

温度对鲮鱼(*Cirrhinus molitorella*)的呼吸运动和心电图的影响

黄溢明 车凌云 马际春

(生物学系)

鲮鱼是我国华南地区重要的淡水养殖鱼类,这种鱼对温度变化比较敏感,当冬季温度下降至6—7°C时,往往难以越冬而大量死亡。本文目的是研究不同水温对鲮鱼的呼吸运动和心脏机能的影响。

材料与方 法

实验工作是一九八〇年七月至八月在广东省顺德县桂州公社鱼苗场进行的。实验用鱼的平均体重为 256.67 ± 7.39 克,雌雄兼有。实验装置如图1所示。水簇箱容积为20立升,天然西江河水(pH6.8—7.0)。实验时用鱼泵不断向水中输入空气,用加热棒和添加冰块控温。先将鱼移入水簇箱内,在鱼头后方背部装上描记呼吸运动的机械——电换能器⁽¹⁾。再将引导心电的有效电极(1.5厘米长的绝缘钢针)从腹面两胸鳍之间的后方向前斜插至腹腔内,参考电极插入背鳍后方的肌肉内。两组导线分别与四导程热笔式记录仪输入端相接。让鱼在水中自由游动,以每秒5、25及50毫米三种纸速同时描记它们在各种不同水温(30—25—20—15—10°C)的条件下鳃盖呼吸运动曲线和心电图。温度梯度下降速度约为5°C/30分钟,各个梯度温度恒定10分钟后才开始进行记录。记录时周围环境保持安静,并用不透光硬纸板包围水簇箱,以免鱼受外界因子的惊扰。

结 果

一、水温梯度下降对鲮鱼呼吸运动的影响

不同水温对鲮鱼呼吸运动的影响列于表一,表中数值是由15—20个数据的平均值。图2是在不同水温时描记的鲮鱼(12号)呼吸运动曲线。从图2可以看出,鲮鱼的呼吸运动有两种形式:一种是鳃盖运动(单峰曲线);另一种是洗涤运动(双峰曲线)。在多次鳃盖运动之后有规律的出现一次洗涤运动。

表一的结果表明,鲮鱼的呼吸运动频率及幅度从30°C到10°C之间随温度下降而降低。呼吸运动频率的温度系数(Q_{10})均大于1,并稳定在2—3之间。可见,呼吸运动频率受温度的影响极为显著。

鲮鱼的洗涤运动频率自30°C至20°C也随同温度的下降而有所减少,但在15°C及10°C时,其频率则改变不大。洗涤运动的温度系数(Q_{10})的变化也不规则。因此可以认

为, 洗涤运动并不直接受温度的影响, 与机体代谢过程无关, 其作用是清除口腔及鳃上所积聚的污物。

表 1 温度对鲮鱼呼吸运动的影响

水温℃	30	25	20	15	10
呼吸运动频率 (次/分)	256.5±13.01	174.5±13.76	101.5±5.76	69.25±0.29	40.91±2.42
呼吸运动频率 下降值(%)		32.23	60.58	73.11	84.11
呼吸运动幅度 (m.m)	16.25±1.16	12.58±0.90	9.83±0.83	7.50±0.86	5.08±0.84
呼吸运动幅度 下降值(%)		22.56	39.49	53.85	68.72
洗涤运动频率 (次/分)	6.69±0.55	3.82±0.64	3.01±0.76	2.0±0.34	2.02±0.40
洗涤运动频率 下降值(%)		42.96	55.04	70.11	69.74
呼吸运动频率 的 Q_{10}	2.16	2.96	2.15	2.87	
洗涤运动频率 的 Q_{10}	3.07	1.61	2.27	0.98	

注: 下降值(%)是与30℃时相比;

$$Q_{10} \text{ 是温度系数, } Q_{10} = \left(\frac{\text{高温速度}}{\text{低温速度}} \right)^{\frac{10}{\text{高温}-\text{低温}}}$$

二、水温梯度下降对鲮鱼心电图的影响

鲮鱼心电图(图 3)具有P波, QRS综合波及T波。但Q及S波不明显。心电图资料表明, 水温下降对鲮鱼心电图有明显的影响(见表 2)。主要表现在:

