Capillary pore-size distribution and equilibrium moisture content of wood determined by means of pressure plate technique [J]. *Holzforschung*, 2016, 70(2):137-143.
- [10] 肖和盛,钟裕强,肖裕勇,等.不同树种立木木材吸水率差异性检验的探讨[J]. *现代园艺*, 2019, 42(8):8-10.
- [11] 高玉磊.高温热处理杉木的吸湿吸水性变化规律及其机理研究[D].北京:中国林业科学研究院,2019:30.
- [12] LI J, ZHOU L P, JIN J, et al. Clinical diagnosis and treatment of intraorbital wooden foreign bodies[J]. *Chin J Traumatol*, 2016, 19(6):322-325.
- [13] 肖顺武,续岭,张学军,等.儿童颅脑贯通伤三例[J]. *中华创伤杂志*, 2015, 31(5):405-407.
- [14] FRANCK J M, SCOTT J A, HAN S. Nonlinear scaling of surface water diffusion with bulk water viscosity of crowded solutions[J]. *J Am Chem Soc*, 2013, 135(11):4175-4178.

[1] COVERT D J, HENRY C R, SHETH B P, et al. Well-tolerated