

肝片形吸虫与鸡蛔虫对某些神经递质及药物的反应的比较*

戎耀方 沈丽琳 赵桂芳**

(南京农学院畜牧兽医系药理教研组)

(1982年8月18日收稿)

摘 要

本文以肝片形吸虫和鸡蛔虫作为扁形动物和线形动物的代表,在离体器官测定仪上通过机械功能的变化记录了它们对数种神经递质和药物的神经肌肉反应,并对这些反应进行了比较,这种测定方法比过去所用的方法准确、灵敏。肝片形吸虫和鸡蛔虫对神经递质和药物的反应基本上是不同的。胆碱酯类(乙酰胆碱、氨甲酰胆碱和乙酰甲胆碱)及毒扁豆碱对肝片形吸虫呈抑制作用而对鸡蛔虫则呈兴奋作用。硫酸阿托品能完全阻断胆碱酯类对肝片形吸虫的抑制作用,但只能部分阻断胆碱酯类对鸡蛔虫的兴奋作用。5-HT对肝片形吸虫有强大的兴奋作用而对鸡蛔虫则表现抑制作用。盐酸肾上腺素对肝片形吸虫呈抑制作用,而对鸡蛔虫则表现兴奋作用。酚妥拉明对这两种虫均表现兴奋作用,且不具有阻断肾上腺素对肝片形吸虫的作用,原因可能与LSD相似。文中对这两种虫的受体性质及其在筛选驱虫药时作为实验模型的价值进行了讨论。

寄生蠕虫的神经肌肉系统在其定居的寄生生活中有很大的重要性,与脊椎动物一样,其节律性活动有赖于神经递质和调质的协调作用。但寄生蠕虫的神经肌肉受体的性质不仅与其宿主不同,就是在各虫种之间,如以线虫与吸虫相比,对神经递质及药物的反应就有很大的差异⁽⁸⁾。Baldwin和Moyle报告,乙酰胆碱(ACh)对人蛔虫的神经肌肉标本引起收缩^(2, 8);而Chance和Mansour则发现肝片形吸虫的肌肉对胆碱酯类(乙酰胆碱、氨甲酰胆碱和乙酰甲胆碱)的反应则是麻痹或收缩幅度的减小⁽⁵⁾。1957年Mansour又报告5-羟色胺(5-HT)可兴奋肝片形吸虫的节律性活动,并指出5-HT可能是调节该虫外周肌肉活动的神经递质⁽⁷⁾。扁形动物门的寄生蠕虫如曼氏血吸虫、华支睾吸虫和豆状绦虫(*Taenia pisiformis*)等与肝片形吸虫相似,在体内也含有兴奋虫体活动的5-HT和抑制活动的ACh^(4, 8)。在寄生蠕虫中,除以上和其他一些虫种外,还有许多虫的神经肌肉生理是一个研究空白点,鸡蛔虫对各种神经递质和类似物的反应在国内外也从没有报道过。

驱虫药是选择性地干扰某种虫体功能的生理生化机制而呈现作用的。为研究各种驱虫药的作用方式,首先必须了解各种寄生蠕虫的生理生化特性及它们之间的差异。本研究是以肝片形吸虫和鸡蛔虫分别作为吸虫和线虫的实验模型,比较这两种虫对某些神经递质及药物的反应,从而推测吸虫和线虫间神经肌肉受体的特性的差异,为寻找新的驱

* 本文科研是在中国农科院上海家畜血吸虫病研究室的支助下进行的; ** 现在地址:江苏省高淳县兽医站。

虫药和研究作用方式提供线索。

材 料 和 方 法

一、实验动物：肝片形吸虫 (*Fasciola hepatica*)，取自南京牛羊肉加工厂。从刚宰杀的感染羊肝的胆管中取出，经清洗，放在不加葡萄糖的灭菌Rohrbacher氏溶液(每升含NaCl2.4, KCl0.75, CaCl₂0.55, MgCl₂·6H₂O0.2, Na₂HPO₄·2H₂O2.7, NaHCO₃0.84, 枸橼酸钠2.9, 葡萄糖3.6)^[10]中，内加链霉素2.5毫克/毫升，青霉素1,000单位/毫升，置于38℃恒温箱内保存，供用。

