恒温条件下盐酸吗啡对肥须亚麻蝇幼虫的影响及法医学意义

张 楠[1*] 李 嘉[2] 王 贺[2] 齐莉莉[2] 王伯霞[2] 李泽民[2**]

(1. 河北医科大学西山校区 石家庄 050017; 2. 河北医科大学 石家庄 050017)

摘 要 研究石家庄地区优势蝇种肥须亚麻蝇 *Parasarcophaga crassipalpi*(Macquart)在不同浓度的盐酸吗啡作用下的生长发育情况,探索毒物对肥须亚麻蝇幼虫口钩和咽骨的影响,积累石家庄地区尸源性蝇类的法医昆虫毒理学(forensic toxicologic entomology)资料,从而为死后间隔时间(postmortem interval,PMI)的推断提供科学依据。

关键词 法医昆虫毒理学,肥须亚麻蝇,盐酸吗啡,死后间隔时间,口钩,咽骨,骨化面积,平均光密度

The effect of morphine hydrochloride on the larvae of *Parasarcophaga crassipalpi* and its forensic significance under constant temperature

ZHANG Nan[1*] LI Jia[2] WANG He[2] QI Li-Li[2] WANG Bo-Xia[2] LI Ze-Min[2**]

(1. Hebei Medical University Xishan Campus, Shijiazhuang 050017, China; 2. Hebei Medical University, Shijiazhuang 050071, China)

Abstract We studied the growth and development of *Parasarcophaga crassipalpi* (Macquart) and the changes to the cephalopharyngeal skeleton of its larvae under the influence of morphine hydrochloride. We accumulated a large amount of data on forensic toxicological entomology from Shijiazhuang city to provide some reference for inferring the postmortem interval (PMI) after the death of the larvae of *P. crassipalpi*. We show that the sclerotized area and the average optical density of the larval mouth hook and the larval pharyngeal sclerite keep increasing with time until the end of the third instar. These characters proved to be accurate indices of PMI.

Key words forensic toxicologic entomology, *Parasarcophaga crassipalpi*, morphine hydrochloride, postmortem interval (PMI), larval mouth hook, larval pharyngeal sclerite, sclerotized area, average optical density

近年来,国际贩毒集团假道我国走私毒品,吸毒这一丑恶现象被诱发并日益严重。与此同时,由吸毒引发的各种恶性案件逐年增多。这对我国的刑事侦破工作和法医昆虫毒理学(forensic toxicologic entomology)的研究提出了新的任务(朱玉等,2006)。

法医昆虫毒理学是一门综合应用昆虫学、毒理学和其它自然科学的理论技术解决司法实践中有关中毒的学科。主要有两方面的研究内容:①探讨尸源性昆虫及其幼虫生长历期及生长模式受毒物的影响,进而辅助推断尸体死后间隔时间(postmortem interval, PMI);②通过检测尸源性昆虫幼虫体内的药物或毒物的有无及其含量,进而确定死者生前的染毒情况。

近些年,国内外法医昆虫毒理学的研究日益增多,其中一个重要方面就是蝇蛆的研究。国内外的学者做了大量的相关实验。Goff 等(1989)初步探讨了可卡因及其代谢产物对棕尾别麻蝇生长发育的影响,并在 1993 年研究了三环类药物阿米替丁(AMT)对绯角亚麻蝇的影响。Introna 等(1996)进行了检测红头丽蝇蛹壳上的吗啡的毒理学分析实验,从而为蛹壳作为毒理学分析样本提供依据。田洁等(2004)研究了吗啡对大头金蝇的生长发育的影响,结果显示吗啡加快了大头金蝇的生长周期。2005 年赵文爱研究了吗啡随丝光绿蝇的生长发育的影响,结果显示吗啡促进了丝光

* E-mail:cathy1021@126.com

**通讯作者,E-mail:lizemin1955@sohu.com.cn

收稿日期:2012-06-07,接受日期:2012-07-02

绿蝇的生长(赵文爱等,2008)。2005 年戴军等研究了安定对丝光绿蝇生长发育的影响,结果显示安定在一定计量范围可以加速丝光绿蝇的生长。

肥须亚麻蝇 *Parasarcophaga crassipalpi* (Macquart)是石家庄地区的夏秋季优势蝇种,同时是最早飞临腐败尸体的蝇类。本次试验即选取肥须亚麻蝇头咽骨作为研究对象,采用形态学和图像分析相结合的方法,检测不同盐酸吗啡浓度影响下的头咽骨面积、骨化面积、平均光密度和幼虫发育历期的关系,从而为法医昆虫毒理学数据库的建立提供依据。

