

中国对虾雌虾的心率及有关 影响因素的研究*

孙修涛 李 健 王清印 刘德月

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

提要 1996年4月初在青岛近海采捕成熟中国对虾雌虾,观察其在产卵期间的心率变化以及惊扰、温度、光照等条件对其心率的影响。结果表明,成熟雌虾的心率在静态时约为38—75次/min,且与温度呈正相关;在受到惊扰时,心率急剧升至为静态水平的1.5倍,约30min后回落到静态水平;产卵前2—4h,雌虾心率开始逐渐升高,产卵时达到130—150次/min,约为静态心率的2—3倍,产卵后2—4h回落到静态水平。光照刺激对心率的影响与一般性惊扰有相似的结果。此外,夜间心率较白天高一些。

关键词 中国对虾 心率 产卵

学科分类号 S968.22

心率是一个重要的生物学参数,在对动物的生理状况和应激反应进行测试时,常被作为主要指标之一。目前国内外有关对虾生物学的研究,多数是基于对虾的起伏状况和运动频度来衡量对虾所处的应激状态(Dall, 1958, 1986; Egusa, 1961; Hughes, 1972),但尚未见到有关对虾心率的研究报道。本文报告惊扰、温度、光照等有关因素对中国对虾成熟雌虾心率的影响,以及雌虾在产卵前后心率的变化规律的研究结果,以期为中国对虾雌虾的应激生理的研究提供新的更直观的指标,并找到一个较准确地预测雌虾产卵时间的方法。

1 材料和方法

1.1 材料

实验用虾为海捕成熟中国对虾(*Penaeus chinensis*)雌虾(以下简称雌虾),于1996年4月初捕自青岛近海。蓄养在本所小麦岛实验基地的室内水泥池内,所用海水均经沉淀、砂滤,采用流水并在池上覆盖黑色遮光帘。饵料以活沙蚕为主,辅以新鲜蛤蜊肉。实验前4—5h将雌虾从蓄养池移入容积为500L的黑色塑胶桶中,环境光强为10—20lx,遮盖黑色遮光帘。实验观察均在塑胶桶中进行。

1.2 方法

实验于1996年4—5月进行。使用电子秒表和具有聚焦功能的小功率聚光灯(用实体

* 国家攀登计划B资助项目,PD B-6-2-3号。孙修涛,男,出生于1962年12月,硕士,助理研究员, E-mail: aquadis@ns.qd.sd.cn

收稿日期: 1998-03-26, 收修改稿日期: 1998-08-18

显微镜照明灯代用)。测试心率时,尽量避免惊扰,首先将光圈关小,在将光点打在雌虾背面心脏部位后,调整光圈至可清楚观察心脏搏动为止,打开秒表计数,统计 30s 的心率再乘 2 即为每分钟心率。实验过程中避免光线直接照射雌虾眼部。

惊扰对心率的影响:惊扰是对虾经常遇到的一种刺激因素,首先测出惊扰前实验雌虾的静态心率,然后用一个短柄软捞网将其捞起,移入水温相同的实验桶中,保持雌虾在网里面。分别测定其经惊扰后第 1min、10min、30min 和 60min 的心率,测出惊扰后雌虾心率回落到静态水平所需时间。

温度刺激对心率的影响:采用梯度升温法,由自然海水温度(13.5℃)开始,每次加热升温约 1℃,每次升温完毕后,维持恒温 1h,其间每 15min 测 1 次心率,共测 4 次,计算平均值。光照对心率的影响:首先测出起始心率,然后用 500 lx 灯光照射 5min,照射结束立即测心率,每 5min 测 1 次,直到接近起始心率为止。雌虾产卵前后心率变化的观测与夜间观察产卵行为同时进行。

2 结果

2.1 雌虾心率的昼夜变化

表 1 所示为 10 尾雌虾心率的平均值在一个昼夜里的变化,可看出雌虾在夜间的心率明显高于白天,说明雌虾在夜间较活跃,与其生物学习性相符。实验时,光照强度白天约

表1 雌虾心率(次/min)的昼夜变化

Tab.1 The diurnal variation of heart rate of female *P. chinensis*

观测时刻	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
平均心率	46.7	55.4	59.6	56.3	61	67	68.2	72.2	73.8	73.2	72	68.6
标准差	6.1	19.1	13.2	13.9	9.2	14.6	14.3	11.5	9.2	6.6	10.2	7.2