鸡蛔虫 (*Ascaridia galli*)，取自南京鸡鸭加工厂。从感染鸡小肠内取出，经清洗，放在Fenwick氏溶液(每升含NaCl8.0, KCl0.2, MgSO₄·7H₂O0.1, CaCl₂0.2)中，内加链霉素0.4毫克/毫升，青霉素200单位/毫升，置于38℃恒温箱内保存，供用。

二、记录仪器：NFDC-001型离体器官测定仪(南京分析仪器厂)。

三、试验药物：氯化乙酰胆碱(ACh)，瑞士Roche药厂；溴化乙酰甲胆碱(MCh)，英国L.Light公司；氨甲酰胆碱(Carbachol)，美国Merck制药厂注射液；烟碱(Nic.)，英国BDH制药厂；水杨酸毒扁豆碱(Eser.)，美国Burroughs Wellcome公司；硫酸阿托品(Atrop.)，上海化学试剂商店；d-氯化筒箭毒碱(Tubocurar.)，德国Dr.Theodor Schuchardt公司；溴化六烃季铵(C₆)，上海第七制药厂注射剂；盐酸肾上腺素(Adr.)，上海第十制药厂注射剂；盐酸去甲肾上腺素(NA)，日本三菱制药厂注射剂；酚妥拉明(phentola)，上海第十三制药厂注射剂；5-羟色胺硫酸肌酐(5-HT)，上海化学试剂商店分装瑞士产品；磷酸组织胺(Hist.)，南京医药公司分装进口产品；盐酸苯海拉明(Diphenhyd.)，南京第三制药厂注射剂。

四、虫体活动的描记：将虫体两端分别固定在L形玻璃管和测定仪的差动变压器的钩子上，使虫体悬挂在浴池内。浴皿盛有27毫升任氏液，保持38℃。虫体载重0.05~0.1克，描记速度为20毫米/分钟，曲线放大倍数为36倍。虫体活动通过描笔式自动电位差计描记曲线在记录纸上。实验时用吸管加入3毫升试药，使浴液含有适当的药物浓度，观察虫体反应。除加拮抗药外，每换一种药物均更换一条虫体，每一种药物至少重复试验3次以上。

结 果

一、胆碱能药物列其拮抗药对虫体活动的影响

肝片形吸虫：ACh (10^{-2} M)、MCh (10^{-3} M)和氨甲酰胆碱 (10^{-6} M) 以及抗胆碱酯酶药毒扁豆碱 (10^{-3} M) 均呈现抑制作用，使节律性收缩的幅度和张力减小或麻痹(图1, 图2b)。甲基硫酸新斯的明 (10^{-4} M) 没有作用。它们最低的有效抑制浓度为：ACh (10^{-5} M)，氨甲酰胆碱 (10^{-8} M)，毒扁豆碱 (10^{-5} M)。ACh松弛作用维持的时间很短，氨甲酰胆碱较持久，有时是不可逆的麻痹，MCh则介于两者之间。毒扁豆碱作用时间较长久，类似氨甲酰胆碱。烟碱的作用是先兴奋后抑制，虫体在接触烟碱时立即产生一个高收缩波，波幅是原来的3~10倍，紧接着是抑制，直至麻痹(图3a)。不论加药前虫体的活动如何，烟碱均能引起强收缩波。重复使用低浓度的烟碱，越往后

波幅越小, 直至麻痹不起反应。阿托品 ($2 \times 10^{-3}M$) 有兴奋虫肌的作用, 频率和幅度都增加 (图2a)。阿托品处理虫体5分钟后, 再加高浓度的ACh ($10^{-2}M$) 或MCh ($10^{-2}M$), 两药抑制虫肌的作用均被阻断 (图2b、c)。筒箭毒碱 ($5 \times 10^{-4}M$) 与 C_6 ($5 \times 10^{-4}M$) 对虫肌只有极微弱的抑制作用, 其后再加烟碱, 烟碱先兴奋后抑制的作用仍表现出来 (图3b、c)。

