

薄荷醇对仿刺参幼参的麻醉效果

韩 莎, 胡 炜, 李成林, 赵 斌, 严 芳

(山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266104)

摘要: 为确立一种准确测量仿刺参体长的方法, 选用薄荷醇(menthol)为麻醉剂, 在不同麻醉浓度条件下, 观察了对仿刺参(*Apostichopus japonicus*) 幼参的麻醉反应, 同时比较了在不同水温(11、13、15、17、19、21℃)环境条件下对不同规格((L) 42.37 g±1.99 g、(M) 22.91 g±1.03 g、(S) 12.09 g±1.51 g)幼参的麻醉效果。结果显示: 当薄荷醇浓度在 4%以内时对仿刺参具有良好的麻醉效果, 麻醉起效迅速, 复苏率为 100%; 在麻醉体积分数为 0.25%、0.5%、1%时, 对大规格幼参麻醉时间及复苏时间影响显著, 而对中小规格影响不显著; 水温 11~19℃时, 随着温度的升高, 仿刺参幼参的麻醉时间从 15.62 min±1.31 min 缩短到 12.17 min±0.21 min, 但复苏时间从 13.61 min±4.85 min 显著增加到 28.10 min±7.35 min, 不同水温下薄荷醇对仿刺参幼参的麻醉效果差异显著($P<0.05$), 当水温超过 21℃时幼参麻醉状态出现异常, 不适宜进行麻醉。研究表明: 薄荷醇是一种对仿刺参安全有效的麻醉剂, 在水温 11~21℃进行测量体长的实验中, 对体质量 20 g 以上的幼参适宜的麻醉体积分数为 0.5%~1%, 对体质量 20 g 以下的幼参适宜的麻醉体积分数为 0.25%~0.5%。

关键词: 仿刺参(*Apostichopus japonicus*); 薄荷醇; 麻醉; 温度

中图分类号: S917.4 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2016)03-0010-07

doi: 10.11759/hyxx20150826001

仿刺参(*Apostichopus japonicus*)养殖产业已成为继海带、对虾、扇贝及海水鱼类养殖之后的第五次海水养殖产业浪潮^[1], 近年来随着养殖规模的不断扩展, 系统开展仿刺参遗传育种研究已成为当前人们的关注热点以及产业发展的重点。在仿刺参选育以及实际生产中, 体长与体质量的准确定量是进行育种与生产的关键指标参数, 但因仿刺参具有独特的生理生态学特性, 其体长与体质量易受环境因素的影响, 且变化较大, 为其体长的准确测量带来很大困难, 至今尚未形成有关仿刺参体长测量的统一标准。麻醉可以使仿刺参短暂的保持静止, 达到减小误差、准确测量体长的目的。因此, 有学者开始尝试运用麻醉的方法进行仿刺参体长的准确测量。目前, 相关麻醉方法的研究主要集中在鱼虾贝等水产生物^[2-6], 麻醉剂多选用 MS-222、丁香酚、2-苯氧乙醇、苯佐卡因和乙二醇苯醚等, 而有关海参麻醉方法的研究较少, 仅有以硫酸镁^[7-8]、丁香酚^[8]、乙二醇苯醚^[8]和薄荷醇^[9]进行仿刺参体长测量的相关实验研究。同时, 麻醉剂的麻醉效果受多种因素的影响, 其中, 种类、体重和温度是影响麻醉效果的重要因素, 目前对仿刺参麻醉效果的影响因素的相关研究仍鲜有报道。

薄荷醇(menthol), 又名薄荷脑, 化学名: 5-甲基-2-异丙基-环己醇, 有抑制中枢系统、止痛镇静等作用^[10], 被美国 FDA 视为安全无副作用的麻醉药物, 具有悠久的药用历史^[11], 广泛应用在医药(局部麻醉剂、镇痛膏)、食品等行业。作为水产麻醉剂已应用得多毛类^[12]、双壳类^[13]及腔肠类^[14], 在海参类如仿刺参 *A.japonicus* 成参^[9]和糙海参 *H.scabra* 幼参^[15]也有应用研究, 但尚未见有关仿刺参幼参麻醉效果的研究报道。本研究使用薄荷醇对不同规格的仿刺参幼参进行了麻醉试验, 比较分析了不同浓度的薄荷醇以及不同水温条件对仿刺参幼参的麻醉效果, 旨

收稿日期: 2015-08-02; 修回日期: 2015-10-17

基金项目: 山东省农业良种工程项目(2014-2016); 山东省科技发展计划项目(2014GNC111022); 国家海洋局海洋公益性行业科研专项经费项目(201305001-4); 山东省现代农业产业技术体系刺参产业创新团队建设(SDAIT-08-011-01); 山东省农业科技成果转化资金项目

