

性类固醇激素诱导雌性日本鳗鲡性腺发育过程中钙和脂肪的动员^{*}

张利红¹, 张为民¹, 林浩然¹, 陈耀安²

(1. 中山大学生命科学学院, 广东 广州510275; 2. 香港大学动物系, 香港)

摘要: 7次埋植雄烯二酮(ADSD)或甲基睾酮(MT)后雌鳗的性腺成熟系数(GSI)显著升高, 分别达到 $(24.94 \pm 7.24)\%$ 和 $(18.67 \pm 7.56)\%$, 其肝体系数(HSI)也显著高于对照组; 雌鳗卵巢中钙和脂肪含量明显提高, 水分含量显著降低, 灰分含量没有明显变化; 肝脏中钙和脂肪含量也明显提高, 水分和灰分含量明显降低; 红肌和白肌中脂肪和灰分的含量则明显降低, 水分和钙含量无明显变化; 骨骼中钙含量明显降低, 水分含量显著增加, 脂肪和灰分的含量没有明显变化. 表明ADSD和MT促进了钙从骨骼中和脂肪从肌肉组织中的动员, 从而为雌性日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)的卵巢发育提供了物质基础.

关键词: 日本鳗鲡(*Anguilla japonica*); 雄激素; 钙; 脂肪

中图分类号: Q175 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2001)02-0086-03

日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)是一种经济价值很高的生殖洄游性鱼类. 仔鳗在河流中生长发育3~5年后, 于秋冬季成群地游向大海开始生殖洄游. 鳗鲡进入海水后, 性腺逐渐发育成熟, 在海洋中产卵. 在生殖洄游的过程中, 鳗鲡不摄食, 其物质和能量来源主要由身体的储存供给^[1]. 鳗鲡人工繁殖过程中, 一般模仿自然状态不投喂饵料. 研究表明: 外源激素(鱼类脑垂体匀浆、人绒毛膜促性腺激素、性类固醇激素等)处理可诱导日本鳗鲡的性腺成熟^[2,3], 但人工诱导日本鳗鲡性腺发育过程中, 鳗鲡身体组织的生化组成的研究较少, 而性类固醇激素处理后鳗鲡身体组织的生化组成的变化还未见报道. 本文采用间隔15 d多次埋植ADSD或MT的方法诱导雌性日本鳗鲡性腺发育, 通过测定卵巢、肝脏、肌肉、骨骼中水分、脂肪、灰分和钙含量的变化, 探讨性腺发育过程中的雌性日本鳗鲡身体储存物质的动员.

1 材料和方法

实验用鳗鲡为每年10—12月从广东省番禺市附近的珠江口选购的体质量为320~460 g的雌性下海日本鳗鲡. 蓄养在室内人工海水循环系统中. 人工海水采用中国科学院南海海洋研究所研制的水晶配制而成, 盐度为3.0‰~3.4‰, 自

然光照, 实验期间水温变化范围是15~26℃.

雄烯二酮(4-androstene-3, 17-dione)和甲基睾酮(17 α -methyl testosterone)为美国Sigma公司产品, 和硅塑料混合后制成1.5 mm×1.5 mm×30 mm的药条, 以每克体质量50 μ g的剂量, 间隔15 d埋植在鳗鱼腹腔内, 对照组埋植不含激素的硅塑料条. 第7次埋植15 d后, 解剖鱼体, 称量体质量、性腺质量和肝脏质量, 计算性腺成熟系数($GSI = \frac{\text{性腺质量}}{\text{体质量}} \times 100\%$)和肝体系数($HIS = \frac{\text{肝脏质量}}{\text{体质量}} \times 100\%$), 取卵巢、肝脏、红肌、白肌、骨骼各1 g存放在-20℃以备测量水分、脂肪、灰分和钙含量. 水分、脂肪、灰分和钙含量的测定参照文[4]的测定方法. 差异的显著性采用Student's *t*检验.

2 结果

2.1 埋植ADSD或MT对雌性日本鳗鲡性腺成熟系数和肝体系数的影响

如图1所示, 7次埋植ADSD和MT有效促进了雌鳗性腺发育, ADSD处理组和MT处理组的GSI极显著高于对照组, 分别达到 $(24.94 \pm 7.24)\%$ 和 $(18.67 \pm 7.56)\%$, 而对照组GSI仅为 $(1.83 \pm 0.36)\%$; ADSD处理组和MT处理组雌鳗的肝体系数分别为 $(2.33 \pm 0.35)\%$ 和 $(2.73 \pm$

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39770101); 高校博士点专项科研基金资助项目

收稿日期: 2000-09-21; 作者简介: 张利红(1968—), 女, 博士, 讲师, 通讯联系人: 林浩然.

