

青岛沿海 24 种鱼类耳石称量特征与鱼体大小关系

王英俊^{1,2,3}, 吴莹莹^{1,2,3}, 邹 琰^{1,2,3}, 刘 童^{1,2,3}, 刘洪军^{1,2,3}, 宋爱环^{1,2,3}

(1. 山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266104; 2. 青岛市种质挖掘与利用工程实验室, 山东 青岛 266104, 3. 青岛市浅海底栖重点实验室, 山东 青岛 266104)

摘要: 研究中经常会用测量耳石称量特征推算饵料鱼类的形态参数, 而青岛沿海鱼类相关的研究较少, 因此作者根据 2015 年 3、5、8 月 3 个航次在青岛近海的拖网调查数据, 分析了捕获的 24 种共 1 002 尾鱼的耳石称量特征(耳石长、耳石宽和耳石质量)和鱼体大小(体长、体质量)的关系。结果表明, 渔获 24 种鱼类分属 5 个目、14 个科、24 种鱼类的体长体质量呈显著幂函数相关, 相关系数 R^2 的范围为 0.779~0.997, 幂指数 b 的范围为 2.376~3.591, 平均值为 3.048 ± 0.327 , 其中黄鲫(*Setipinna taty*)等 11 种鱼类的 b 值均大于 3($P < 0.05$), 为正异速生长, 其余 13 种鱼类的 b 值小于 3($P < 0.05$), 呈负异速增长。耳石宽-鱼体长的相关性比耳石长-鱼体长的相关性要好, 仅有 3 种鱼(饰鳍斜棘鱼街(*Repomucenus ornaticipinnis*)、矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)和焦氏舌鳎 *Cynoglossus lighti*)未呈现显著相关关系。在耳石质量-鱼体质量的相关关系中, 9 种鱼(如皮氏叫姑(*Johnius belengerii*)、扁斜棘鲷(*Repomucenus planus*)、石鲈(*Kareius bicoloratus*)呈显著相关(只是列举了一部分), 5 种鱼(锦鲷(*Pholis nebulosus*)、矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)、斑尾刺虾虎鱼(*Synechogobius ommaturus*)、焦氏舌鳎(*Cynoglossus lighti*))在现有样品情况下未呈现显著相关关系。

关键词: 青岛近海; 鱼类; 耳石; 称量特征

中图分类号: Q954-33

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2018)08-0048-08

DOI: 10.11759/hyhx20180428001

鱼类耳石是位于硬骨鱼内耳膜迷路中的一种碳酸钙成分的结石, 主要功能是维持鱼体平衡和接收声音。研究表明, 鱼类耳石外部形态稳定, 且特征常具有科、亚科、属、种的鉴别特征^[1], 且耳石具有代谢惰性, 即元素经过食物和鳃进入鱼体内, 最终一旦在耳石沉积下来, 便很难被再吸收^[2], 因此不管是在形态上还是在成分组成上, 耳石比其他组织更加稳定。所以耳石可以作为一种天然的生物标签而记录鱼类的生活史和生活环境的变化。目前, 耳石的研究应用涵盖了鱼类年龄的鉴定^[3]、早期生活史、徊游、种群和群体的识别^[4]、养殖鱼类和野生鱼类的区分^[5]、环境监测等诸多领域^[6]。

鱼类耳石大小及鱼体的其他信息分析可作为鱼类种群鉴定、年龄分析、摄食研究及数量评估的一种有效手段^[7-9]。青岛近海是许多鱼类非常重要的产卵场和索饵场^[10]。鱼类体长和耳石尺寸的关系可通过建立线性回归方程描述, 但是对青岛近海鱼类的耳石大小和体长关系的研究较少, 缺乏相关的研究结果。作者选择了 24 种青岛近海底拖网鱼类作为研究对象, 分析每种鱼类的体长、体质量与耳石称量特征(耳石长、耳石宽、

耳石质量)的相关关系, 并建立回归方程, 以期对鱼类的摄食生态学及营养动力学研究提供基础资料。

1 材料方法

1.1 样品采集

样品采自 2015 年 3 月、5 月和 8 月在青岛海域的底拖网调查(图 1), 拖网速度为 2~3 kn, 鱼类样本种类的鉴定依据《黄渤海鱼类图志》和《中国鱼类系

收稿日期: 2018-04-28; 修回日期: 2018-06-27

基金项目: 水产经济生物种质资源数据库建立及种质评价应用(2017-2020); 山东省重要海水养殖生物种质保存与技术评价研究(2016GSF115007); 青岛市海洋生物种质资源发掘与利用公共服务平台(2016-2018)

[Foundation: Establishment of Biological Germplasm Resource Database of Aquatic Biology and Application of Germplasm Evaluation(2017-2020); Conservation and Evaluation Technical Research on Germplasm of Important Mariculture Organisms in Shandong Province, No. 2016GSF115007; Public Service Platform for Exploration and Utilization of Marine Germplasm Resources of Qingdao(2016-2018)]