[Foundation: Agriculture Seed Project of Shandong Province, No.2014-2016; Science and Technology Development Project of Shandong Province, No. 2014GNC111022; Oceanic Research Special Funds for Public Welfare Projects of State Oceanic Administration, No. 201305001-4; Sea cucumber Innovation Team of Shandong Agriculture Research System, No.SDAIT- 08-011-01; Agricultural Science and Technology Achievement Transformation Project of Shandong Province]

作者简介: 韩莎(1985-), 女, 山东青岛人, 助理研究员, 主要从事海洋生物生理生态学研究, E-mail: shahan_2012@163.com; 李成林, 通信作者, 研究员, 电话: 0532-82657692, E-mail: lcl_xh@hotmail.com

在为薄荷醇应用于仿刺参的麻醉和体长的准确测量提供可靠的技术方法和基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

选取本实验室培育的表观正常、肉刺坚挺、健康活力强的仿刺参,按平均体质量分为大规格(L) 42.37 g±1.99 g、中规格(M) 22.91 g±1.03 g、小规格(S) 12.09 g±1.51 g 共 3 种规格,分别暂养于有效水体 0.2 m³ 的玻璃钢槽中,每个玻璃钢槽中放置 20~40 头,24 h 连续微量充气,每天 15:00 定时按体质量 5%~8% 投喂配合饲料,投饲后停止充气 1 h。日换水 2/3,3 d 全量换水一次,并清理残饵和粪便。实验海水为经过沙滤的自然海水,盐度 33, pH8.2, DO>6 mg/L。

1.2 实验方法

1.2.1 麻醉剂的配制

将薄荷醇晶体 0.56 g 溶解于 100 mL 无水乙醇中配制成母液,然后按实验设计加入过滤海水配制不同体积浓度的薄荷醇海水溶液作为麻醉液。

1.2.2 仿刺参安全有效麻醉体积分数的筛选

设置 0.1%、0.25%、0.5%、1%、2%、4%、6%、8%、10% 共 9 个薄荷醇体积分数梯度,每个梯度组选用 10 头中规格仿刺参进行试验,在实验前 24 h 停止喂食,麻醉前 20 min 将其捞出放入解剖盘中沥水 20 min,使其自然排出体腔内的水分,然后放入 20 L 的塑料整理箱中进行麻醉,薄荷醇麻醉液体积为 10 L。当仿刺参身体不再伸缩,保持静止,口周围触手完全舒展,刺激时身体和口周围触手均无伸缩反应时即达到麻醉状态。仿刺参达到麻醉状态后即可对其进行体长的测量,之后将体表冲洗干净并放入洁净的海水中进行复苏,当仿刺参口周围触手收缩至自然状态,开始正常活动爬行时即达到复苏状态^[8]。观察仿刺参在麻醉及复苏过程中的行为特征以及体表的变化,并记录达到麻醉和复苏的时间,确定薄荷醇对仿刺参安全有效的麻醉体积分数范围。

1.2.3 浓度梯度的设置

根据筛选的安全有效的麻醉浓度,随机选取 3 种规格仿刺参各 6 头,在 15℃±0.2℃ 水温下,分别放入体积分数为 0.25%、0.5%、1% 的薄荷醇海水溶液中进行麻醉,并设 3 个平行组,记录麻醉和复苏时间。

1.2.4 温度梯度的设置

根据不同浓度薄荷醇对仿刺参的麻醉效果,选取体积分数为 0.5% 的薄荷醇海水溶液。随机选取中规格仿刺参各 6 头,分别在 11、13、15、17、19、21℃ 的 6 个水温梯度下进行麻醉实验,设 3 个平行组,记录麻醉和复苏的时间。

1.2.5 仿刺参体长的测量

实验前随机选取仿刺参 10 头,对选取的仿刺参进行体长的测量,重复测量 5 次并记录测量数据作为对照组,然后将仿刺参放入体积分数为 0.5% 的薄荷醇中进行麻醉,达到麻醉状态时取出进行体长的测量,重复测量 5 次并记录测量数据作为麻醉组,每次测量前重新将仿刺参放入麻醉液中浸浴 5 min 后再进行测量。最后统计体长的变异系数 CV, CV 计算公式如下:

$$CV = (SD / \text{Mean}) \times 100\%$$

式中, SD 为标准偏差, Mean 为平均值。

1.2.6 数据分析

实验数据采用 spss 软件进行统计分析,统计值均用平均值±标准差表示(Mean±SD),以 $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 不同体积分数薄荷醇对仿刺参幼参的麻醉反应及效果筛选