鸡蛔虫: ACh ($10^{-2}M$)、MCh ($10^{-3}M$) 和氨甲酰胆碱 ($10^{-5}M$) 以及毒扁豆碱 ($10^{-3}M$) 均呈现兴奋作用, 使节律性收缩的幅度和张力增加, 幅度增大为原来的2~3倍 (图1a、c; 图2b、c)。它们最低的有效兴奋浓度为: ACh ($10^{-3}M$), 氨甲酰胆碱 ($10^{-5}M$), 毒扁豆碱 ($10^{-4}M$)。ACh作用的持续时间比在肝片形吸虫表现的时间稍长, 随后渐恢复原状。低浓度的毒扁豆碱 ($10^{-5}M$) 兴奋作用不显, 但在此基础上滴加低浓度的ACh ($10^{-5}M$) 则出现收缩波的增强, 持续2~10分钟, 表明毒扁豆碱有增强ACh的作用。烟碱对蛔虫肌的作用也是先兴奋后抑制, 但兴奋的时间稍长于对肝片形吸虫的作用时间 (图3a)。阿托品 (2×10^{-3}) 有松弛虫肌的作用, 收缩幅度和张力均稍降低; 在加阿托品后的5~15分钟再加ACh ($10^{-2}M$) 或MCh ($10^{-2}M$), 两药仍表现出兴奋作用, 只是程度较弱而已 (图2b、c)。筒箭毒碱 ($5 \times 10^{-4}M$) 和 C_6 ($5 \times 10^{-4}M$) 对蛔虫肌的作用, 与对肝片形吸虫相似, 为微弱抑制, 其后再加烟碱, 烟碱的兴奋作用

表1 肝片形吸虫和鸡蛔虫对胆碱能药物及其拮抗药的反应

药物类型	药名	药物的有效浓度及其对虫体的效应			
		肝片形吸虫		鸡蛔虫	
		浓度(M)	效应	浓度(M)	效应
拟胆碱药	氯化乙酰胆碱	1×10^{-5}	抑制	1×10^{-3}	兴奋
	溴化乙酰甲胆碱	1×10^{-5}	抑制	1×10^{-3}	兴奋
	氨甲酰胆碱	1×10^{-6}	抑制	1×10^{-5}	兴奋
	烟碱	1×10^{-4}	先兴奋后抑制	1×10^{-6}	先兴奋后抑制
抗胆碱酯酶药	水杨酸毒扁豆碱	1×10^{-5}	抑制	1×10^{-4}	兴奋
	甲基硫酸新斯的明	1×10^{-4}	无作用	1×10^{-4}	无作用
抗胆碱药	M 硫酸阿托品	2×10^{-4}	兴奋	2×10^{-4}	抑制
	N ₁ 六烃季铵	5×10^{-4}	微弱抑制	5×10^{-4}	微弱抑制
	N ₂ d-氯化筒箭毒碱	5×10^{-4}	微弱抑制	5×10^{-4}	微弱抑制

表2 肝片形吸虫和鸡蛔虫对肾上腺素能药物、生物胺及其拮抗药的反应

药物类型	药名	药物有效浓度及其对虫体肌肉的效应			
		肝片形吸虫		鸡蛔虫	
		浓度(M)	效应	浓度(M)	效应
拟肾上腺素药	盐酸肾上腺素	1×10^{-4}	抑制	1×10^{-4}	兴奋
	盐酸去甲肾上腺素	—	—	1×10^{-4}	兴奋
抗肾上腺素药	酚妥拉明	1×10^{-3}	兴奋	1×10^{-3}	兴奋
	妥拉苏林	1×10^{-3}	无作用		无作用
生物胺类	5-羟色胺硫酸肌酐	2×10^{-6}	兴奋	2×10^{-3}	抑制
	磷酸组织胺	1×10^{-3}	兴奋	1×10^{-3}	兴奋
抗组胺药	盐酸苯海拉明	1×10^{-4}	兴奋	1×10^{-4}	兴奋

