

埋植雌二醇对养殖中华鲟雌性幼鱼血清生理指标的影响

刘涛^{①②} 陈细华^{①②*} 李创举^① 叶欢^{①②} 李罗新^① 沈丽^① 刘永涛^①

① 中国水产科学院长江水产研究所 武汉 430223; ② 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306

摘要:用硅橡胶作载体,将剂量 30 mg/kg 的雌二醇 (estradiol) 埋植入人工养殖 11 龄、平均体重 46.00 kg 的雌性中华鲟 (*Acipenser sinensis*) 的背部肌肉内。埋植前及埋植后的第 30、120、200 天从尾部取血,测定血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白、甘油三酯、总胆固醇、血糖和卵黄蛋白原的含量。结果显示,与对照组相比,除血糖含量无显著变化外,实验组鱼血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白、甘油三酯、总胆固醇和卵黄蛋白原的含量显著升高。此结果为进一步探索外源物质促进中华鲟卵巢发育的可能途径奠定前期基础。

关键词:雌二醇;中华鲟;血清;生理指标

中图分类号:Q492 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)04-82-07

Effects of Implanted Estradiol on Serum Physiological Indices of Female Juvenile Chinese Sturgeon (*Acipenser sinensis*)

LIU Tao^{①②} CHEN Xi-Hua^{①②*} LI Chuang-Ju^① YE Huan^{①②}

LI Luo-Xin^① SHEN Li^① LIU Yong-Tao^①

① Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Wuhan 430223;

② College of Fisheries and Biology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Estradiol (E_2) at dose of 30 mg/kg was implanted in back muscle of cultured female Chinese Sturgeon (*Acipenser sinensis*) (age: 11 years old; average body weight: 46 kg). Serum was sampled from the tail of fish before implantation and 30 days, 120 days and 200 days after implantation. The serum concentrations of total protein (TP), albumin (ALB), globulin (GLB), triglyceides (TG), total cholesterol (TCH), glucose (GLU), vitellogenin (VTG) were measured. The results showed that the concentrations of TP, ALB, GLB, TG, TCH, VTG, except for GLU, in serum in the treated group were significantly higher than those in control group. These preliminary data are useful for searching for the exogenous substance to accelerate ovarian development of Chinese Sturgeon.

Key words: Estradiol; Chinese Sturgeon (*Acipenser sinensis*); Serum; Physiological indices

我国 I 级重点保护野生动物中华鲟 (*Acipenser sinensis*) 是大型鱼类,在海中生长,主要在长江中繁殖,性成熟时间长,特别是雌性性成熟年龄达 14~26 年,雌性成熟个体体重一般在 100 kg 以上^[1]。中华鲟的人工繁殖和增殖放流取得了一定的成效,全人工繁殖也已实现^[2],但未形成规模。监测结果表明,养殖 11

年的中华鲟的性腺仍然处于 II 期^[3]。如能采

基金项目 长江水产研究所所长基金项目,国家自然科学基金基金项目 (No. 30571411);

* 通讯作者, E-mail: chenxh@yfi.ac.cn;

第一作者介绍 刘涛,男,硕士研究生;研究方向:水生生物学; E-mail: liut_1986@sina.cn。

收稿日期:2011-12-01,修回日期:2012-02-28

取生理、生态措施促进中华鲟的性腺发育,将有助于全人工繁殖技术的完善,但到目前为止尚未检索到这方面的科技文献。

目前已经知道,雌二醇(estradiol, E_2)等雌激素可以促进罗氏沼虾(*Macrobrachim rosenbergii*)^[4]、中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)^[5-6]、日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)^[7]的卵巢发育,能刺激鱼类的肝(胰)脏合成和分泌卵黄蛋白原(vitellogenin, VTG)^[8-11]。注射 E_2 能够刺激1龄中华鲟肝胰脏VTG基因的表达^[12]。 E_2 也会影响鱼类的其他血液指标^[13-15]。在激素处理方式上,与注射法和投喂法相比,埋植法虽然较复杂,但其药效更持久^[16]。

本实验从雌性中华鲟幼鲟入手,运用硅橡胶作载体,将 E_2 埋植入中华鲟背部肌肉内,观察中华鲟血液中包括VTG在内的各生化指标的变化,试图为进一步探索外源物质促进中华鲟卵巢发育的可能途径奠定前期基础。