表 2 温度对鲮鱼心电图的影响

温度(℃)	30	25	20	15	10
心率(次/分)	126.14±5.73	99.08±5.16	56.92±4.84	28.46±2.59	14.38±1.23
心率下降值(%)		21.45	54.86	77.44	88.59
R波幅度(mm)	4.18±0.89	4.08±0.90	3.55±0.91	2.77±0.52	2.46±0.30
R波幅度下降值(%)		2.39	15.14	33.86	41.11
P—Q间期(秒)	0.06±0.004	0.07±0.004	0.068±0.008	0.076±0.008	0.161±0.027
Q—T间期(秒)	0.166±0.023	0.197±0.017	0.272±0.034	0.395±0.062	0.787±0.132

注: 心率 = $\frac{60 \text{秒}}{R-R \text{间期}}$, 幅度1mm = 0.1mv, 下降值(%)是与30℃时相比。

1. R—R波间隔时间显著延长。也就是说，鲮鱼的心跳频率随温度的下降而明显降低。
2. R波的波幅也随温度的下降而降低，说明水温下降导致心室的兴奋性下降。
3. P—Q间期延长，它反映水温下降导致兴奋从心房向心室传导发生阻滞；Q—T间期延长，表示心室肌肉正常代谢过程因温度下降而受到障碍。
4. 当水温10℃时，还观察到有些鲮鱼的心电图呈现T波倒置(图3)，这是急性心肌缺血的象征。

讨论与小结

我们的实验表明，在温度15℃—10℃时，不仅观察到呼吸运动频率和幅度的明显下降，而且有些鲮鱼还表现出呼吸运动的节律失常(时快时慢)，幅度不稳(时高时低)。这说明鲮鱼在该种温度条件下，呼吸运动发生紊乱，正常的呼吸机能受到破坏。

实验结果还表明，温度梯度下降对心电图的影响也是很明显的，它不仅表现为心率随温度下降而逐渐减慢，反映心肌兴奋性的R波降低，而且出现兴奋传导阻滞、代谢失调，甚至会呈现急性心肌缺血。

上述鲮鱼呼吸运动和心电图的变化，可以看成是对环境温度一种适应性反应⁽²⁻⁷⁾。这种反应在一定范围内是可逆的。实验时观察到，受降温处理后的鲮鱼呼吸运动微弱，活动缓慢，多数停留在水簇箱底部不大活动，这时如果水温逐步回升，鱼的呼吸运动逐步增强，又重新四处游动。但是如果降温幅度大，持续时间长，超过鲮鱼的生理适应性所能忍受的程度，就有可能危害鱼的正常生命活动。这是由于低温使呼吸运动频率和幅度长时间减慢和降低，经口腔流入的单位水量随之减少。同时，低温又会引起鳃部的微血管收缩，气体交换的表面积也减少，依靠水流经过鳃部所获得的氧气量也相应地减少。这样，使机体细胞的氧化过程和供氧过程之间的正常协调关系受到破坏，对机体代

谢特性，特别是心肌代谢过程将产生不良的影响，进而妨碍了心脏的正常节律性活动，心脏机能障碍反过来又引起血液供氧能力和参予呼吸运动的肌肉的工作能力进一步降低，最后的结果是出现呼吸困难，心力衰竭。我们认为，这可能是鲮鱼在冬季低温条件下发生死亡的一个重要因素。诚然，在自然条件下，鱼类由于低温而引起死亡的原因是非常复杂的⁽⁸⁻¹¹⁾，为了揭露鲮鱼越冬时出现死亡的原因，还必须进行全面深入的研究。