仍表现出来。

肝片形吸虫和鸡蛔虫对各种胆碱能药物及其拮抗药的反应见表1。

二、肾上腺素能药物及其拮抗药对虫体活动的影响

肝片形吸虫:Adr.抑制虫体的节律性收缩,减少频率和幅度,在 10^{-3} M以上浓度时可使虫体完全抑制(图4a)。 α -受体阻断剂酚妥拉明(10^{-3} M)能强烈地兴奋虫体的节律性活动,增加收缩的频率和幅度(图5a)。同样是 α -受体阻断剂的妥拉苏林则无作用。在加酚妥拉明作用5分钟后,再加Adr. (10^{-3} M),则不仅不出现抑制作用,反增强收缩的幅度,表明Adr.的抑制作用已被阻断,且还出现增强收缩的作用(图5b)。

鸡蛔虫:Adr. (10^{-3} M)有轻微的兴奋作用,频率、幅度和张力都略增加(图4a)。NA (10^{-4} M)的作用与Adr.相同,也呈现兴奋(图4b)。酚妥拉明(10^{-3} M)对蛔虫肌也表现兴奋作用。

肝片形吸虫和鸡蛔虫对各种肾上腺素能药物及其拮抗药的反应见表2。

三、生物胺及其拮抗药对虫体活动的影响

肝片形吸虫:5-HT (2×10^{-5})有强大的兴奋作用,可增加收缩的频率、幅度和张力(图6),即使是已停止活动的虫体也能恢复强烈的活动。5-HT兴奋作用的最低有效浓度是 2×10^{-6} M。磷酸组胺(10^{-3} M)有兴奋作用。抗组胺药盐酸苯海拉明(10^{-4} M)也是兴奋,其程度似强于组胺(图7)。在此以后再加组胺,不出现增强兴奋的作用。

鸡蛔虫:5-HT (2×10^{-3} M)呈有明显的抑制作用,使虫肌的张力、幅度下降,呈松弛状态(图6)。组胺(10^{-3} M)及抗组胺药盐酸苯海拉明(10^{-4} M)对蛔虫肌的作用与肝片形吸虫相似,均表现兴奋。在苯海拉明的作用上加组胺,也不出现增强收缩的作用(图7)。

肝片形吸虫和鸡蛔虫对生物胺及其拮抗药的反应见表2。

讨 论

在本实验中,肝片形吸虫和鸡蛔虫对ACh的反应,是与早年Chance和Baldwin等的报道相符合的(3,5),肝片形吸虫接触胆碱酯类后,节律性收缩瞬即受抑制,张力和幅度均下降。在各种胆碱酯类中以ACh的作用最短(约5~12分钟),可能是肝片形吸虫有较高的乙酰胆碱酯酶(AChE)活性(5),能较快地水解ACh所致。鸡蛔虫接触胆碱酯类后迅即兴奋,对ACh的敏感性远低于肝片形吸虫,须此后者高100倍的ACh浓度才会呈现作用。毒扁豆碱对鸡蛔虫有明显的兴奋作用,且能增强对ACh的敏感性。这与Baldwin和Moyle报道毒扁豆碱对人蛔虫的神经肌肉标本没有ACh样兴奋作用,也没有增强ACh的作用不相符合(2),(3),然而与Norton和De Beer的毒扁豆碱能增强人蛔虫对ACh敏感度的结果相接近(9)。

Mansour曾报道,阿托品对肝片形吸虫在低于 10^{-3} 浓度时没有作用,在 5×10^{-2} 的浓度下接触1小时也仅部分阻断ACh最初出现的短暂收缩作用而不阻断其抑制作用(4)。但在我们的实验中阿托品不仅有兴奋作用,而且还能完全阻断ACh或MCh的抑制作用,与阿托品可兴奋曼氏血吸虫及日本血吸虫并能阻断ACh的抑制作用的报道(1,4)相似。我们设想,阿托品对吸虫的兴奋作用可能是阻断ACh与M-受体的结合,呈现出作用与

ACh相反的神经递质如5-HT的作用的结果。阿托品对鸡蛔虫的作用是抑制,且不能完全阻断ACh和MCh的兴奋作用。这与Mansour的阿托品对人蛔虫肌没有直接作用,高浓度也不能对抗ACh的作用的说法⁽⁸⁾稍有差异。筒箭毒碱和C₆对两种虫的作用都仅表现微弱的抑制,它们都属季铵,此作用可能与其不易透过细胞膜的特性有关。