1 材料与方 法

1.1 实验材料 实验鱼为1999年繁育出生的中华鲟F1代,由福建厦门中华鲟保护基地提供,养殖在该基地。2010年10月通过外科手术检查其性腺性别及其发育状况,挑选12尾健壮雌性实验鱼,平均体重46.00 kg。为实现单尾跟踪观察,每尾进行体内PIT数码标识。为便于表述,根据不同的PIT数码,将12尾鱼依次编号1~12号。

E_2 药剂及其埋植方法:将 E_2 (购自Sigma公司)和硅橡胶(购自道康宁公司)按一定比例混合,倒入模具(长×宽×深=100.0 cm×1.0 cm×0.7 cm)中成型。成型后的胶条中 E_2 含量为120 mg/cm。2010年12月,通过外科手术将预先制好的硅橡胶胶条埋植入实验鱼背部的肌肉内,而后缝合伤口。胶条长度10~20 cm不等。

1.2 实验设计 实验鱼分为实验组和对照组,各6尾,2组鱼养殖在同一水泥池(长×宽×深

=35 m×13 m×2 m,水深1.3 m)中,不同个体通过PIT码识别。对照组(CK组)埋植未加 E_2 的硅橡胶,编号1~6,平均体重47.30 kg,平均全长200.20 cm。实验组(E_2 组)埋植加有 E_2 的硅橡胶,编号7~12,平均体重45.58 kg,平均全长198.67 cm。根据每尾个体的体重,调节胶条的长度,使 E_2 占体重的剂量为30 mg/kg。这个剂量是根据文献^[16]数据以及我们的前期预实验结果确定的。

1.3 采样与测定方法 将埋植当天记为实验的第0天,在实验的第0、30、120、200天,用10 ml注射器(预先用肝素钠溶液润湿)逐尾从尾部取血5 ml,4℃静置,离心,取上层血清,-20℃保存备用。

测定的生化指标包括:总蛋白(total protein, TP)、白蛋白(albumin, ALB)、球蛋白(globulin, GLB)、总胆固醇(total cholesterol, TCH)、甘油三酯(triglycerides, TG)、血糖(glucose, GLU)、卵黄蛋白原(vitellogenin, VTG)。

用碱不稳定性蛋白磷结合法^[17]测定VTG的含量;测定TG、GLU和TCH的试剂盒购自上海名典生物工程有限公司;其他试剂盒购自南京建成科技有限公司。

实验前和120天时称量各尾鱼的体重。

1.4 数据处理 用Excel和Spss软件对实验数据进行统计和分析,数据均用平均值±标准差(Mean±SD)表示。

2 结 果

2.1 血清中蛋白含量的变化 12尾中华鲟血清中蛋白含量见表1,分组统计于图1。CK组中ALB、GLB和TP的含量在实验期间变化不显著。与CK组相比, E_2 组中ALB、GLB和TP的含量显著增加,第30、120和200天时的值都达到了显著性差异。随着时间的变化, E_2 组中ALB含量呈上升趋势;GLB和TP含量在第200天时有所下降,但未达到显著性程度。

表 1 埋植雌二醇后不同时间每尾中华鲟血清白蛋白、球蛋白和总蛋白含量
Table 1 The serum ALB, GLB and TP concentrations in each individual of *Acipenser sinensis* at different times of E₂ implantation