为 15lx,夜间低于 10lx;水温白天为 12.4℃,夜间为 12.3℃。

2.2 惊扰对成熟雌虾心率的影响

雌虾受到惊扰后,其心率明显加快,而且特别活跃,显示雌虾已处应激状态。表 2 分别列出惊扰前,惊扰后 1min、10min、30min 和 60min 的心率。可以看出,雌虾受到惊扰 10min

表2 成熟雌虾受到惊扰前后的心率(次/min)变化

Tab.2 The variation of heart rate (HR) of mature female *Penaeus chinensis* before and after perturbation

项目	水温(℃)	A对虾	B对虾	C对虾	平均心率
惊扰前(静态)	13.8	76	72	74	74
惊扰后1min	13.8	102	102	114	106
惊扰后10min	14.0	114	110	102	105
惊扰后30min	14.2	72	68	52	64
惊扰后60min	14.4	60	64	—	62

表3 惊扰对雌虾心率(次/min)的影响(17℃, n=6)

Tab.3 The effect and resume of perturbation on heart rate of the female *Penaeus chinensis* (17℃, n=6)

观测时刻	0:00	0:05	0:10	0:15	0:20	0:25	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30
心率	121.8	118.2	117.2	114.8	110.5	109.7	107.8	104.8	101.7	97.2	90.8	87.2	96.2
标准差	13.6	14.8	17.3	16.8	21.1	17.4	20.8	16.6	16.0	11.1	17.0	18.4	10.6

内的心率约为静态时心率的 1.5 倍,30min 后基本回落到静态水平。因此,此后的实验均以操作 30min 后心率作为排除惊扰影响后的基准心率。

表 3 所示为 6 尾雌虾在 17℃ 水温下,惊扰对心率的影响及惊扰后心率回落的过程,其初始静态心率为 96 次/min。

2.3 温度刺激对心率的影响

表 4 示 5 尾雌虾经过梯度升温后在每个温度梯度上测得的 1h 内 4 次心率平均值的变化情况,可见 5 组数据升降趋势基本一致。一般来说,当温度最高(19℃)时,雌虾的心率最高;随着温度的下降,心率减缓。

表4 5尾雌虾在不同温度梯度上的心率(次/min)

Tab.4 The heart rates of five female shrimp in different temperature level

水温 (℃)	5尾雌虾的心率				
	A	B	C	D	E
13.5	73	78	70	83	75
15	87	94	90	93	66
16	99	103	106	99	80
17	108	112	115	105	109
18.6	120	110	114	123	112
19	134	129	135	143	135
17.5	108	128	138	114	117
16.7	108	120	129	115	106

2.4 光照对雌虾心率的影响

实验前的雌虾蓄养在遮光条件下,光照强度为 20—50lx。首先测出初始心率,然后用灯光(光强约 500lx)直接照射 5min 后再测其心率,结果如图 1a 所示。光照后 30—40min 心率可基本恢复正常,与一般性惊扰的恢复时间相同。图 1a 中虚线表示光照前的静态心率,实线表示雌虾心率的变化。光照开始时刻为 0:05,结束时刻为 0:10,此后是雌虾心率回落过程。因实验水温较高(17.2℃),故初始心率也较高。

2.5 雌虾在产卵前后的心率变化

雌虾在临近产卵时心率会逐渐加快。以单尾雌虾为例,在蓄养温度为 13.5℃、产卵前约 2h(18℃)、产卵中(18℃)及产卵后 4h(13.5℃)时,分别测量其心率,图 1b 所示为单尾雌虾产卵前后的心率变化。由图 1b 可知,产卵期间雌虾的心率较产卵前明显提高(产卵时间为 22:00)。

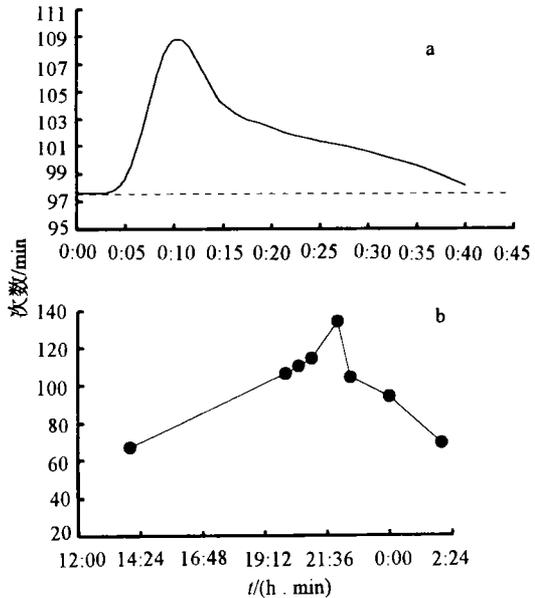


图1 光照对雌虾心率的影响(a)和单尾雌虾产卵前后(b)的心率变化

Fig.1 The influence of the light on the heart rate of female shrimp (a) and variation of heart rate of the mature female during spawning (b)