肝片形吸虫和鸡蛔虫对烟碱都先产生强烈的肌收缩,继之是麻痹。烟碱对蛔虫是拟ACh作用,且比ACh的作用强得多,而对肝片形吸虫则与ACh的作用截然不同,或许其作用是通过神经节间接促使兴奋性神经递质释放的结果。

Adr.对肝片形吸虫呈抑制作用而对鸡蛔虫则呈兴奋作用的实验结果,似与Mansour的Adr.对肝片形吸虫无效⁽⁷⁾,对鸡蛔虫则无直接作用⁽⁸⁾的说法有差距。值得注意的是 α -受体阻断剂酚妥拉明对肝片形吸虫有极明显的兴奋作用,而且在此之后加Adr.还有增强兴奋的作用。另一结构相近的 α -受体阻断剂妥拉苏林则无此作用,表明其作用有极严格的构效关系。假设这是酚妥拉明阻断了Adr.能 α -受体而显现出 β -受体的作用,但Adr.本身的作用并不强,那就很难对其强烈的兴奋作用以此来解释了。这种作用或许与麦角酸乙二胺(LSD)的作用相类似,LSD对哺乳动物有抗 α -受体的作用,但对肝片形吸虫却有明显的兴奋作用⁽⁷⁾。这两药可能是肝片形吸虫5-HT受体的拟似激动剂。虽然Adr.在线虫所起的生理功能尚不清楚,但Goh和Davey已在海豹线虫(*phocanemu decipiens*)分辨出有NA能、DA能和色胺能的神经元⁽¹¹⁾。至于鸡蛔虫是否也存在Adr.能神经元,则有待今后进一步确定,但根据对Adr.有反应的事实,设想它的存在也是合理的。

5-HT对肝片形吸虫有强大兴奋作用,与Mansour的早期报道是一致的⁽⁷⁾。已知肝片形吸虫有催化5-羟色氨酸脱羧合成5-HT的酶系统,加上它对5-HT有明显的兴奋效应,就有力地表明它体内有5-HT受体的存在。不仅肝片形吸虫,扁形动物门的其他蠕虫如血吸虫、华支睾吸虫、豆状绦虫等也已确定有5-HT受体的存在⁽⁸⁾。由于5-HT的兴奋作用能阻断ACh的抑制作用,一般都同意它是吸虫类调节神经肌肉活动、与ACh作用相反的神经递质。近年来发现在曼氏血吸虫、缩小膜壳绦虫(*Hymenolepis diminuta*)、大双殖孔绦虫(*Dipylidium caninum*)体内5-HT的组化分布是与AChE的分布一致的⁽⁶⁾,更加强了这一概念。5-HT对鸡蛔虫所表现的抑制作用也与ACh相反,但由于5-HT在线虫体内的合成、分布及其生理功能尚无报道,还不能断定它是否是线虫体内与ACh作用相反的神经递质。海豹线虫体内有些神经元能摄取5-HT⁽¹¹⁾,是表明线虫体内可能存在5-HT神经元的一个迹象。组胺对肝片形吸虫和鸡蛔虫都有兴奋作用,但这两种蠕虫将组氨酸脱羧生成组胺的能力很强,在正常情况下体内就含有大量组胺⁽¹¹⁾,可能不是神经递质。

从现有的资料可以看出,扁形动物门吸虫和绦虫对神经递质的反应大致相近,如对5-HT兴奋而对ACh则抑制,而线形动物门线虫的反应恰相反,如对ACh兴奋而对5-HT则抑制。由于同门蠕虫的神经肌肉反应的相近,它们对神经-肌肉药物的反应也大致相似,尽管各虫种之间也可能出现某些不同的反应。例如,吡喹酮、硫双二氯酚、六氯酚对某些绦虫和吸虫均有效,治绦虫病的槟榔碱对姜片吸虫也有效,但它们对线虫均无效。反之,对线虫有效的药物如哌嗪等对绦虫和吸虫往往无效。在筛选呈效于神经肌肉