1　材料与方法

1.1　成蝇的采集和饲养

在河北医科大学校园内以大鼠内脏诱捕肥须亚麻蝇,带回实验室,在培养箱内连续饲养,以第 3 代作为母代观察其在盐酸吗啡影响下的生长发育。设定培养箱的温度依次为 36℃,相对湿度为 75%,光照周期为 L∶D = 12∶12,保持温度和光照周期恒定。本实验共使用家兔 4 只,随机分为对照组和实验组。对照组家兔经耳缘静脉注射生理盐水 1 mL/kg,实验组家兔经耳缘静脉依次注射 0.5 倍、1.0 倍、2.0 倍致死剂量的盐酸吗啡,给药 30 min 后将 4 只家兔处死,处死方法均为重击其枕部迅速致死。取家兔的肌肉组织分别保存,对照组标记为 M_0,实验组依照给药浓度从小到大依次标记为 M_1、M_2、M_3。用新鲜猪肝诱肥须亚麻蝇产幼虫,产幼虫时间记为零时,将幼虫移至家兔的肌肉组织上饲养。幼虫产出 12 h 后,每隔 12 h 留取标本一次,每组每次留取 10 头幼虫,直至幼虫达到离食期。将幼虫用 80℃热水烫死,然后放入浓度为 70% 的甘油酒精中保存。

1.2　方法

1.2.1　解剖观察　从保存液中取出幼虫标本后,吸干表面液体,放在培养皿上,用大头针在幼虫腹部一侧扎几个小孔,放入 10% 的 KOH 溶液中消化内部组织,24 h 后将幼虫从 KOH 溶液中取出,放在培养皿上用镊子轻轻按压幼虫,直至将体内已消化的组织排出。幼虫在清水中洗净数遍后,在体视显微镜下分离出幼虫的头节,然后将头咽骨进行对称分离。标本依次用 30%、50%、70%、80%、90%、95%、100% 的酒精、100% 酒精与二甲苯的混合液(比例 1∶1)逐级脱水,最后用二甲苯透明,显微镜下整姿后滴加拿大树胶封片,置于阴凉处风干。光学显微镜下观察、拍照。

1.2.2　标本的观察与形态特征的提取　利用计算机图像分析系统对不同日龄幼虫的图像进行处理和特征提取。首先利用图像分析系统对图像进行预处理,包括对图像像素点代表的实际尺寸进行标定,根据图像中噪声的特征,采用中值、高通、低通或混滤波方法进行滤波去除噪声,为后续处理提供高质量的图像。通过在显示器上交互式操作由该系统对头咽骨的口钩及咽骨的多项指标进行定量测定。为使图像可以进行精确的量化经过预实验选择图像阈值范围,头咽骨面积及平均光密度阈值设定为 0 ~ 170,头咽骨骨化面积阈值设定为 0 ~ 130。

1.3　数据分析

各组头咽骨的各项形态学指标均采用均数 ± 标准差表示,各组最大值或最小值间比较应用单因素方差分析(One-Way ANOVA),分析结果由 SPSS16.0 软件处理得出,以 $P < 0.05$ 为显著性差异有统计学意义,应用 Excel 程序作图。

2　结果与分析

2.1　不同药物浓度下幼虫的形态观察

1 龄幼虫:头咽骨相对于 2 龄幼虫、3 龄幼虫偏小,呈现浅灰黄色,外形呈现似“H”形。口钩颜色稍深于咽骨。口钩呈现镰刀状,口钩基部略呈现方形。口钩内的窗显著。口钩的弯曲度较小。咽骨背角远长于腹角。下口骨与侧口骨由于融合在一起而很难分开,形似杆状(图 1,图 2)。

2 龄幼虫:头咽骨明显增大的同时颜色亦显著加深,呈现棕黄色。口钩钩部明显缩短的同时基部却较 1 龄幼虫显著加长加宽。弯曲度较 1 龄幼虫减小。口钩窗较 1 龄幼虫减小。咽骨腹角仍小于背角。在此期可以明显地观察到腹角窗和背角窗。此期可以更明显地观察下口骨,下口骨前部呈现三角形,后部略呈长方形。侧口骨顶端较尖细。在此期可以看见较明显的耻骨,外形较不规则(图 3 ~ 6)。