指标 Indices	组别 Groups	个体编号 No. of individual	时间 Time (d)			
			0	30	120	200
白蛋白 Albumin (g/L)	CK	1	10.01 ± 2.15	10.88 ± 0.62	10.11 ± 0.46	12.94 ± 0.46
		2	8.27 ± 0.62	9.24 ± 1.08	11.75 ± 0.92	13.59 ± 0.83
		3	10.33 ± 2.31	10.77 ± 1.09	12.07 ± 0.15	12.29 ± 0.15
		4	10.98 ± 0.15	13.16 ± 1.69	14.36 ± 0.31	15.77 ± 0.15
		5	10.11 ± 0.77	10.22 ± 0.63	11.75 ± 1.23	12.62 ± 0.01
		6	8.05 ± 1.23	7.83 ± 0.23	17.94 ± 3.23	14.46 ± 0.15
	E ₂	7	10.90 ± 1.33	30.19 ± 1.31	41.22 ± 1.15	42.96 ± 0.15
		8	7.94 ± 0.46	25.45 ± 1.54	46.52 ± 1.13	38.40 ± 0.62
		9	10.31 ± 0.74	22.84 ± 1.46	42.52 ± 1.38	40.87 ± 0.77
		10	9.24 ± 1.38	21.72 ± 1.15	34.79 ± 1.23	40.78 ± 0.77
		11	10.33 ± 0.77	24.25 ± 1.77	40.70 ± 2.31	44.15 ± 0.62
		12	9.74 ± 0.42	28.53 ± 1.54	41.15 ± 1.20	44.70 ± 1.38
球蛋白 Globulin (g/L)	CK	1	15.49 ± 1.58	14.14 ± 1.18	12.00 ± 0.35	9.53 ± 0.23
		2	13.53 ± 1.41	13.20 ± 0.40	9.30 ± 0.038	9.80 ± 0.02
		3	8.89 ± 1.74	10.62 ± 0.21	10.96 ± 0.064	10.02 ± 0.84
		4	9.45 ± 1.52	8.96 ± 0.81	12.64 ± 0.49	6.24 ± 0.06
		5	11.20 ± 3.16	9.48 ± 0.96	10.71 ± 0.77	12.64 ± 0.45
		6	8.12 ± 0.75	8.09 ± 1.46	9.44 ± 0.34	10.55 ± 0.07
	E ₂	7	14.85 ± 0.94	70.37 ± 1.26	88.85 ± 2.33	62.86 ± 1.06
		8	16.73 ± 1.14	72.11 ± 1.31	77.55 ± 2.58	78.97 ± 1.77
		9	10.21 ± 0.88	82.85 ± 2.01	70.27 ± 2.07	88.57 ± 1.37
		10	15.93 ± 2.18	71.90 ± 1.27	90.73 ± 3.04	89.11 ± 1.07
		11	12.43 ± 0.48	76.61 ± 1.01	75.12 ± 2.83	81.61 ± 1.77
		12	14.03 ± 1.05	47.72 ± 2.11	80.50 ± 2.24	60.75 ± 2.64
总蛋白 Total protein (g/L)	CK	1	25.50 ± 0.57	25.01 ± 0.57	22.12 ± 0.11	23.41 ± 0.23
		2	21.80 ± 0.80	22.44 ± 1.48	21.05 ± 0.45	20.30 ± 0.085
		3	19.22 ± 0.57	21.39 ± 1.14	29.03 ± 0.80	28.31 ± 0.68
		4	20.43 ± 1.36	22.12 ± 1.12	21.00 ± 0.80	22.01 ± 0.91
		5	21.31 ± 2.39	19.71 ± 0.34	28.95 ± 0.68	25.25 ± 0.45
		6	16.17 ± 0.98	15.92 ± 0.23	20.38 ± 0.55	19.01 ± 0.30
	E ₂	7	25.75 ± 1.71	100.56 ± 0.57	130.07 ± 2.39	105.82 ± 1.91
		8	24.67 ± 1.69	97.56 ± 0.23	124.07 ± 2.73	117.37 ± 2.39
		9	20.52 ± 1.57	105.68 ± 0.45	112.79 ± 1.69	129.44 ± 1.14
		10	25.17 ± 0.80	93.62 ± 0.41	125.52 ± 1.62	129.89 ± 3.30
		11	22.76 ± 1.25	100.86 ± 0.23	115.82 ± 1.63	125.76 ± 2.39
		12	22.91 ± 1.48	76.25 ± 0.57	121.65 ± 1.62	105.44 ± 1.25

2.2 血清中脂类含量的变化 在整个实验期间,CK 组中 TG 和 TCH 含量虽有所变化,但都未达到显著性差异(表 2,图 2)。随着时间的变化,E₂ 组中 TG 和 TCH 含量在第 30 天时就达到了显著性差异;与第 30 天的值相比,第 120 天及 200 天时的 TG 和 TCH 含量也达到了