3 讨论与结语

3.1 惊扰对雌虾心率的影响

绝大多数常见的对虾为夜行性动物,并且在白天潜底(Dall *et al.*, 1990)。Egusa(1961)测量了潜底日本对虾(*Penaeus japonicus*)的耗氧量,发现潜底对虾的耗氧量明显低于非潜底的个体。

Dall(1986)发现,静止的食用对虾(*Penaeus esculentus*)在白天的标准代谢率与Egusa(1961)所测潜底日本对虾的代谢率相似,摄食和爬行使耗氧量增加45%,而游泳大约增加130%或更多。这些例子说明对虾的运动状态直接影响了代谢率,而对虾的运动状态明显地受到外界因子的影响。中国对虾成熟雌虾在没有惊扰和条件急变的低温(13—16℃)暗环境中,通常是静卧不动的,此时的心率一般为30—45次/min;若因觅食或其它轻微的惊扰而引起雌虾短暂游动,心率一般可达45—75次/min;雌虾在受到捕捉等较强惊扰时,心率急速升高到100—120次/min;在惊扰消失后,视惊扰的强弱和持续时间,约经30min回落到静态水平。因此,心率较好地反映了雌虾的运动状态,可以作为衡量雌虾代谢率和所处应激状态的直观量化指标。

3.2 温度刺激对雌虾心率的影响

由于对虾是变温动物,因此,水温能明显地影响对虾的运动和代谢率。滑背新对虾(*Metapenaeus mastersii*)在冬天不太活跃,在春季温度上升时又恢复活动,表明温度影响了这种对虾潜底的时间(Dall, 1958)。Dall(1986)测量过不同体重食用对虾在15—32.5℃范围内耗氧量/温度的对数关系,结果表明,随着温度的上升,食用对虾的耗氧量在对数坐标系中呈线性上升关系。李健等(1993)观察到中国对虾的摄食量随水温的升高而增加,到30℃时达到最大值。温度对雌虾心率有明显的影响,温度高心率也高。对虾处在高心率状态时,其运动也更加频繁。

3.3 光照对雌虾心率的影响

对虾是洄游性动物,生物钟和节律在其生命活动中非常重要,有的对虾种类的生物钟还不止一个,如桃红对虾(*Penaeus duorarum*)既表现出光生理节律,又表现出潮汐节律(Hughes, 1972)。中国对虾的昼夜节律在其心率上也有明显的表现,以凌晨0—4时的心率最高。光惊扰能明显提高雌虾的心率,将30—50lx遮光条件下的雌虾用450—500lx的光照射5min,雌虾的心率提高了12%。这里的光照主要是作为一种刺激因子来起作用。

3.4 产卵与雌虾心率的关系

雌虾产卵是特殊的生理活动,需要更多的能量消耗,因此,产卵时其心率必然提高。经观察,最高可提高到静态心率的2—3倍,为一般惊扰所不能达到。由于雌虾心率在产卵前2h左右即开始升高,因此,通过心率检测可以预报雌虾的产卵时间,为生产管理提供直接观察指标。在本实验中采用心率指标挑选产卵实验虾,均取得预期结果。

综上所述,中国对虾成熟雌虾的心率受到自身生理状态和环境因子的综合影响。可以认为,心率的上述变化规律与雌虾的内分泌密切相关,其机理有待进一步研究。

致谢 青岛海洋大学96届毕业生原涛、甘凯、张艳同志参加了部分工作,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 李 健, 孙修涛, 赵法箴, 1993. 水温和溶解氧含量对中国对虾摄食影响的观察. 水产学报, 17(4): 333—336
- Dall W, Hill B J, Rothlisberg P C *et al* 著, 1990, 陈楠生, 李新正, 刘 恒等译, 1992. 对虾生物学. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 334—383
- Dall W, 1958. Observations on the biology of the greentail prawn, *Metapenaeus mastersii* (Haswell)(Crustacea: Decapoda: Penaeidae). Austr J Mar Fre Res, 9: 111—134
- Dall W, 1986. Estimation of routine metabolic rate in a penaeid prawn, *Penaeus esculentus* Haswell. J Exp Mar Biol Ecol, 96: 57—74
- Egusa S, 1961. Studies on the respiration of the "Kuruma" prawn, *Penaeus japonicus* Bate. II. preliminary experiments on its oxygen consumption. Bull Jpn Soc Sci Fish, 27: 650—659
- Hughes D A, 1972. On the endogenous control of tide-associated displacements of pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. Biol Bull, 142: 271—280