0.82) %，明显高于对照组的 (1.60±0.38) %。

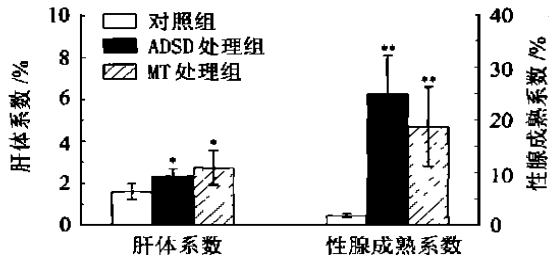


图 1 埋植 ADSD 或 MT 对雌性日本鳗鲡 GSI 和 HSI 的影响

Fig 1 Effects of implantation of ADSD or MT on GSI and HSI in female silver eel

各值表示为平均值±标准差 (n = 6);
* 显著高于对照组 (P < 0.05);
** 极显著高于对照组 (P < 0.01)

2.2 埋植 ADSD 或 MT 对雌鳗组织的生化成分的影响

2.2.1 埋植 ADSD 或 MT 对雌鳗组织中水分含量的影响 如图 2a 所示：7 次埋植 ADSD 或 MT 后性腺已明显发育的雌鳗，其性腺和肝脏中的水分含量显著降低；红肌和白肌中的水分含量无明显变化；骨骼中的水分含量显著增加。

2.2.2 埋植 ADSD 或 MT 对雌鳗组织中脂肪含量的影响 如图 2b 所示，经过 ADSD 或 MT 埋植 7 次后，雌鳗性腺中的脂肪含量显著增加，分别达到 (14.33±4.98) %和 (14.03±1.43) %，对照组仅为 (8.22±2.20) %；肝脏中的脂肪含量也显著增加，对照组为 (7.01±2.08) %，而 ADSD 处理组和 MT 处理组分别为 (23.74±7.04) %和 (21.88±6.99) %；红肌和白肌中的脂肪含量则明显的下降，对照组的红肌和白肌中的脂肪含量分别为 (13.35±4.58) %和 (12.77±3.65) %，ADSD 处理组的红肌和白肌脂肪含量分别为 (6.49±1.80) %和 (6.49±1.73) %，MT 处理组的红肌和白肌脂肪含量分别为 (5.78±2.07) %和 (6.08±2.42) %；骨骼中的脂肪含量则没有明显变化。

2.2.3 埋植 ADSD 或 MT 对雌鳗组织中灰分含量的影响 如图 2c 所示，埋植 7 次后，ADSD 处理组和 MT 处理组雌鳗性腺中的灰分含量没有明显变化；肝脏、红肌和白肌中的灰分含量明显降低；骨骼中的灰分含量没有明显变化。

2.2.4 埋植 ADSD 或 MT 对雌鳗组织中钙含量的影响 如图 2d 所示，埋植 7 次后，ADSD 处理

组和 MT 处理组雌鳗性腺中钙含量 (mg) 显著增加，分别达到 (51.32±13.87) %和 (43.10±14.87) %，对照组仅为 (8.65±1.47) %；肝脏中钙含量 (mg) 也显著增加，对照组为 (4.72±1.61) %，ADSD 处理组和 MT 处理组分别为 (33.09±6.75) %和 (28.73±3.44) %；红肌和白肌中钙含量无明显变化；骨骼中钙含量 (mg) 明显降低，对照组为 (1031.53±138.36) %，ADSD 处理组和 MT 处理组分别为 (703.33±101.46) %和 (782.01±95.07) %。

3 讨论

在雌鱼的卵巢发育过程中，肝脏在 17β E₂ 的诱导下合成和释放雌性特有的卵黄蛋白原^[5,9]。这些卵黄蛋白原经过血液运输，在促性腺激素作用下进入发育的卵母细胞，形成卵黄颗粒，从而促使卵巢逐渐成熟，GSI 逐渐增加。本实验中，埋植 ADSD 或 MT 后雌鳗 GSI 明显提高，这与我们以前报道的结果一致^[3,7]，同时，其 HSI 也明显升高，表明肝脏中卵黄蛋白原的合成和释放增加，以及卵巢中卵黄积累的增加。但在整个人工催产过程中，雌鳗没有进食任何食物，因此必然有营养物质从其他组织中转移到肝脏和卵巢中，以满足卵巢发育的物质需求。

埋植 ADSD 和 MT 后，雌鳗卵巢和肝脏中脂肪含量明显提高，红肌和白肌中脂肪含量则明显降低，这表明雌鳗性腺发育的过程中动员了肌肉中的脂肪，并把这些脂肪转移到肝脏与性腺中，参与了卵巢的生长发育。雌鳗在埋植 ADSD 和 MT 后，其卵巢和肝脏中钙含量显著增加，但骨骼中钙含量则明显降低，表明 ADSD 或 MT 在诱导雌鳗性腺发育的过程中，动员了骨骼中的钙，而且，这些钙被转移到雌鳗的肝脏和卵巢。因此，埋植 ADSD 和 MT 都能动员雌鳗体内存储的脂肪和钙，参与性腺发育成熟。

ADSD 是睾酮生物合成的前体，可转化为睾酮；睾酮和 MT 都可芳香化为 17β E₂。已有的研究表明：17β E₂ 不仅可促进肝脏中卵黄蛋白原的合成和释放，还可促使脂类从鱼体的脂肪储存中及钙从骨骼中调动出来^[6,8]。对虹鳟的研究还发现：其骨骼中存在 17β E₂ 受体，而且，17β E₂ 可能通过其受体影响骨骼中的钙和矿物质的含量^[9]。因此，在雌性日本鳗鲡中，埋植的 ADSD 或 MT 可能通过转化为 17β E₂，促进了钙从骨骼

中及脂肪从肌肉组织中的动员, 为雌性日本鳗鲡的卵巢发育提供了物质基础.