的驱虫药时, 我们建议以肝片形吸虫和鸡蛔虫分别代表扁形动物和线形动物在体外进行初选, 继而将结果推测到其他虫种进行试验, 是一种比较简便的筛选方法。

根据以上肝片形吸虫和鸡蛔虫的神经肌肉对神经递质的反应, 我们设想肝片形吸虫应存在胆碱能、色胺能和肾上腺素能受体; 其胆碱能受体是混合型的, 包含M-和N₁-受体。鸡蛔虫应存在胆碱能、肾上腺素能和色胺能受体以及DA能、GABA能受体; 其胆碱能受体也是混合型的, 包含M-、N₁-和N₂-受体。

参 考 文 献

- [1] 肖树华等 (1981): 吡喹酮对日本血吸虫摄入与释放5-羟色胺的作用, 药学报, 16: 81~85.
- [2] Baldwin, E., & Moyle, V. (1947): An isolated nervemuscle preparation from *Ascaris lumbricoides*. J. Exptl. Biol., 23: 277~291.
- [3] Baldwin, E. & Moyle, V. (1949): A contribution to the physiology and pharmacology of *Ascaris lumbricoides* from the pig. Brit. J. Pharmacol., 4: 145~152.
- [4] Barker, L.R., Bueding, E. & Timms, A.R. (1966): The possible role of acetylcholine in *Schistosoma mansoni*. *Ibid.* 26: 656~665.
- [5] Chance, M. R. A. & Mansour, T. E. (1953): A contribution to the pharmacol. of movement in the liver fluke. *Ibid.* 8: 134~138.
- [6] Lee, M. B., Bueding, E. & Schiller, E.L. (1978): The occurrence and distribution of 5-Hydroxytryptamine in *Hymenolepis diminuta* and *H.nana*. J. Parasitol., 64: 257~264.
- [7] Mansour, T. E. (1957): The effect of Lysergic acid Diethylamide, 5-Hydroxytryptamine and related compounds on the liver fluke, *Fasciola hepatica*. Brit. J. Pharmacol., 12: 406~409.
- [8] Mansour, T. E. (1964): Pharmacology and Biochemistry of parasitic Helminthes. In Adv. pharmacol. chemother. Vol. 3, PP 129~165; edited by Garattini, S. & Shore, P. A.; N. Y.: Acad. Press.
- [9] Norton, S. & De Beer, E. J. (1957): Investigations on the action of Piperazine on *Ascaris lumbricoides*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 6: 898~905.
- [10] Rohrbacher, G. H. (1957): Observations on the survival in vitro of bacteria-free adult common liver fluke, *Fasciola hepatica*. J. parasitol. 43: 9~18.
- [11] von Brand, T. (1979): Biochemistry and physiology of Endoparasites. PP 210~214, 296~300, Amsterdam, New York & Oxford; Elsevier North-Holland Biomedical Press.

A COMPARISON OF RESPONSES BETWEEN *F. HEPATICA*, THE LIVER FLUKE, AND *A. GALLI*, THE CHICKEN ROUNDWORM, TO SOME NEUROTRANSMITTERS AND DRUGS

RONG YAO-FANG (Y. F. JUNG), SHEN
LI-LIN, ZHAO GUI-FANG

(Section of Pharmacology, Department of Animal
Husbandry and Veterinary Science, Nanjing Agricultural College, Nanjing)

Abstract

The liver fluke and chicken roundworm were used as representatives of platyhelminthes and nematohelminthes respectively in this study to test the responses to some neurotransmitters and drugs. The responses of these two parasites were recorded and compared through mechanical functional changes by means of an electrical recording apparatus for experiment with isolated tissues. It is more reliable and sensitive for measuring the effect of drugs on parasites. It was found that the responses of liver fluke to drugs were quite different from those of chicken roundworm to the same drugs. The rhythmical activity of the liver fluke was inhibited and those of chicken roundworm was stimulated by choline esters (acetylcholine, carbacholine and acetyl- β -methylcholine) and eserine. Atropine was found to cause complete block on liver fluke and only partial block on chicken roundworm to the effect of choline esters. 5-Hydroxytryptamine produced a potent stimulant effect on liver fluke and a depressant effect on chicken roundworm. Epinephrine hydrochloride possessed inhibitory effect on liver fluke, but weaker stimulatory effect on chicken roundworm. α -Adrenergic blocker phentolamine was found to be a stimulant on both liver fluke and chicken roundworm and not to be an adrenergic blocker on liver fluke. Apparently this blocker was similar in effect on liver fluke to another α -blocker lysergic acid diethylamide (LSD) and may be an agonist on 5-HT receptor. The value of both parasites as a testing model for screening anthelmintics and what possible type of nerve-muscle receptors were existed in both of them are discussed.