图 1 盐酸吗啡浓度 M_0 时 1 龄幼虫头咽骨

Fig. 1 The cephalopharyngeal skeleton of *Parasarcophaga crassipalpis* (first instar) in M_0

图 2 盐酸吗啡浓度 M_1 时 1 龄幼虫头咽骨

Fig. 2 The cephalopharyngeal skeleton of *Parasarcophaga crassipalpis* (first instar) in M_1

图 3 盐酸吗啡浓度 M_0 时 2 龄幼虫口钩

Fig. 3 The larval mouth hook of *Parasarcophaga crassipalpis* (second instar) in M_0

图 4 盐酸吗啡浓度 M_2 时 2 龄幼虫口钩

Fig. 4 The larval mouth hook of *Parasarcophaga crassipalpis* (second instar) in M_2

图 5 盐酸吗啡浓度 M_2 时 2 龄幼虫咽骨

Fig. 5 The larval pharyngeal sclerite of *Parasarcophaga crassipalpis* (second instar) in M_2

图 6 盐酸吗啡浓度 M_3 时 2 龄幼虫咽骨

Fig. 6 The larval pharyngeal sclerite of *Parasarcophaga crassipalpis* (second instar) in M_3

3 龄幼虫:头咽骨的颜色继续加深,呈现黑褐色,几丁质化的范围逐渐加大,并在此期达到最大。3 龄幼虫的头咽骨面积和长度也显著增加,同样在此期也达到最大值。口钩的弯曲度继续减小,基部继续加宽使之略呈现方形。口钩窗逐渐减小直至消失。咽骨的背角仍显著长于腹角。开始有隆突出现在腹角背缘。腹角窗仍非常显著。下口骨前部呈现三角形,后部略呈长方形,其长约为口钩长度的 1/3。侧口骨加粗加长。耻骨达到最大,形状仍不规则。附口骨在此期出现,呈现点

图 7　盐酸吗啡浓度 M_0 时 3 龄幼虫口钩

Fig. 7　The larval mouth hook of *Parasarcophaga crassipalpis* (third instar) in M_0

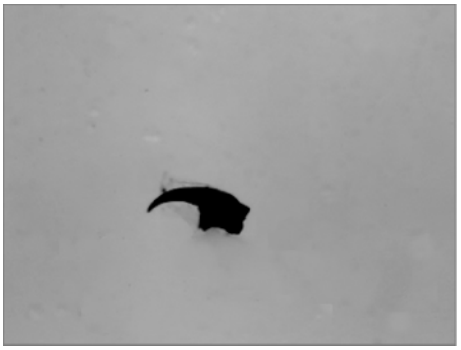

图 8　盐酸吗啡浓度 M_1 时 3 龄幼虫口钩

Fig. 8　The larval mouth hook of *Parasarcophaga crassipalpis* (third instar) in M_1

图 9　盐酸吗啡浓度 M_2 时 3 龄幼虫咽骨

Fig. 9　The larval pharyngeal sclerite of *Parasarcophaga crassipalpis* (third instar) in M_2

图 10　盐酸吗啡浓度 M_3 时 3 龄幼虫咽骨

Fig. 10　The larval pharyngeal sclerite of *Parasarcophaga crassipalpis* (third instar) in M_3

状。咽膜宽。同一温度下,随着药物浓度的升高,头咽骨的生长速度加快(图 7 ~ 10)。

2.2　不同药物浓度下肥须亚麻蝇幼虫口钩的形态指征变化

2.2.1　口钩面积的变化　在恒温条件下,各供试组的肥须亚麻蝇幼虫口钩的面积均随时间的延长而增加,并且呈现一定的阶段性,表现为在 1 龄、2 龄和 3 龄龄期内幼虫口钩面积的增长速度较平缓、变化不显著,而在龄期更替时(蜕龄期),口钩面积的增长速度显著加快,幼虫进入快速生长期,此时的曲线变得陡直。而当口钩面积达到最大值后,基本维持恒定。在 36℃ 恒温条件下,在 M_0、M_1、M_2、M_3 供试组中,在幼虫产出 12 h 时各组口钩面积均为最小,且各组口钩面积最小值之间差异有显著性($P < 0.05$);M_0 组口钩面积在 48 h 达到最大,M_1、M_2、M_3 组均在 36 h 达到最大,且各组最大值之间差异不具有显著性($P > 0.05$)(图 11)。