显著性差异,但第 120 天和 200 天时,指标之间无显著性差异。

2.3 血清中血糖含量的变化 CK 组和 E₂ 组的血糖含量变化趋势相同, GLU 含量在第 120 天时为最小,CK 组和 E₂ 组中 GLU 含量始终无显著性差异(表 3,图 3)。

表 2 埋植雌二醇后不同时间每尾中华鲟血清甘油三酯、总胆固醇浓度
Table 2 The serum TG and TCH concentrations in each individual of *Acipenser sinensis* at different times of E₂ implantation

指标 Indices	组别 Groups	个体编号 No. of individual	时间 Time(d)			
			0	30	120	200
甘油三酯 Triglyceides (mmol/L)	CK	1	1.80 ± 0.03	1.21 ± 0.01	1.02 ± 0.44	1.35 ± 0.03
		2	1.41 ± 0.00	0.79 ± 0.03	1.18 ± 0.06	1.69 ± 0.05
		3	0.59 ± 0.01	1.66 ± 0.21	2.39 ± 0.05	2.18 ± 0.19
		4	1.38 ± 0.03	1.07 ± 0.00	1.61 ± 0.08	1.57 ± 0.17
		5	1.82 ± 0.11	0.92 ± 0.01	1.77 ± 0.01	1.68 ± 0.28
		6	1.47 ± 0.06	1.04 ± 0.03	2.00 ± 0.06	1.66 ± 0.03
	E ₂	7	1.51 ± 0.00	2.70 ± 0.21	7.61 ± 0.11	14.42 ± 0.58
		8	1.14 ± 0.04	3.69 ± 0.32	7.44 ± 0.08	12.42 ± 0.11
		9	1.10 ± 0.11	3.97 ± 0.09	6.85 ± 0.14	12.46 ± 0.03
		10	0.88 ± 0.02	2.85 ± 0.12	8.37 ± 0.50	13.12 ± 0.06
		11	1.76 ± 0.01	2.63 ± 0.02	10.87 ± 0.93	10.48 ± 0.50
		12	1.28 ± 0.08	2.28 ± 0.07	8.24 ± 0.07	9.02 ± 0.01
总胆固醇 Total cholesterol (mmol/L)	CK	1	1.55 ± 0.05	1.16 ± 0.06	1.95 ± 0.01	2.01 ± 0.09
		2	1.54 ± 0.02	1.55 ± 0.02	1.18 ± 0.05	1.78 ± 0.07
		3	1.80 ± 0.01	1.40 ± 0.01	2.06 ± 0.04	1.46 ± 0.06
		4	1.06 ± 0.21	1.59 ± 0.06	1.68 ± 0.06	2.20 ± 0.18
		5	1.69 ± 0.17	1.84 ± 0.06	1.52 ± 0.11	1.69 ± 0.09
		6	1.22 ± 0.06	1.30 ± 0.03	1.78 ± 0.09	1.54 ± 0.36
	E ₂	7	1.74 ± 0.12	4.29 ± 0.22	18.15 ± 0.07	17.52 ± 1.53
		8	2.24 ± 0.13	3.78 ± 0.21	14.03 ± 0.18	10.54 ± 0.18
		9	1.49 ± 0.08	3.70 ± 0.16	14.20 ± 0.17	15.35 ± 0.05
		10	2.05 ± 0.16	2.84 ± 0.13	14.03 ± 0.09	11.78 ± 0.01
		11	1.57 ± 0.12	4.17 ± 0.26	13.69 ± 0.09	15.54 ± 0.36
		12	1.77 ± 0.17	2.67 ± 0.24	14.81 ± 0.45	17.94 ± 0.27

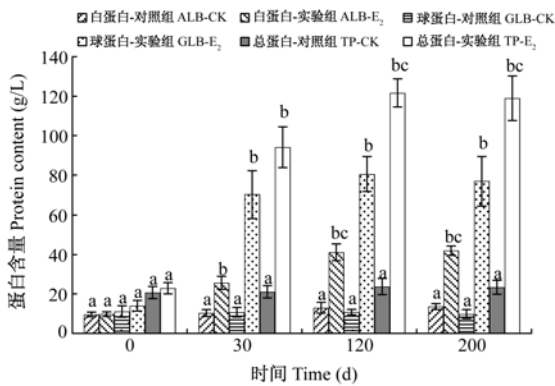


图 1 埋植雌二醇后中华鲟血清白蛋白、球蛋白和总蛋白含量变化

Fig. 1 Variation in serum ALB, GLB and TP concentrations in *Acipenser sinensis* implanted with E₂ for 0, 30, 120 and 200 days

图中的不同字母表示同组数据间有显著性差异(P < 0.05)。

Different letters in the same group mean significant difference at 0.05 level.