不同体积分数的薄荷醇对仿刺参的麻醉反应见表 1。通过各体积分数组对仿刺参幼参的麻醉反应观察发现,薄荷醇的麻醉效果与体积分数成正相关。在薄荷醇体积分数为 0.1% 时,仿刺参麻醉 1 h 仍达不到麻醉效果;当体积分数为 0.25%~5% 时,对仿刺参麻醉效果较好,表现在 40 min 内可达到麻醉状态,在麻醉过程中仿刺参棘坚挺,身体受刺激不断伸缩舒展,口周围触手完全舒展,而且经复苏 1 h 之内幼参可进行正常的活动,活力较好,无异常现象。当体积分数低于 4% 时,复苏率为 100%;当体积分数为 5% 时,复苏率降到 90%;当体积分数为 6%~10% 时,麻醉效果较差,在麻醉和复苏过程中仿刺参出现不同程度的异常现象,具体表现在麻醉过程中身体蜷缩,棘有不同程度的收缩,口周围触手不完全舒展,并伴随麻醉浓度的增大,棘逐渐由钝圆变得平滑,口周围触手呈现完全不舒展紧闭的状态,而且出现该现象的个体逐渐增多,在复苏过程中仿刺参活力较差,个别个体棘逐渐出现化皮的现象;当体积分数达到 10% 时,除上述

现象外, 体表还出现大面积的褪色, 而复苏后仿刺参活动迟缓, 棘柔软不坚挺, 棘及体表出现不同程度的化皮现象, 部分幼参身体僵硬, 形态固定, 随着复苏时间的延长也难以恢复到正常状态。结果显示, 在

0.25%~4%的体积分数时, 仿刺参幼参能够较快地达到麻醉状态, 且在短时间内复苏达到良好的自然状况, 能够正常摄食并保持较好的活力, 是安全有效的麻醉体积分数。

表 1 不同体积分数薄荷醇对仿刺参的麻醉反应

Tab.1 Characteristic anesthetic behaviors of menthol in different concentrations for *Apostichopus japonicus*

麻醉体积分数(%)	麻醉时间(min)	麻醉及复苏过程中的行为特征	复苏时间(min)	复苏率(%)
0.1	—	—	—	100
0.25	21~36	正常	6~13	100
0.5	18~27	正常	7~15	100
1	13~20	正常	10~21	100
2	10~17	正常	24~48	100
4	9~13	正常	38~53	100
5	8~12	正常	43~58	90
6	—	身体蜷缩, 棘收缩, 口周围触手不完全伸展	—	60
8	—	身体蜷缩, 棘平滑并有所褪色, 呈白化状, 口周围触手不伸展	—	—
10	—	身体蜷缩, 体表大面积褪色, 出现化皮状况, 口周围触手不伸展	—	—

注: “—”表示无实验数据, “*”表示观察时间为 1 h

2.2 不同体积分数薄荷醇对仿刺参幼参的麻醉效果

不同规格仿刺参麻醉和复苏所需的时间如图 1 和图 2 所示。当薄荷醇体积分数为 0.25% 时, 小规格仿刺参麻醉时间为 $13.34 \text{ min} \pm 3.02 \text{ min}$, 复苏时间为 $9.18 \text{ min} \pm 1.77 \text{ min}$; 中规格仿刺参麻醉时间为 $24.83 \text{ min} \pm 5.96 \text{ min}$, 复苏时间为 $6.76 \text{ min} \pm 4.84 \text{ min}$; 大规格仿刺参麻醉时间为 $26.90 \text{ min} \pm 5.09 \text{ min}$, 复苏时间为

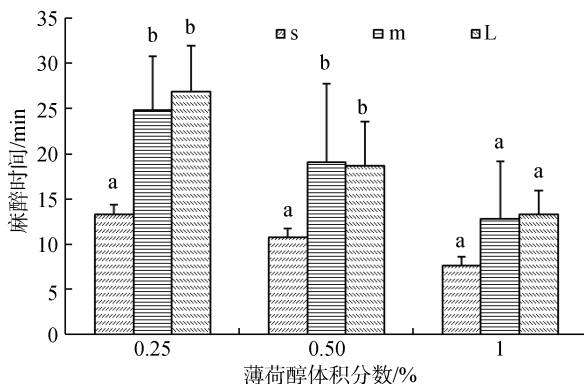


图 1 不同体积分数的薄荷醇对仿刺参麻醉时间的影响

Fig. 1 The effect of menthol in different concentrations on duration of anesthesia for *Apostichopus japonicus*