STUDIES ON THE HEART RATE AND CORRELATIVE INFLUENCING FACTORS OF THE MATURE FEMALE SHRIMP, *PENAEUS CHINENSIS*

SUN Xiu-tao, LI Jian, WANG Qing-yin, LIU De-yue

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract The heart rate of the mature female shrimp *Penaeus chinensis* responds to some stimulants, such as water temperature, light and agitation, and can be used to estimate the spawning time of the shrimp. The experiment was conducted in 1995—1996. The mature female shrimp was captured from the Yellow Sea of China, and reared in marine laboratory of Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences. The shrimp was fed with Polychaeta and clams. Sand-filtered seawater was used in the experiment.

The main conclusions about the alteration of heart rate of the mature female shrimp in the spawning season as follows: (1) Under the conditions of no agitation, water temperature 13—16°C and dark, the shrimp was often still on the bottom of rearing tanks and the heart rate varied between 38—75 / min in response to temperature changes. When feeding or little swimming it would be 45—75 / min, sometimes might reach to over 90 / min. (2) The heart rate would rise rapidly to 100—120 / min; when the shrimp was captured or agitated strongly, the highest rate was 121 ± 13.6 / min in 17°C water. After the agitation, the heart rate declined to the initial level in a period of time, which varied with the strength of the agitation. (3) The temperature has a noticeable effect on heart rate. According to the test for 5 shrimps, the heart rate increased by about 10 / min with a rise of 1°C in water temperature within the range of 13—19°C. (4) Light may stimulate the shrimp and raise the heart rate. The heart rate increased from 97 / min to 109 / min by

the action of a 5min lighting with a 500lx project lamp; 30min are required to recover the initial rate. (5) The heart rate of the shrimp has a diurnal circadian. It was higher at night during the day time. The highest rate existed at 0:00—4:00 am. (6) The rate rises 2—3 hours before spawning. The highest rate appears at spawning (130—150 / min), and it needs 2—4 hours to decline to the initial level after spawning.

The heart rate of the mature female shrimp is synthetically affected by physiological and ecological factors described above. On the basis of such an observation, a precise foretell of spawning time has been used successfully for the arrangement of the tests.

Key words *Penaeus chinensis* Heart rate Spawning

Subject classification number S968.22

《海洋与湖沼》学报简介

《海洋与湖沼》学报遵循科学技术要面向经济建设的宗旨, 倡导不同学术观点的争鸣, 开展国内外学术交流, 以繁荣学术、提高研究水平; 报道最新科研成果, 为促进科学技术的发展和加速社会主义现代化建设服务; 发挥老科学家的指导作用、中年科技人员的骨干作用, 热情扶植青年学者, 以利于科技人才的尽快成长, 从而不断壮大科技力量。

《海洋与湖沼》学报, 系海洋湖沼科技领域综合性的学术刊物, 以报道基础研究、应用基础研究论文为主, 同时重视应用研究、开发研究成果的发表; 论文涉及水圈范围内的物理学、化学、地质学、环境学、生物学等学科及其分支学科的研究报告、研究简报、高新技术、学术争鸣、综述、学术简讯、科学家简介、书评等栏目。对于发明创造和同国计民生有重大关系的研究成果、带有崭新学术观点的论文, 特别是青年学者的优秀论文, 将予以优先刊登。

《海洋与湖沼》学报选登学科前沿和生长点的论文, 以及发明创造、国家自然科学基金资助项目、国家重大攻关项目、各部委基金资助项目、填补空白项目的研究成果, 尤其欢迎不同学术观点交锋的论文。对具重大创见性的自选课题的论文同样重视。

《海洋与湖沼》学报于 1957 年创刊, 由中国海洋湖沼学会主办, 中国科学院海洋研究所承办。第一任主编为中国科学院院士、第三世界科学院院士曾呈奎教授, 第二任主编为中国科学院院士、中国科学技术协会全国委员会委员刘瑞玉研究员, 现任主编为中国科学院院士、国际第四纪委员会亚太地区副主席、中国海洋湖沼学会理事长秦蕴珊研究员。由于一向注重高水平、高质量, 为学术交流、国家建设、人才成长作出引人注目的贡献, 因而刊物在国内外均享有较高声誉。1988—1996 年获省部级以上优秀科技期刊奖 8 项, 最高为国家二等奖。双月刊, 定价: 12.00 元。

全国各地邮局发行, 邮发刊号 CN37-1149。

本刊编辑部