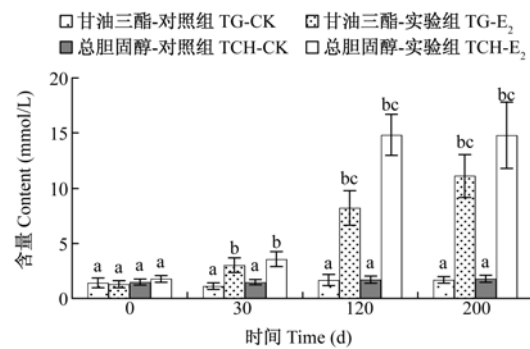


图 2 埋植雌二醇后中华鲟血清甘油三酯和总胆固醇浓度变化

Fig. 2 Variation in serum TG and TCH concentrations in *Acipenser sinensis* implanted with E₂ for 0, 30, 120 and 200 days

图中的不同字母表示同组数据间有显著性差异(P < 0.05)。

Different letters in the same group mean significant difference at 0.05 level.

表 3 埋植雌二醇后不同时间每尾中华鲟血清血糖浓度 (mol/L)

Table 3 The serum GLU concentration in each individual of *Acipenser sinensis* at different times of E₂ implantation

组别 Groups	个体编号 No. of individual	时间 Time (d)			
		0	30	120	200
CK	1	4.41 ± 0.05	3.17 ± 0.03	2.60 ± 0.11	3.13 ± 0.05
	2	3.33 ± 0.16	2.96 ± 0.05	2.18 ± 0.02	3.01 ± 0.03
	3	3.75 ± 0.11	2.96 ± 0.05	2.52 ± 0.05	2.98 ± 0.05
	4	2.41 ± 0.41	3.15 ± 0.09	2.27 ± 0.09	2.98 ± 0.05
	5	3.60 ± 0.32	2.89 ± 0.05	2.02 ± 0.02	2.82 ± 0.04
	6	2.72 ± 0.11	3.09 ± 0.32	2.44 ± 0.03	3.13 ± 0.07
E ₂	7	3.96 ± 0.23	3.04 ± 0.21	2.60 ± 0.02	4.31 ± 0.03
	8	4.45 ± 0.43	2.99 ± 0.01	2.52 ± 0.07	3.37 ± 0.07
	9	3.23 ± 0.16	3.30 ± 0.23	2.27 ± 0.14	3.76 ± 0.05
	10	4.29 ± 0.29	2.94 ± 0.29	2.35 ± 0.01	3.29 ± 0.11
	11	3.38 ± 0.23	2.83 ± 0.05	2.10 ± 0.02	2.90 ± 0.02
	12	3.71 ± 0.14	3.12 ± 0.50	2.37 ± 0.05	2.98 ± 0.05

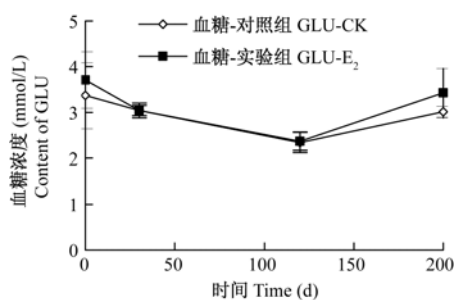


图 3 埋植雌二醇后中华鲟血清血糖浓度变化
Fig. 3 Variation in serum GLU concentration in *Acipenser sinensis* implanted with E₂ for 0, 30, 120 and 200 days

2.4 血清中 VTG 含量的变化 从表 4、表 5 中可以看出,在整个实验期间,CK 组中 VTG 含量无显著性差异。随着时间的变化,E₂ 组中 VTG 含量呈上升趋势,第 30 天时达到显著性差异,第 120 天和 200 天时达到极显著差异,但第 120 天和第 200 天时的 VTG 含量无显著性差异。