2.2.2　口钩骨化面积的变化　在恒温条件下,各供试组的肥须亚麻蝇幼虫口钩的骨化面积均随时间的延长而增加,并一直保持到 3 龄期结束。各个供试组中,每组肥须亚麻蝇幼虫在产出后 12 h 时的口钩骨化面积最小,并且最小值之间的差异具有显著性($P < 0.05$)。M_0、M_1、M_2、M_3 供试组达到最大值的时间分别是 120、108、96、96 h,各组最大值之间的差异无显著性($P > 0.05$)(图 12)。

2.2.3　口钩平均光密度的变化　在恒温条件下,各供试组幼虫口钩的平均光密度随时间的延长而增加,并一直维持到 3 龄期结束。在各个供试组中,每组肥须亚麻蝇幼虫在产出后 12 h 时的口钩平均光密度最小,并且最小值之间的差异具有显著性($P < 0.05$)。M_0、M_1、M_2、M_3 供试组达到最大值的时间分别是 120、108、96、96 h,各组最大值之间的差异无显著性($P > 0.05$)(图 13)。

2.3　不同药物浓度下肥须亚麻蝇幼虫咽骨的形

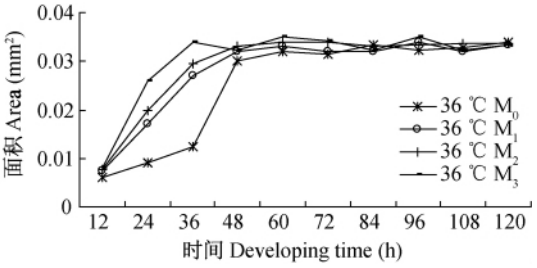

图 11　不同浓度盐酸吗啡作用下口钩面积变化趋势

Fig. 11　Changes in area of larval mouth hook in M_0, M_1, M_2, M_3

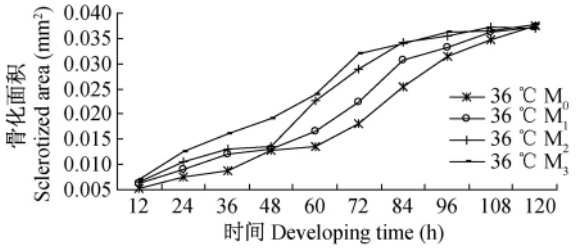

图 12　不同浓度盐酸吗啡作用下口钩骨化面积变化趋势

Fig. 12　Changes in sclerotized area of larval mouth hook in M_0, M_1, M_2, M_3

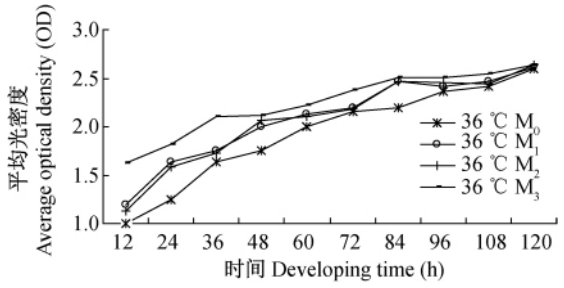

图 13　不同浓度盐酸吗啡作用下口钩平均光密度变化趋势

Fig. 13　Changes in average optical density of larval mouth hook in M_0, M_1, M_2, M_3

态指征变化

2.3.1　咽骨面积变化　在恒温条件下，各供试组的肥须亚麻蝇幼虫咽骨面积均随时间延长而增加，并且呈现一定的阶段性，表现为在 1 龄、2 龄和 3 龄龄期内幼虫咽骨面积的增长速度较平缓、变化不显著，而在龄期更替时（蜕龄期），咽骨面积的增长速度显著加快，幼虫进入快速生长期，此时的曲线变得陡直。而当咽骨面积达到最大值后，基本维持恒定，此时的曲线变化平缓。在各供试组中，在幼虫产出 12 h 时各组咽骨面积均为最小，且各组咽骨面积最小值之间差异有显著性（$P<0.05$）；M_0 组咽骨面积在 48 h 达到最大，M_1、M_2、M_3 组均在 36 h 达到最大，且各组最大值之间差异不具有显著性（$P>0.05$）（图 14）。