图中不同字母表示麻醉时间存在显著差异

Different letters indicate significant differences in the duration of anesthesia

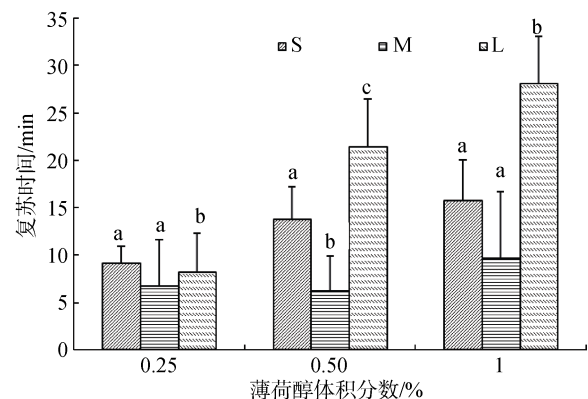


图 2 不同体积分数的薄荷醇对仿刺参复苏时间的影响

Fig. 2 The effect of menthol in different concentrations on recovery time for *Apostichopus japonicus*

图中不同字母表示复苏时间存在显著差异

Different letters indicate that there is a significant difference in recovery time

8.23 $\text{min} \pm 4.04 \text{ min}$ 。当薄荷醇体积分数为 0.5% 时, 小规格仿刺参麻醉时间为 $10.74 \text{ min} \pm 3.02 \text{ min}$, 复苏时间为 $13.78 \text{ min} \pm 3.41 \text{ min}$; 中规格仿刺参麻醉时间为 $19.06 \text{ min} \pm 4.85 \text{ min}$, 复苏时间为 $6.24 \text{ min} \pm 3.65 \text{ min}$; 大规格仿刺参麻醉时间为 $18.67 \text{ min} \pm 2.61 \text{ min}$, 复苏时间为 $21.41 \text{ min} \pm 5.09 \text{ min}$ 。当薄荷醇体积分数为 1% 时, 小规格仿刺参麻醉时间为 $7.58 \text{ min} \pm 4.32 \text{ min}$, 复苏时间为 $15.81 \text{ min} \pm 4.24 \text{ min}$; 中规格仿刺参麻醉时间

为 12.84 min±6.26 min, 复苏时间为 9.67 min±6.98 min; 大规格仿刺参麻醉时间为 13.34 min±2.61 min, 复苏时间为 28.17 min±4.9 min。

结果显示, 在相同水温条件下, 随薄荷醇体积分数的升高, 3 种规格的仿刺参麻醉所需时间表现出缩短的趋势, 而复苏所需时间表现出增加的趋势。但不同规格的变化幅度不同, 规格越大的仿刺参, 受麻醉浓度的影响越大, 变化幅度亦越大。在相同麻醉体积分数条件下, 规格越大的仿刺参麻醉所需时间越长, 复苏所需时间也相应的延长, 不同体积分数组对大规格幼参麻醉及复苏时间影响显著($P<0.05$), 而对中小规格不显著。薄荷醇体积分数及仿刺参规格对麻醉及复苏所需时间均有显著影响。

2.3 不同水温下薄荷醇对仿刺参幼参的麻醉效果

不同水温下薄荷醇对仿刺参麻醉和复苏的效果如图 3 所示。在水温 11℃ 时, 麻醉时间为 15.62 min±1.31 min, 复苏时间为 13.61 min±4.85 min; 在水温 13℃ 时, 麻醉时间为 13.84 min±0.87 min, 复苏时间为 13.07 min±6.26 min; 在水温 15℃ 时, 麻醉时间为 14.74 min±1.02 min, 复苏时间为 8.48 min±3.54 min; 在水温 17℃ 时, 麻醉时间 14.11 min±0.65 min, 复苏时间为 12.13 min±8.39 min; 在水温 19℃ 时, 麻醉时间 12.17 min±0.21 min, 复苏时间为 28.10 min±7.35 min。实验中观察发现, 在 19℃ 水温组中有极个别仿刺参幼参出现棘收缩的现象, 在水温 21℃ 时, 仿刺参麻醉或者复苏的实验状态均有别于其他水温段, 身体蜷缩不舒展, 棘也收缩, 口周围触手完全不伸展, 身体

反应异常, 始终未进入麻醉状态, 且恢复到正常状态也较为缓慢, 所需时间为 43.26 min±9.44 min。从图 3 可以看出, 水温为 11~19℃ 时, 随着温度的升高, 仿刺参麻醉所需时间从 15.62 min±1.31 min 缩短到 12.17 min±0.21 min, 差异不显著($P>0.05$), 但复苏时间明显增加, 从 13.61 min±4.85 min 增加到 28.10 min±7.35 min, 差异显著($P<0.05$)。其中, 15℃ 温度组的复苏时间最短, 为 8.48±3.54 min。不同水温下相同体积分数的薄荷醇对仿刺参麻醉效果有显著差异($P<0.05$)。