2.5 实验前后中华鲟体重的变化 实验前,CK 组鱼平均体重(47.30 ± 10.78)kg,E₂ 组鱼平均体重(45.58 ± 9.30)kg,二者无显著差异。在第 120 天称量时,CK 组鱼的平均体重增加,达到(57.58 ± 6.14)kg,而 E₂ 组略有下降,为(45.00 ± 7.62)kg,两者达到显著差异(P < 0.05)。

表 4 埋植雌二醇后不同时间每尾中华鲟血清卵黄蛋白原含量 (g/L)

Table 4 The serum VTG concentration in each individual of *Acipenser sinensis* at different times of E₂ implantation

组别 Groups	个体编号 No. of individual	时间 Time (d)			
		0	30	120	200
CK	1	4.33 ± 0.30	4.44 ± 0.80	2.06 ± 0.21	1.95 ± 0.02
	2	4.14 ± 0.07	5.72 ± 0.01	2.63 ± 0.40	3.69 ± 0.07
	3	4.83 ± 0.86	5.00 ± 0.14	2.79 ± 0.02	4.27 ± 0.45
	4	5.15 ± 0.50	5.56 ± 0.11	2.14 ± 0.05	6.15 ± 0.32
	5	4.65 ± 0.16	3.96 ± 0.12	4.69 ± 0.08	3.85 ± 0.12
	6	2.54 ± 0.36	4.04 ± 0.23	6.72 ± 0.12	2.23 ± 0.09
E ₂	7	5.65 ± 0.16	199.53 ± 2.50	302.52 ± 11.23	430.38 ± 23.54
	8	4.17 ± 0.84	229.19 ± 4.43	341.22 ± 20.91	292.67 ± 12.39
	9	3.25 ± 0.12	209.50 ± 11.60	435.73 ± 21.49	449.77 ± 29.56
	10	6.13 ± 0.75	174.48 ± 1.25	309.13 ± 12.59	433.55 ± 12.34
	11	4.75 ± 0.30	225.39 ± 9.21	418.02 ± 47.86	409.62 ± 4.55
	12	4.61 ± 0.05	155.40 ± 3.75	361.38 ± 23.41	456.95 ± 7.96

表 5 埋植雌二醇后中华鲟血清卵黄蛋白原含量变化 (g/L)
Table 5 Variation in serum VTG concentration in *Acipenser sinensis* implanted with E₂ for 0, 30, 120 and 200 days

组别 Groups	时间 Time (d)			
	0	30	120	200
CK	4.27 ± 0.92 ^a	4.79 ± 0.76 ^a	3.51 ± 1.84 ^a	3.69 ± 1.70 ^a
E ₂	4.60 ± 1.12 ^a	198.92 ± 29.05 ^b	361.38 ± 61.92 ^{bc}	412.16 ± 60.82 ^{bc}

不同上标字母表示同组数据间有显著性差异 ($P < 0.05$)。

Different letters in the same group mean significant difference at 0.05 level.

3 讨 论

本实验结果中,埋植雌二醇之前,中华鲟雌性幼鱼血清总蛋白、胆固醇、血糖含量与郑卫东等所测 1 龄中华鲟指标^[18]相近,与其他鲟科鱼类幼鱼的对应指标^[19-21]亦无大的差异。埋植雌二醇之后,总蛋白、白蛋白、球蛋白、甘油三酯、胆固醇和卵黄蛋白原等指标在第 30 天就有显著增加,第 120 天进一步增加,第 200 天与 120 天的指标无显著性差异,总体呈先上升后趋于平衡趋势。接近性成熟的施氏鲟 (*A. schrenckii*)^[22] 和已性成熟的斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*)^[23] 亲鱼血清中 TP 和 GLB 的含量都要显著高于幼鱼;卵巢发育处于Ⅲ期、Ⅳ期和Ⅴ期的野生中华鲟血清中 VTG 的含量都显著高于Ⅳ期时的含量^[24]。这说明在卵巢发育的过程中,蛋白质代谢加快,积累增加。在中华鲟的性腺发育过程中,脂类物质的积累占有很重要的地位,性腺的发育靠体内积累的脂类来转化^[25]。另外,雌二醇能反馈控制下丘脑促性腺激素释放激素的合成与释放及垂体促性腺激素的合成与释放,进而调控鱼类性腺的发育^[26]。本实验结果提示,外源性雌二醇也许可以促进中华鲟卵巢发育,当然这需要通过取卵检查等手段,进一步证实外源性雌二醇是否使得卵细胞的直径增大。但也有研究指出,投喂含雌二醇的饲料后,西伯利亚鲟 (*A. baerii*) 血清中的总胆固醇含量显著降低,推测可能是雌二醇影响体内脂肪合成,造成血液中总胆固醇含量降低^[15];短吻鲟 (*A. brevirostrum*) 性腺脂肪组织较空白组要小^[10]。