2.3.2　咽骨骨化面积的变化　在恒温条件下，各供试组的肥须亚麻蝇幼虫咽骨骨化面积的变化规律与口钩骨化面积的变化规律相似。即在 1 龄期初始时，骨化面积较小，随着时间的延长，骨化面积不断加大，直至 3 龄期末。在所有供试组中，幼虫产出 12 h 时的咽骨骨化面积均为最小。对数据进行单因素方差分析，发现数据间具有显著性差异（$P<0.05$）。M_0、M_1、M_2、M_3 供试组达到最大值的时间分别是 120、108、96、96 h，各组最大值之间的差异无显著性（$P>0.05$）（图 15）。

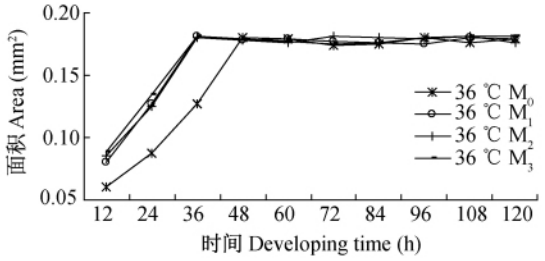

图 14　不同浓度盐酸吗啡作用下咽骨面积变化趋势

Fig. 14　Changes in area of larval pharyngeal sclerite in M_0, M_1, M_2, M_3

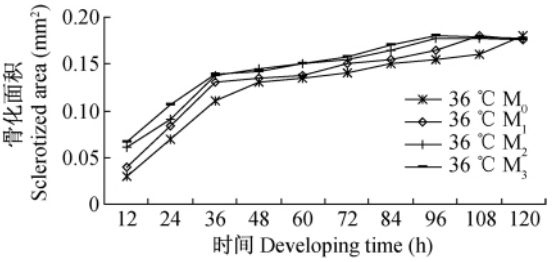

图 15　不同浓度盐酸吗啡作用下咽骨骨化面积变化趋势

Fig. 15　Changes in sclerotized area of larval pharyngeal sclerite in M_0, M_1, M_2, M_3

2.3.3 咽骨平均光密度的变化　在恒温条件下,所有供试组幼虫咽骨平均光密度的变化规律和咽骨骨化面积的变化规律一致。在各供试组内,平均光密度均随时间的延长而逐渐增大,直至 3 龄期结束。各供试组在幼虫产出的 12 h 时,咽骨平均光密度均最小,各供试组的最小值之间有显著性差异($P<0.05$)。M_0、M_1、M_2、M_3 供试组达到最大值的时间分别是 120、108、96、96 h,各组最大值之间的差异无显著性($P>0.05$)(图 16)。

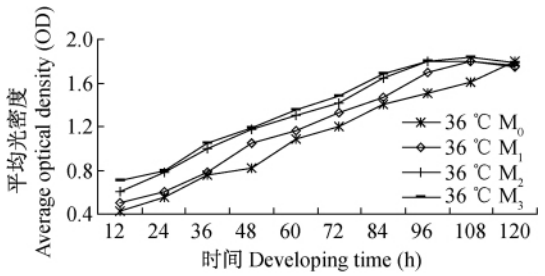

图 16　不同浓度盐酸吗啡作用下咽骨平均光密度变化趋势

Fig. 16　Changes in average optical density of larval pharyngeal sclerite in M_0, M_1, M_2, M_3

3　讨论

法医昆虫毒理学(forensic entomotoxicology)作为现代法医昆虫学的重要分支,是随着其不断深入的研究而兴起的新型的学科。在法医昆虫学中,蝇蛆的应用最为广泛(薛瑞纯,1992;黄复生,1994)。长期以来,蝇蛆的体长、体重一直被作为推断死后间隔时间(postmortem interval, PMI)的重要指标,并有学者根据幼虫的生长速度和死亡时间导出了线性数学模型(Sperling *et al.*, 1994; Kintz *et al.*, 1994)。但却忽略了蝇蛆在离食期内体长不再增长甚至缩短的因素。另有学者根据历