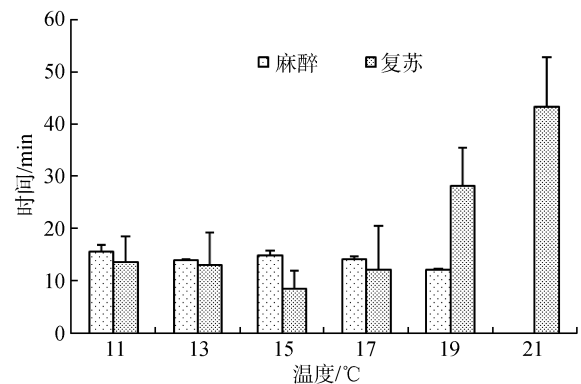


图 3 不同温度下薄荷醇对仿刺参的麻醉效果
Fig. 3 The anesthetic effect of menthol on *Apostichopus japonicus* at different temperatures
水温 21℃ 下无麻醉时间
Water temperature 21℃ without anesthesia time

2.4 麻醉对仿刺参体长的影响

仿刺参的体长在麻醉前后重复测量 5 次的结果如表 2 所示。对照组体长测量值较为分散, 测量差值(最大值与最小值之差)为 9~29 mm(18.9 mm±9.5 mm,

表 2 仿刺参麻醉前后体长的变化

Tab. 2 The measurement of *Apostichopus japonicus* body length before and after anesthetization

序号	对照组			麻醉组		
	体长(mm)	变异系数(%)	平均体长(mm)	体长(mm)	变异系数(%)	平均体长(mm)
1	45~64	13.3	57.4±7.6	63~67	2.5	67.8±1.6
2	49~68	13.5	55.4±7.5	63~67	2.2	65.2±1.5
3	51~62	8.2	56.8±4.7	58~62	2.7	59.8±1.6
4	61~79	9.3	70±6.5	73~77	2	74.8±1.5
5	66~75	5.2	70.6±3.6	81~86	2.4	83±2
6	68~89	11.8	77.8±9.2	94~98	1.6	96±1.6
7	80~96	8.9	87.2±7.7	87~93	2.6	89.4±2.3
8	68~108	18.9	82.6±15.6	88~93	2.3	90.6±2.1
9	82~98	6.8	88.8±6.1	89~94	2.3	91.6±2.1
10	76~105	13	92±12	89~97	3.1	92.6±2.912
平均		10.9	73.5±15.3		2.4	80.8±12.9

注: 水温 15.2℃, 薄荷醇体积分数为 0.5%

$n=10$), cv 为 5.2%~18.9%; 麻醉组测量值趋于相对集中稳定的趋势, 测量差值为 4~8 mm ($6.3 \text{ mm} \pm 2.9 \text{ mm}$, $n=10$), cv 降低到 1.6%~3.1%。统计结果显示, 麻醉前后 cv 从 10.9% 下降到 2.4%, 体长的平均值从 $73.5 \text{ mm} \pm 15.3 \text{ mm}$ 增加到 $80.8 \text{ mm} \pm 12.9 \text{ mm}$, 麻醉前后仿刺参体长的测量结果有显著性差异 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 不同体积分数薄荷醇对仿刺参的麻醉效果

在水产养殖实际生产和科学研究中, 尤其是在进行运输、采卵、授精、标志及称量等操作过程时, 为降低对水产动物的应激反应, 避免对水产动物造成伤害, 麻醉剂的使用越来越广泛, 不同物种所适用的麻醉剂有所不同, 尤其是仿刺参在不良环境下或者受到在较大刺激时极易发生排脏或化皮等应激反应, 因此对麻醉药物的选择有所局限。鱼虾类常用的麻醉剂如丁香酚、乙二醇苯醚等对仿刺参伤害较大, 易出现吐肠、化皮及褪色等现象, 麻醉效果不理想, 不适宜作为仿刺参麻醉剂, 而硫酸镁麻醉效果较好, 但适宜麻醉的体积分数范围较窄, 为 0.3~0.4 mol/L, 且复苏到正常状态所需时间相对较长。有研究表明, 薄荷醇作为一种麻醉剂, 通过抑制仿刺参肌肉组织中神经肽的功能而影响肌肉的紧张或放松, 但这种抑制是可逆的^[15]。当薄荷醇作用于动物皮肤和表面黏膜时, 在体积分数 4% 以下时表现出清凉及刺激和局麻的作用, 当体积分数高于 6% 时, 会有灼烧感^[16], 这与本实验研究的仿刺参麻醉作用效果是基本一致的。通过对仿刺参麻醉行为特征观察可以得出, 薄荷醇体积分数安全有效浓度范围宽泛, 在体积分数 0.25%~4% 时仿刺参幼参都能够较快地达到麻醉状态, 且在短时间内复苏达到良好的自然状况, 正常摄食并保持较好的活力。