鱼类卵巢的发育阶段很大程度上是以卵黄

蛋白的积累来衡量的^[26]。雌二醇能够诱导鱼类卵黄蛋白原的产生,主要是由于雌二醇可以与肝中的雌激素受体结合,形成的受体蛋白复合物进入到细胞核中,结合到染色体上使卵黄蛋白原基因转录并表达^[27]。

本研究发现,埋植雌二醇后,中华鲟的体重有所减小。用雌二醇投喂西伯利亚鲟^[15]、杂交鲟 (*♀ Huso huso × ♂ A. ruthenus*)^[11] 也产生了相似结果。刘学讯等^[28] 对虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 的研究却发现,雌激素能促进虹鳟的生长,而李霞等^[29] 发现低剂量的雌二醇能够显著促进沙蚕 (*Perinereis aibuhitensis*) 的生长,但高剂量的影响却不明显。30 mg/kg 剂量的雌二醇也许对中华鲟的体重增长具有抑制作用。如果雌二醇能促进中华鲟性腺发育,那么利用雌二醇促进中华鲟性腺发育时,雌二醇的剂量问题,有待进一步研究和筛选。在我们的预备试验中,埋植 10 mg/kg 或 40 mg/kg 的雌二醇都能显著提高中华鲟血清中 VTG 的含量,但没有进一步观察其体重变化。另一方面,值得说明的是,在自然界,接近性成熟的中华鲟从东海进入长江后的 1~2 年时间里,不摄食,依靠体内储存的脂肪,完成性腺的最后成熟^[1],这意味着中华鲟的体重将会减小。人工养殖的中华鲟在外源物质的刺激下性腺发育时,体重减轻是否属于一种正常现象,有待进一步证实。