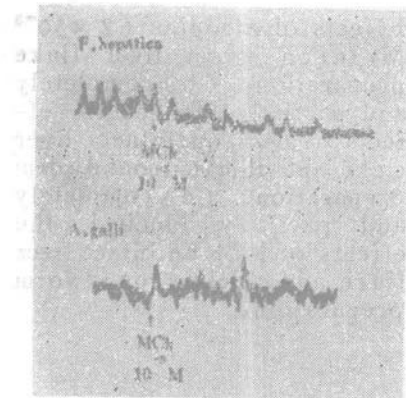


图 1 a

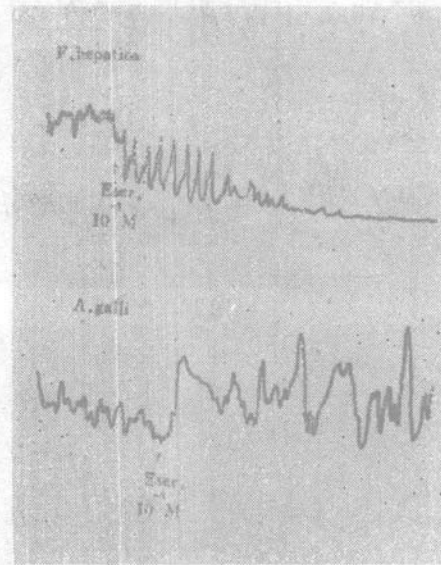


图 1c

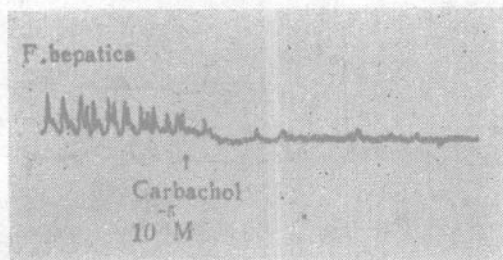


图 1 b

图 1 Effects of cholinergic drugs. The drugs were added at the points indicated by the arrows. (a) MCh, 10^{-3} M, on intact liver fluke and chicken roundworm preparations; (b) Carbacholine, 10^{-5} M, on intact liver fluke preparation; (c) Eserine, 10^{-3} M, on intact liver fluke and chicken roundworm preparations.