期法推测死后间隔时间，但由于幼虫的生长速度极大程度上受外界环境的影响，而降低了此方法的准确性。可见，我们迫切需要寻找更为稳定和准确的推断死后间隔时间的指标。

近些年随着法医昆虫毒理学的发展，药物（毒物）对尸源性蝇类生长发育的影响日益受到关注。国内外做了很多相关的研究。早在 1999 年 Bourel 等学者研究了吗啡对丝光绿蝇幼虫的影响，研究表明吗啡减慢了丝光绿蝇幼虫的生长速度。Carvalho 等（2001）研究了安定对白头裸金蝇和蛆症金蝇生长发育的影响，结果显示白头裸金蝇和蛆症金蝇的幼虫的生长速度均显著提高。在我国也有不少相关的研究。

幼虫头咽骨的形态学变化稳定性好，最重要的是可以反映幼虫的生长变化，故此次试验选用头咽骨的形态学作为研究对象，利用计算机对不同部位的指标进行图像分析从而鉴别幼虫的日龄。在我国肥须亚麻蝇作为夏秋季节广泛分布的优势蝇种，是最早出现于腐败尸体的蝇类，在法医昆虫毒理学上具有重要意义。本次试验旨在通过研究盐酸吗啡对肥须亚麻蝇幼虫生长发育的影响，为法医昆虫毒理学数据库的建立提供资料，并在此基础上寻找更为准确的判断死后间隔时间的指标。

肥须亚麻蝇幼虫头部的主要结构是头咽骨，在幼虫的分类鉴定上具有决定性的意义，它由成对的口钩、U 形的下口骨和分叉片形的咽骨三大主要部分和若干小骨组成，小骨主要有：附口骨、耻骨和侧口骨。其中，下口骨、侧口骨和咽骨结合紧密，难于分割，故将其整合在一起进行测量。而耻骨和附口骨由于面积极小，对实验结果影响甚微，另在实际解剖中又极易丢失，故在实际操作中仅对其进行形态观察而不进行实际测量。

在各组实验中，幼虫口钩的形态变化规律是一致的：口钩呈镰刀状，从 1 龄到 3 龄，口钩的体积逐渐加大，同时钩部不断加粗，而口钩的颜色也逐步加深，由 1 龄期的土黄色逐渐变为黑褐色。另外，幼虫的口钩和咽骨的发育随时间呈现阶段性的增加，在叠龄期才呈现出显著性变化，恰恰符合 Dyar 氏法则。

在总结实验数据后可以看出，在所有供试组中，幼虫产出 12 h 时的口钩面积均为各组测得数据的最小值，且各组最小值之间的差异具有显著性。在温度恒定时，盐酸吗啡的浓度在一定程度上影响了肥须亚麻蝇幼虫口钩的生长速度，随着盐酸吗啡浓度的增高，幼虫的口钩面积的增长速度在一定程度的加快。各供试组的口钩面积在进入 3 龄期后，即刻达到最大值并基本维持不变。口钩骨化面积和平均光密度的变化趋势基本相似。在各供试组，两者达到最大值的时间基本一致。在温度恒定时，随着盐酸吗啡浓度的增高，幼虫的口钩骨化面积和平均光密度的增长速度在一定程度上加快。此外，我们还发现一点更重要的是，口钩骨化面积和光密度的变化趋势与口钩面积的变化趋势存在一定的差异，即口钩骨化面积和光密度达到最大值的时间要比口钩面积达到最大值的时间明显滞后。在 3 龄期内口钩面积没有增长的同时，其骨化面积和平均光密度却在逐渐增长，直至最大值。而骨化面积的最大值最终近似于口钩最大面积。各供试组的口钩面积、骨化面积和平均光密度的最大值均无显著性差异，说明盐酸吗啡均未影响口钩面积、骨化面积和平均光密度的最大值。

肥须亚麻蝇幼虫咽骨的形态和颜色均在不断变化。幼虫的咽骨面积的变化趋势和口钩面积的变化趋势基本一致，在幼虫产出 12 h 时，咽骨面积最小，且各供试组之间具有显著差异。而当各供试组的幼虫进入 3 龄期后，均很快达到最大值，进入平台期，且最大值之间无显著差异。咽骨骨化面积和平均光密度的变化趋势相似，两者进入 3 龄期后，数值仍不断增加，故二者达到最大值的时间明显滞后于咽骨面积达到最大值的时间。咽骨的骨化面积的平均光密度的最大值之间的差异无显著性。另外，通过实验数据可以看出，盐酸吗啡浓度对咽骨的影响类似于其对口钩的影响。即温度一定时，随着盐酸吗啡浓度的增高，幼虫的发育速度在一定程度上加快。通过上述数据我们可以总结出：（1）盐酸吗啡在一定程度上改变了肥须亚麻蝇幼虫头咽骨的生长发育的速度，但未改变其幼虫头咽骨的最终发育结果。由此可见，肥须亚麻蝇头咽骨的稳定性良好，可以为 PMI 的推断提供可靠的依据。（2）幼虫在进入 3 龄期后，头咽骨的面积很快达到最大值并维持不变，显然，头咽骨面积并非是推测 PMI 的理想指标。而相比之下，头咽骨的骨化面积和平均光密度在幼虫的整个生长过程中却在持续、稳定地增长，故头咽骨的