3.2 体质量、温度对薄荷醇麻醉效果的影响

麻醉剂的麻醉效果与麻醉生物的种类、生理状态、体质量和水温、溶氧等环境条件等因素密切相关, 其中体质量和水温是影响麻醉效果的关键因素。

在鱼类研究中, 一般来说, 体质量对麻醉剂的安全浓度和有效浓度起着重要的作用, 体质量越大, 所需的麻醉剂浓度越高^[17]。本实验发现在相同水温条件下, 经相同时间进入麻醉状态的大规格幼参所需麻醉剂浓度要高于小规格幼参, 与鱼类研究结果类似。其原因可能是通常情况下同一种水产生物的

体质量越大, 耗氧率越低^[18]。因此, 在相同条件下, 幼参体质量越大, 呼吸代谢强度越低, 单位时间内摄入的麻醉液量少, 达到麻醉和复苏状态所需的时间会相应的更长。

水温是影响麻醉剂麻醉效果的重要环境因素之一^[19], 在麻醉浓度相同时, 随着水温的升高, 麻醉效果逐渐增强, 麻醉所需时间逐渐缩短。有研究表明, 在一定的水温范围内, 水温越高, 薄荷醇的麻醉效果越好^[15]。本实验水温 11~19℃ 时, 在相同体积分数的薄荷醇作用下, 随水温的升高, 仿刺参麻醉时间呈缩短的趋势, 复苏时间呈增加的趋势, 这一实验结果与水温对鱼类^[18]、贝类^[6]、虾类^[19]的影响效果是不尽相同的。这是因为水温越高时, 鱼虾贝的呼吸频率越快, 单位时间内摄入或排出体内的麻醉药液量越多, 因此麻醉和复苏时间均相应缩短。当水温超过 19℃ 时个别幼参出现棘收缩的现象, 尤其在水温 21℃ 时麻醉的仿刺参出现身体蜷缩、棘收缩、口周围触手完全不伸展、平均复苏时间明显延长等现象, 用低浓度薄荷醇麻醉幼参时麻醉状态基本相同, 这与鱼类在高水温下进入麻醉状态所需的麻醉浓度较低不同^[3]。分析认为, 这可能与仿刺参自身的生理特性有关, 因仿刺参具有体表、呼吸树双重呼吸特性^[20], 温度直接影响到呼吸代谢的强度, 温度越高影响较大。但当水温在 21℃ 以上时, 麻醉时幼参的呼吸代谢可能受到较强抑制, 因此, 在麻醉过程中表现出的状态与其他温度段有较大差异, 麻醉效果不甚理想, 不适宜对仿刺参进行麻醉。

3.3 麻醉对仿刺参体长的影响

在进行仿刺参体长测量时, 体长的变异系数反映出测量值的离散程度, 变异系数越大, 说明测量结果越分散, 越不稳定。本实验研究可以看出, 对照组体长变异系数较大, 而麻醉组变异系数明显减小, 两者差异显著 ($P < 0.05$), 说明薄荷醇的麻醉抑制了仿刺参身体的收缩和舒展, 不仅使体长多次测量值趋于稳定, 而且也更能准确地反映仿刺参的真实体长。仿刺参体长测量操作需时短, 基于麻醉时间以及麻醉后复苏时间过长或过短均不利于尽快完成相关操作的要求, 故要选择适宜的麻醉浓度完成测量操作, 这对在短时间内复苏并恢复到正常状态, 确保对仿刺参不产生过度的应激或造成伤害, 显得非常重要。针对本实验中仿刺参的麻醉程度、麻醉时间和复苏时间来综合分析, 可以看出, 在薄荷醇体积分数为

0.25%时,大规格的仿刺参麻醉时间较长而复苏较快,未能达到有效的麻醉程度,会导致体长测量结果有误差。由此可以得出,在进行麻醉测量体长时,对体质量 20 g 以上的幼参适宜的麻醉的体积分数为 0.5%~1%,对体质量 20 g 以下的幼参适宜的麻醉的体积分数为 0.25%~0.5%,这样可以显著提高测量体长的准确性,而 20 g 以下的糙海参适宜的薄荷醇体积分数为 2%^[15],这可能与海参种类及生活环境习性有关。当然,仿刺参在麻醉和复苏的过程中存在较大的个体差异,同时水温、盐度、溶氧等环境因素也有交互性影响,因此在进行科学实验及实际生产中,应视实际情况对麻醉剂量进行灵活调整。

综上所述,说明薄荷醇对仿刺参幼参具有较好的麻醉效果,且无毒副作用,价格低廉,安全可靠。因此,薄荷醇可以作为仿刺参很好的麻醉剂应用于科学实验和实际生产中,尤其是应用于对其体长的准确测量方面。另外,根据麻醉用途的不同,今后有待于深入探讨以薄荷醇作为麻醉剂在生产中其他方面的应用研究开发,如通过对稚幼参麻醉剥离进行高效分苗或清除敌害生物等。