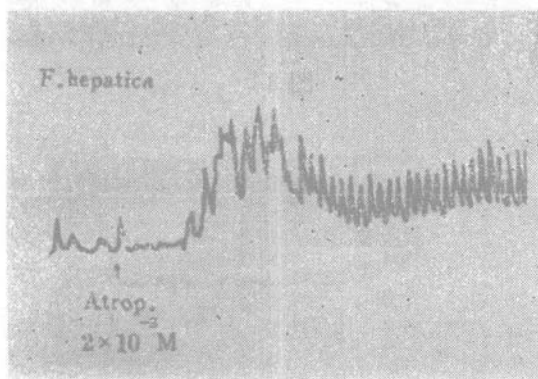


图 2a

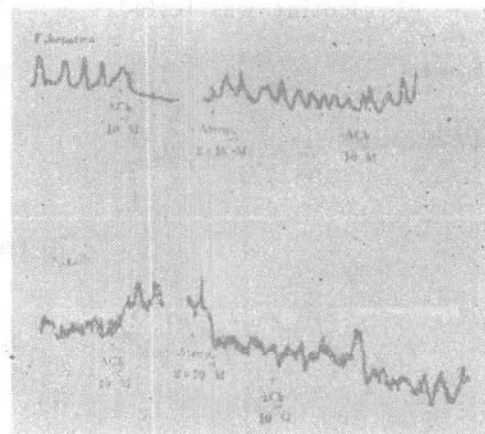


图 2b

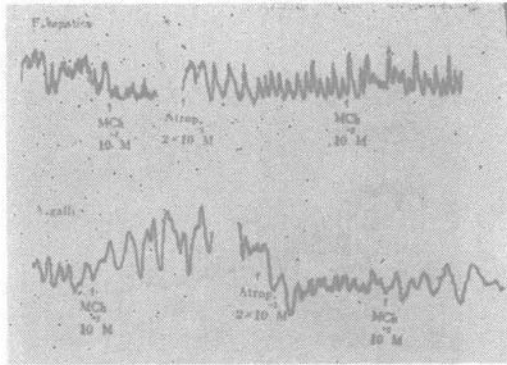


图2c

图2 Effects of atropine (2×10^{-3} M) (a) on intact liver fluke preparation; (b) completely and partially blocked the effects of ACh on intact liver fluke and chicken roundworm preparation; (c) completely and partially blocked the effects of MCh on intact liver fluke and chicken roundworm preparation.

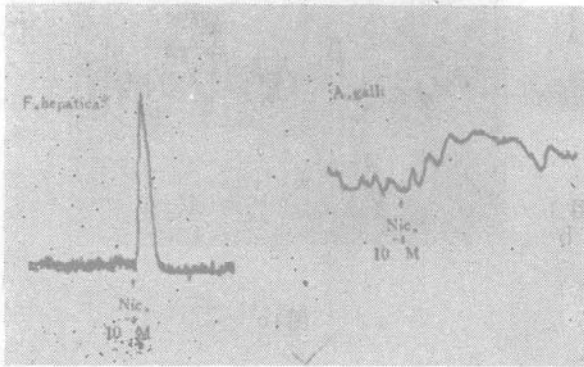


图3a

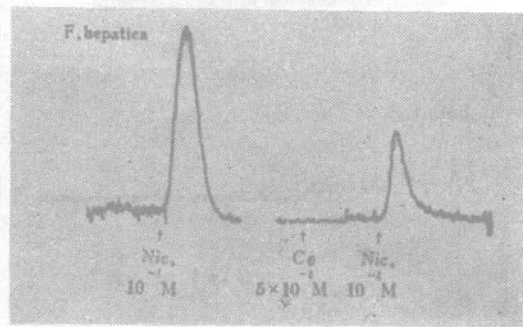


图3c

图3 (a) Effects of nicotine, 10^{-4} M, on intact liver fluke and chicken roundworm preparation; (b) effect of tubocurarine, 5×10^{-4} M, on intact liver fluke preparation, and then the effect of nicotine was tested; (c) effect of C_6 , 5×10^{-4} M, on intact liver fluke preparation, and then the effect of nicotine was tested.

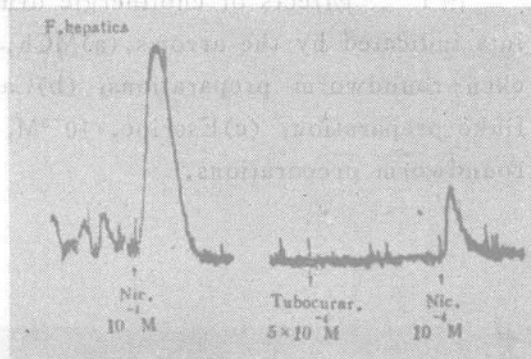


图3b

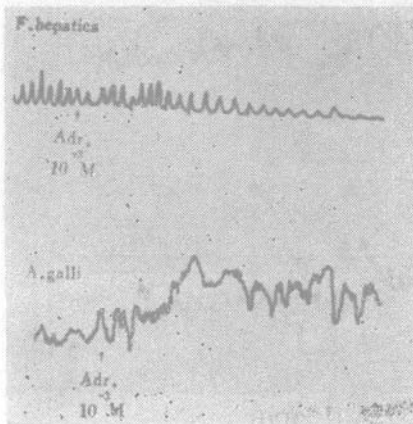


图4a

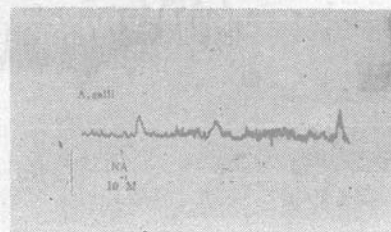


图4b