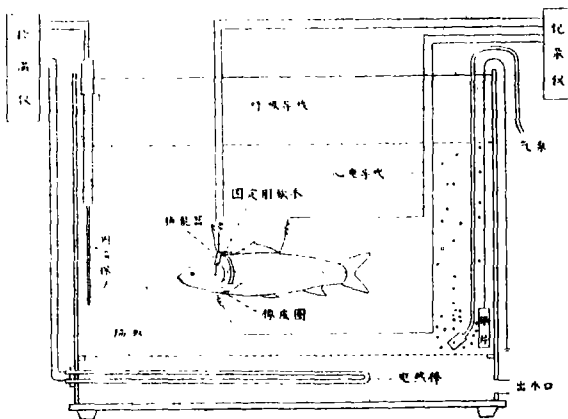


图1

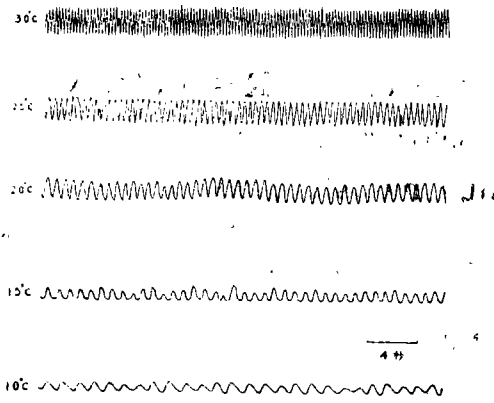
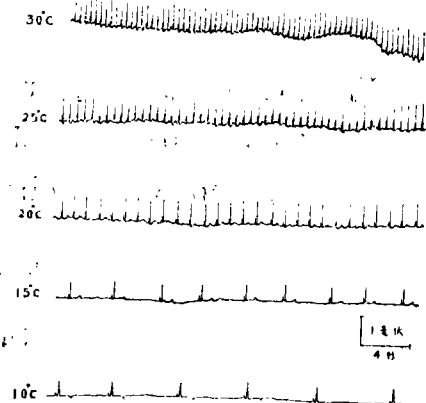


图2 温度对鲮鱼呼吸运动的影响

图3 温度对鲮鱼心脏电活动
(EKG)的影响

参 考 文 献

- [1] 马际春, 牟凌云、黄溢明, 一种简易的描记鱼类呼吸运动的机械-电换能器, 中山大学学报, 3(1981), 123—124.
- [2] 陈乐才, 温度对吴郭鱼呼吸之影响, 中国水产, 台湾, 104 (1961), 2—7.
- [3] Meuwis, A. L., and Heuts, M. J. Temperature dependence of breathing rate in carp, Biol. Bull. 112 (1957), 97—107.
- [4] Пегель В.А. и Реморов В.А., О роли внешней среды в формировании и особенностях проявления терморегуляторных реакций у рыб, В кн.: «Обмен веществ и биохимия рыб» м. наука, (1967), 198—205.
- [5] Аминёва В.А. и др., Электрометрический метод одределения динамики ад-алтационных процессов рыб к факторам внешней среды, Вк кн.: «Современные вопросы экологической физиологии рыб» М. наука, (1979), 96—101.
- [6] Пегель В.А. и Реморов В.А., Влияние охлаждения и нагревания воды на ЭКГ и содержание оксигемоглобина в крови у рыб, адаптированных к определенной температуре среды, Научн. докл. выш. школы. Сер. Биол. науки, 3(1963), 54—57.
- [7] Строганов Н. С., 鱼类对环境温度的生理适应, 科学出版社, (1961), 25—55.
- [8] Meyer D.K. et al., water and electrolyte balance of goldfish under condition of apoxia, cold and inanition, Amer. J. physiol., 184(1956), 3, 553—556.
- [9] Houston A.H., Some observation on water balance in goldfish *Carassius auratus* L. during cold death, Canad. J. Zool. 40(1962), 7, 1169—1174.
- [10] Остроумова И.Н. и др., О нарушении постоянство внутренней среды у се-голетков карпа под влиянием низкой температура в период зимовки, В кн.: «Современные вопросы экологической физиологии рыб» М. наука, (1979), 246—249.
- [11] Штерман Л.Я., Некоторые особенности водно-солевого обмена се-голетков карпа и форели при низкой температуре, В кн.: «Современные вопросы эко-логической физиологии рыб» М. наука, (1979), 88—92.

The Influence of Temperature on the Respiratory Movements and the Electrocardiogram in Mud Carp (*cirrhinus molistorella*)

Huang Yiming, Mou Linyun, Ma Jichun

Summary

1. Under the condition of free action in water the respiratory movements and the electrocardiogram (EKG) of fishes were simultaneously recorded on the polygraph.
2. The respiratory movements of the Mud Carp are gradually decreased in frequency and implitude when the water temperature decreases by degrees (30°C, 25°C, 20°C, 15°C, 10°C).
3. The temperature decreased from 30°C to 10°C causes major abnormal changes in EKG of Mud Carp. In experimental animals, the implitude of R wave is decreased, the intervals between the R-R waves, interval of the P-Q, interval of the Q-T are prolonged. But, T wave inversion was found in EKG at temperature 10°C.
4. These results suggest that the Mud Carp was more sensitive to lower temperature. The disturbance of the respiratory movement and the abnormality of heart beat is probably one of the factors causing the death of Mud carp at Chilling temperature in winter.