致谢 实验得到厦门中华鲟保护基地负责人李奕慰及其他员工的大力协助。

参 考 文 献

[1] 陈细华. 鲟形目鱼类生物学与资源现状. 北京: 海洋出

- 版社,2007: 95 - 102.
- [2] 郭柏福,常剑波,肖慧,等. 中华鲟初次全人工繁殖的特性研究. 水生生物学报,2011,35(6): 940 - 945.
- [3] Chen X H, Zhang Y Z, Wei Q W, et al. Observations on gonadal development of 7 - 11 year old Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* cultured in freshwater. Appl Ichthyol, 2011,27(2): 648 - 650.
- [4] 李广丽,朱春华. 三种药物诱导罗氏沼虾产卵. 上海水产大学学报,1996,5(1): 23 - 29.
- [5] 沈蓓杰,杨筱珍,成永旭,等. 17 α -羟基孕酮对性早熟中华绒螯蟹主要特征和卵巢发育影响的初步观察. 上海水产大学学报,2008,17(3): 268 - 273.
- [6] 沈蓓杰,杨筱珍,吴旭干,等. 外源 17 β -雌二醇对中华绒螯蟹 III - IV 期卵巢发育以及内源雌激素水平的影响. 上海海洋大学学报,2010,19(3): 289 - 295.
- [7] 林浩然,张梅丽,张素敏,等. 鳊鲮繁殖生物学研究 V. 性类固醇激素诱导雌鳊促性腺激素(GtH)分泌和卵巢发育的作用. 水生生物学报,1994,18(3): 272 - 279.
- [8] Palumbo A J, Linares-Casenave J, Jewell W, et al. Induction and partial characterization of California halibut (*Paralichthys californicus*) vitellogenin. Comp Biochem Phys: A, 2007,146(2): 200 - 207.
- [9] Liao T, Guo Q L, Jin S W, et al. Comparative responses in rare minnow exposed to 17 β -estradiol during different life stages. Fish Physiol Biochem, 2009,35(3): 341 - 349.
- [10] Shawn R F, Tillman J B. Effect of dietary estradiol-17 β in juvenile shortnose sturgeon, *Acipenser brevirostrum*, Lesueur. Aquaculture, 2007,270(1/4): 405 - 412.
- [11] Omoto N, Maebayashi M, Adachi S, et al. Sex ratios of triploids and gynogenetic diploids induced in the hybrid sturgeon, the bester (*Huso huso* female \times *Acipenser ruthenus* male). Aquaculture, 2007, 245 (1/4): 405 - 412.
- [12] Zhang Z B, Hu J Y, An W, et al. Induction of vitellogenin mRNA in juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray) treated with 17 β -estradiol and 4-nonylphenol. Environmental Toxicology and Chemistry, 2005, 24 (8): 1944 - 1950.
- [13] 温茹淑,方展强,陈伟庭. 17 β -雌二醇对雄性唐鱼卵黄蛋白原的诱导及性腺发育的影响. 动物学研究,2008, 29(1): 43 - 48.
- [14] 李云,朱志强,叶勤,等. 17 β -雌二醇对雄性瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)的雌激素效应. 海洋与湖沼, 2009,40(2): 195 - 200.
- [15] 庄平,田美平,张涛,等. 投喂雌二醇对西伯利亚鲟幼鱼生长及血液生化指标的影响. 海洋渔业,2010,32(2): 148 - 153.
- [16] 邓岳松,林浩然,谢骏,等. 埋植雄烯二酮(ADSD)包膜型药条诱导雌性日本鳊鲮性腺发育成熟的研究. 大连水产学院学报,2001,16(3): 163 - 167.
- [17] 林浩然,刘晓春. 鱼类生理学实验技术和方法. 广州: 广东高等教育出版社,2006.
- [18] 郑卫东,李大鹏. 中华鲟幼鱼的血液生化特性. 华中农业大学学报,2007,26(1): 95 - 97.
- [19] Shi X T, Li D P, Zhuang P, et al. Comparative blood biochemistry of Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, and Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*. Fish Physiology and Biochemistry, 2006,32(1): 63 - 66.
- [20] Asadi F, Halajian A, Pourkibir M, et al. Serum biochemical parameters of *Huso huso*. Comp Clin Pathol, 2006,15(4): 245 - 248.
- [21] Asadi F, Halajian A, Asadian P, et al. Serum lipid, free fatty acid, and proteins in juvenile sturgeons; *Acipenser persicus* and *Acipenser stellatus*. Comp Clin Pathol, 2009,18(3): 287 - 289.
- [22] 章龙珍,庄平,张涛,等. 人工养殖不同年龄史氏鲟的血液生化指标. 水产学报,2007,31(2): 159 - 164.
- [23] 张海发,王云新,林鑫,等. 斜带石斑鱼血液性状及生化指标的研究. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2004,(1): 102 - 107.
- [24] 张艳珍,陈细华,危起伟,等. 中华鲟血清卵黄蛋白原水平的初步观察. 淡水渔业,2008,38(5): 10 - 14.
- [25] 邓中彝,余志堂,许蕴珩,等. 中华鲟年龄鉴别和繁殖群体结构的研究. 水生生物学报,1985,9(2): 99 - 109.
- [26] 林浩然. 鱼类生理学. 广州: 广东高等教育出版社,1998.
- [27] Mommsen T P, Walsh P I. Vitellogenesis and oocyte assembly // Hoar W S, Randall D J. Fish Physiology: Volume XIA. New York: Academic Press,1988.
- [28] 刘学讯,孙研胜,黄燕平,等. 虹鳟鱼雌性化及其鱼子酱加工的初步研究. 动物学杂志,2000,35(2): 31 - 34.
- [29] 李霞,宋贞坪,王福景,等. 雌激素对双齿围沙蚕性比、生长和卵母细胞发育的影响. 大连海洋大学学报, 2011,26(2): 97 - 101.