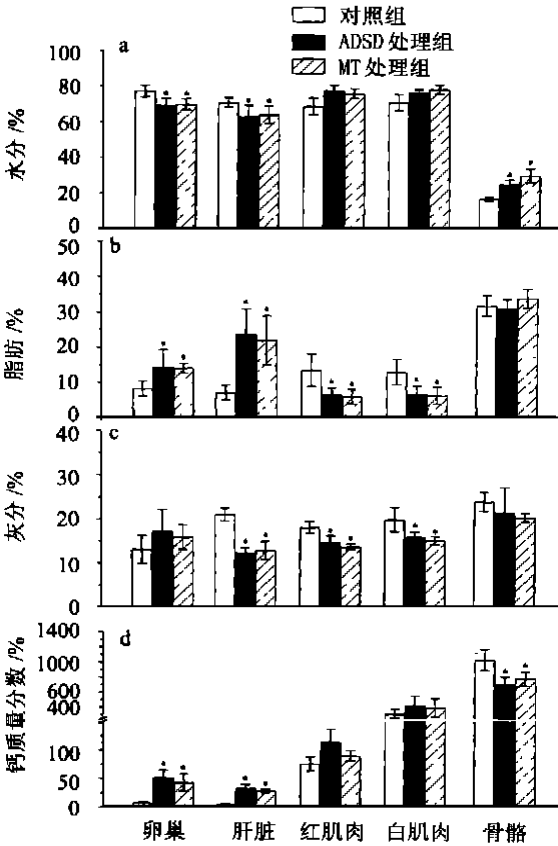


图 2 埋植 ADSD 或 MT 对雌性日本鳗鲡组织中水分、脂肪、灰分和钙含量的影响

Fig 2 Effects of implantations of ADSD or MT on water, fat, ash and calcium contents in the gonad, liver, white muscle, red muscle and bone of female silver eel
a 水分含量; b 脂肪含量; c 灰分含量; d 钙含量
各值表示为平均值±标准差
(对照组 $n = 5$; ADSD 处理组和 MT 处理组 $n = 6$)
* 显著高于对照组 ($P < 0.05$)

参考文献:

[1] 黄大明,陈世群. 鳗鲡的生活史和人工育苗技术探讨[J]. 动物学杂志, 1997, 32(3): 39— 48.
[2] 谢刚,祁宝伦,曾超,等. 鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 胚胎发育与水温 and 盐度的关系[J]. 中国水产科学, 1995, 2(4): 1— 7.
[3] LIN H R, XIE G, ZHANG L H, et al. Artificial induction of gonadal maturation and ovulation in the Japanese eel (*Anguilla japonica* T. ET S.) [J]. Bull Fr Peche Piscic, 1998, 349: 163— 176.
[4] 林鼎,毛永庆. 鱼类营养与配合饲料[M]. 广州: 中山大学出版社, 1987. 152— 161.
[5] PEYON P, BALOCHE S, BURZAWA GERARD E. Synthesis of vitellogenin by eel (*Anguilla anguilla* L) hepatocytes in primary culture: requirement of 17-beta-estradiol-priming[J]. Gen Comp Endocrinol, 1993, 91(3): 318— 329.
[6] 林浩然. 鱼类生理学[M]. 广州: 广东高教出版社, 1999. 181— 196.
[7] 张利红, 张为民, 林浩然. 雄烯二酮和甲基睾酮诱导雌性日本鳗鲡性腺发育的反馈调节作用[J]. 水产学报, 2000, 24(5): 407— 411.
[8] 林浩然,张梅丽,张素敏,等. 鳗鲡繁殖生物学研究 V. 性类固醇激素诱导雌鳗促性腺激素(GtH) 分泌和卵巢发育的作用[J]. 水生生物学报, 1994, 18(3): 272— 279.
[9] ARMOUR K J, LEHANE D B, PAKDEL F, et al. Estrogen receptor mRNA in mineralized tissues of rainbow trout: calcium mobilization by estrogen[J]. FEBS Lett, 1997, 411(1): 145— 148.

The Mobilization of Calcium and Fat during the Steroid Hormone induced Maturation of Female Japanese Eel (*Anguilla japonica*)

ZHANG Li hong¹, ZHANG Wei min¹, LIN Hao ran¹, CHEN D. K. O.²

(1. School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;

2. Zoology Department, Hongkong University, Hongkong)

Abstract: After 7 implantations of ADSD or MT, GSI and HIS of female silver eel were increased significantly compared to the sham-operated controls. Calcium and fat contents in the gonad and liver of the treated silver eel were increased, whereas calcium content of bone and fat contents of white muscle and red muscle were decreased significantly. These results suggested that the ADSD and MT-induced ovarian maturation of silver eel might involve the mobilization of calcium from bone and fat from muscle.

Keywords: *Anguilla japonica*; androgen; calcium; fat