骨化面积和平均光密度更适用于准确地推断PMI。

本实验通过形态观察和图像分析相结合的方法证实了利用肥须亚麻蝇幼虫头咽骨的生长发育指标可以为PMI的推断提供一定的理论依据。但仍有一些问题亟待解决:1. 本实验是在恒定的温度和湿度条件下进行的,而自然界的环境却是千变万化的,雨雪风沙等均会对蝇类幼虫的发育产生影响。这需要我们在后续试验尽可能地模拟自然环境,统计数据,建立各种环境下的幼虫生长发育的数据库。2. 本实验药物的选取有一定的局限性,现代社会的成瘾性药物种类繁多,而不同的药物对蝇种的影响不尽相同,故对法医昆虫毒理学数据库的建立提出了更迫切的要求。3. 盐酸吗啡进入机体后的分布需要进一步的研究,本实验仅将给药后的肌肉作为供试材料,具有一定的局限性。故在后续的研究中需要结合法医毒理学更加广泛地选择供试材料。4. 本实验的标本制备要求较高,对操作手法有一定的要求,在试验中稍有不慎,标本就有可能被彻底损坏而影响到结果的准确性。5. 在幼虫的生长过程中,“蛆团效应”使尸体局部温度升高,从而对生长发育的速度产生影响。

参考文献(References)

Bourel B, Houin V, Martin L, Cailliez JC, Derout D, Gosset D, 1999. Effect of morphine in decomposing bodies on the development of *Lucilica sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Sci.*, 44 (2): 354—358.

Carvalho LM, Linhares AX, Trigo JR, 2001. Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. *Forensic Sci. Int.*, 120: 140—144.

Goff ML, Omori AI, Goodbord JR, 1989. Effect of cocaine in tissue on the development rate of boet tcherisca peregrine (Sarcophagidae). *Med. Entomol.*, 26(2): 91—93.

Introna FJ, Gagliano CR, Vella GD, 1996. Campobasso cp, Firenze, Italy, August 25 – 31. Opiate analysis on empty puparia-Positive results. Proceedings of International Congress of Entomology. 755.

Kintz P, Tracqui A, Mangin P, 1994. Analysis of opiates in fly larvae sampled on a putrefied cadaver. *J. Forensic Sci.*, 34(2): 95—97.

Sperling FA, Anderson GS, Hickey DA, 1994. A DNA-based approach to the identification of insect species used for pestmortem interval estimation. *J. Forensic Sci.*, 39(2): 418—427.

戴军, 2005. 安定对丝光绿蝇幼虫生长发育的影响及其法医学意义. 硕士学位论文. 石家庄:河北医科大学基础医学院.

黄复生, 1994. 昆虫学在法医领域学领域中的研究进展. 中国法医学杂志,9:186.

田洁, 张孟余, 何斌, 李泽民, 王伯霞, 2004. 盐酸吗啡对大头金蝇生长发育的影响及其对死者死亡时间推断的意义. 昆虫学报, 47(6): 715—718.

薛瑞纯,1992. 法医昆虫学的研究概况. 医学动物防治, 8(4): 197.

赵文爱, 胡圣爱, 张孟余, 冯小勇, 王伯霞,2008. 恒温条件下吗啡对丝光绿蝇发育规律改变与死者死亡时间推断的相关研究. 中国病原生物学杂志, (8): 612—615.

朱玉, 尹潞, 阮玉华, 郝春, 姚辉明, 杨学贵, 边会珍, 陈康林, 刘莉, 冯成玉, 秦光明, 邵一鸣, 2006. 四川省西昌市静脉吸毒人群3年随访的死亡情况分析. 中国自然医学杂志, (3): 170—174.