参考文献:

- [1] 李成林,宋爱环,胡炜,等.山东省刺参养殖产业现状分析与可持续发展对策[J].渔业科学进展,2008(31): 126-133.
Li Chenglin, Song Aihuan, Hu Wei, et al. Status analysis and sustainable development strategy of sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka aquaculture industry in Shandong Province[J]. Progress in Fishery Sciences, 2008, 31: 126-133.
- [2] 刘长琳,陈四清,何力,等. MS-222 对半滑舌鲷成鱼的麻醉效果研究[J]. 中国水产科学. 2008, 15(1): 92-99.
Liu Changlin, Chen Siqing, He Li, et al. Effects of MS-222 as an anaesthetic on adult *Cynoglossus semilaevis* Günther[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(1): 92-99.
- [3] 赵明,柳学周,徐永江,等. MS-222 麻醉圆斑星鲷成鱼效果研究[J]. 海洋科学进展, 2010, 28(4): 531-537.
Zhao Ming, Liu Xuezhou, Xu Yongjiang, et al. Study on anaesthetic effects of MS-222 on adult *Verasper vareigates*[J]. Advance in Marine Science, 2010, 28(4): 531-537.
- [4] 关健,官曙光,郑永允,等. 2-苯氧乙醇和丁香酚对许氏平鲉幼鱼麻醉效果的实验研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 22-28.
Guan Jian, Guan Shuguang, Zheng Yongyun, et al. Effects of 2-phenoxyethanol and clove oil as anaesthetics on juvenile *Sebastes schlegelii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(6): 22-28.
- [5] 黄雪芹,孔杰,张天时,等. 丁香酚对中国幼虾麻醉效果的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(22): 9572-9574.
Huang Xueqin, Kong Jie, Zhang Tianshi, et al. Studies on anesthetic effect of Eugenol on juvenile *Femero-penaeus chinensis*[J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 36(22): 9572-9574.
- [6] 万正平,王梅芳,李双波,等. 苯佐卡因和乙二醇苯醚对企鹅珍珠贝麻醉效果的研究[J]. 热带生物学报, 2012, 3(1): 16-20.
Wan Zhengping, Wang Meifang, Li Shuangbo, et al. Anaesthesia effect of two anaesthetic chemicals, 2-phenoxyethanol and benzocaine, on the winged pearl oyster(*Pteria penguin*(Röding))[J]. Journal of Tropical organisms, 2012, 3(1): 16-20.
- [7] 魏杰,常亚青,聂竹兰,等. 准确测量活体刺参体长的方法[P]. 200710010174.6, 2009-3-11.
Wei Jie, Chang Yaqing, Nie Zhulan, et al. A method for accurate size measurements of sea cucumber[P]. 200710010174.6, 2009-3-11.
- [8] 何舟,宋坚,常亚青,等. 不同麻醉剂对刺参幼参麻醉效果的比较研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(2): 95-99.
He Zhou, Song Jian, Chang Yaqing, et al. A comparative study of the anesthetic effect of different anesthetic on juvenile sea cucumber[J]. Chinese Agricultural Science bulletin, 2014, 30(2): 95-99.
- [9] Yusuke Yamana, Tatsuo Hamano, Ken-ichi Yamamoto. Anesthetizer of the adult sea cucumber *Apostichopus japonicus*[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2005, 71(3): 299-306.
- [10] 梁呈元,李维林,张涵庆,等. 薄荷醇成分及其药理作用研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2003, 22(3): 9-12.
Liang Chengyuan, Li Weilin, Zhang Hanqing, et al. Research progress of menthol constituents and pharmacological effects[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2003, 22(3): 9-12.
- [11] 花盈,狄留庆. 薄荷油的基础研究及其应用开发[J]. 世界临床药物, 2006, 27(8): 505-512.
Hua Ying, Di Liuqing. Basic research and application development of menthol[J]. World Clinical Drugs, 2006, 27(8): 505-512.
- [12] Costa-paiva E.M, Paiva P C and Klautau M. Anaesthesia and fixation effects on the morphology of sabellid polychaetes[J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2007, 87: 1127-1132.
- [13] Anorton J H, Dashorst M, Lansky T M and Mayer R J. An evaluation of some relaxants for use with pearl oysters[J]. Aquaculture, 1996, 144: 39-52.
- [14] 杨海萍,王储庆,吴建平,等. 几种麻醉剂对中华仙影海葵的麻醉效果的比较[J]. 水产养殖, 2015, 36(4): 8-13.
Yang Haiping, Wang Chuqing, Wu Jianping, et al. Comparison of anaesthetic affects of 3 anaesthetic reagents in sea anemone *Cereus sinensis* Verrill[J]. Journal of aquaculture, 2015, 36(4): 8-13.

- [15] Satoshi W, Jacques M Z, Joemel G S, et al. Size measurement and nutritional condition evaluation methods in sandfish(*Holothuria scabra* Jaeger)[J]. *Aquaculture Research*, 2012, 43: 940-948.
- [16] 程阔菊, 王晖, 陈垦. 薄荷醇安全性研究进展[J]. *辽宁中医杂志*, 2010, 37(2): 377-380.
Cheng Kuoju, Wang Hui, Chen Ken. Advances in the research on the safety of menthol[J]. *Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2010, 37(2): 377-380.
- [17] 刘长琳, 何力, 陈四清, 等. 鱼类麻醉研究综述[J]. *渔业现代化*, 2007, 34(5): 21-25.
Liu Changlin, He Li, Chen Siqing, et al. Review of fish anesthesia research[J]. *Fishery Modernization*, 2007, 34(5): 21-25.
- [18] 包杰, 姜宏波, 董双林, 等. 棘皮动物呼吸代谢研究进展[J]. *海洋湖沼通报*, 2013, (1): 85-89.
Bao Jie, Jiang Hongbo, Dong Shuanglin, Progress of studies on respiratory metabolism of echinoderms[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2013, (1): 85-89.
- [19] 梁政远, 安丽娜, 缪凌鸿, 等. 丁香油对鲤鱼和罗非鱼的麻醉作用[J]. *水产学杂志*, 2009, 22(1): 42-46.
Liang Zhengyuan, An Lina, Miao Linghong, et al. The anaesthesia effect of clove oil on common carp (*Cyprinus carpio linnaeus*) and tilapia(*Oreochromis spp*)[J]. *Chinse Journal Fisheries*, 2009, 22(1): 42-46.
- [20] 蔡诤, 董宏标, 王军, 等. 浓度和温度对丁香酚麻醉日本囊对虾效果的影响[J]. *海洋科学*, 2012, 36(2): 29-36.
Cai Zheng, Dong Hongbiao, Wang Jun, et al. Anesthetic effect of eugenol at different concentrations and temperatures on *Marsupenaeus japonicus*[J]. *Marine Science*, 2012, 36(2): 29-36.
- [21] 董云伟, 董双林, 田相利, 等. 不同水温对刺参幼参生长、呼吸及体组成的影响[J]. *中国水产科学*, 2005, 12(1): 33-37.
Dong Yunwei, Dong Shuanglin, Tian Xiangli, et al. Effects of water temperature on growth, respiration and body composition of young sea cucumber *Apostichopus japonicus*[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, 12(1): 33-37.

Anesthetic effect of menthol on juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*

HAN Sha, HU Wei, LI Cheng-lin, ZHAO Bin, YAN Fang

(Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266104, China)

Received: Aug. 2, 2015

Key words: *Apostichopus japonicus*; menthol; anesthetization; water temperature

Abstract: The aim of this study was to establish an anesthetic method for accurate body length measurement. We investigated the anesthetic effect of menthol on different-sized (large, 42.37 g $\pm$ 1.99 g; medium, 22.91 g $\pm$ 1.03 g; small, 12.09 g $\pm$ 1.51 g) *Apostichopus japonicus* juvenile sea cucumbers in different concentrations and at different water temperatures (11, 13, 15, 17, 19, 21 $^{\circ}$ C). The results showed that the anesthetic effect of menthol took effect quickly and the recovery rate reached 100% at concentrations less than 4%. The anesthetic time and recovery time were significantly different for large individuals at concentrations of 0.25%, 0.5%, and 1%, but they were not significantly different for medium-sized and small ones. Within the temperature range from 11 $^{\circ}$ C to 19 $^{\circ}$ C, the anesthetic time for sea cucumbers was shortened from 15.62 min $\pm$ 1.31 min to 12.17 min $\pm$ 0.21 min, while the recovery time increased from 13.61 min $\pm$ 4.85 min to 28.10 min $\pm$ 7.35 min. The anesthetic effect was significantly different at different temperatures ($P<0.05$). It was unfit for anesthetization because the status of the sea cucumber was abnormal when the temperature was higher than 21 $^{\circ}$ C. These results suggest that, within the temperature range from 11 $^{\circ}$ C to 21 $^{\circ}$ C, the effective anesthetic concentration of menthol is approximately 0.5% to 1% for individuals with body weight greater than 20 g and approximately 0.25% to 0.5% for individuals less than 20 g in body weight.

(本文编辑: 梁德海)