作者简介: 王英俊(1982-), 女, 山东青岛人, 助理研究员, 博士, 从事鱼类种质资源研究, 电话: 0532-82675359, E-mail: wangyingjun11@126.com; 宋爱环, 通信作者, 电话: 0532-82675359, E-mail: zjusah@163.com

统检索》^[11, 12], 按照最新的《海洋调查规范》^[13]进行生物学测定: 使用鱼类测量板测定样品鱼体长(L), 精确到 mm; 体质量(W)精确到 g; 将鱼类的左、右矢耳石取出, 清洗干燥后, 编号记录置于离心管中保存。

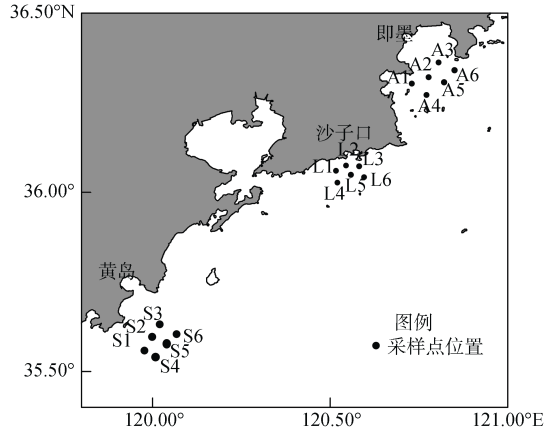


图 1 采样地点图
Fig. 1 Sampling location

1.2 耳石测量

采用 Olympus SZX10 系统拍摄耳石照片, 放大倍

数分别为 1、2、3、4×; 用 Image Pro Plus 图像分析软件, 测量耳石的长度(OL)和宽度(OW), 精确至 0.01 mm; 采用 SQP Practum224-1cn 电子天平称量耳石质量(OW), 精确至 1 mg。其中, 耳石长度是指平行于耳石主凹槽的耳石前后端最大长度^[7], 耳石宽度是指垂直于主凹槽从耳石背侧到腹侧的最大宽度^[8]。

1.3 数据分析

T 检验结果表明, 24 种样品鱼类左右矢耳石的形态参数均无显著差异($P>0.05$), 因此作者选取各个鱼种的左耳石进行分析。

根据 Keys 公式 $W=aL^b$ 计算各个鱼种体长与体质量的关系^[14], 式中 W 为体质量(g), L 为体长(cm), a 为条件系数, b 为回归系数。

根据公式 $L=a \times OL + \beta$, $L=a \times OW + \beta$ 及 $W=a \times OW + \beta$ 计算鱼类样品的体长和耳石尺寸的关系以及体质量和耳石质量的关系, 其中 W 表示总质量(g), L 表示体长(cm), OL 表示耳石尺寸, OW 表示耳石质量, a 和 β 分别表示条件系数和回归系数(表 1)。

表 1 标本信息表

Tab. 1 List of the species

| 科 | 种 | 标本量/ 尾 | 体长/ mm | 体质量/ g | 耳石长/ mm | 耳石宽/ mm | 耳石质量/ mg |
|-------------------------|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| 康吉鳗科(Congridae) | 星康吉鳗(<i>Conger myriaster</i>) | 20 | 144~158 | 86.1~112.1 | 4.18~4.77 | 1.91~2.10 | 6.5~9.1 |
| 鳀科(Engraulidae) | 黄鲫(<i>Setipinna taty</i>) | 35 | 135~150 | 16.8~28.3 | 3.56~4.53 | 2.76~3.07 | 7.8~9.7 |
| 鲷科(Scorpaenidae) | 许氏平鲷(<i>Sebastes schlegeli</i>) | 40 | 53~119 | 3.00~48.25 | 2.95~5.46 | 1.53~3.02 | 2.2~16.6 |
| 六线鱼科 (Hexagrammidae) | 大泷六线鱼 (<i>Hexagrammos otakii</i>) | 94 | 66~186 | 4.5~55.0 | 1.30~2.93 | 0.84~1.38 | 0.4~1.7 |
| 天竺鲷科 (Apogonidae) | 细条天竺鲷(<i>Apogon lineatus</i>) | 54 | 48~66 | 3.3~10.0 | 3.57~5.29 | 2.65~3.91 | 10.0~23.3 |
| 石首鱼科 (Sciaenidae) | 皮氏叫姑(<i>Johnius belengerii</i>) | 49 | 55~90 | 21.2~51.6 | 3.68~4.87 | 3.10~4.52 | 2.39~10.42 |
| 线鲷科(Stichaeidae) | 日本眉鲷 (<i>Chirolophis japonicus</i>) | 39 | 92~168 | 5.5~56.7 | 1.58~2.29 | 0.88~1.30 | 0.8~2.3 |
| 锦鲷科(Pholidae) | 方式锦鲷(<i>Pholis fangi</i>) | 60 | 101~159 | 2.4~23.5 | 0.88~2.17 | 0.58~1.19 | 0.2~1.0 |
| | 锦鲷(<i>Pholis nebulosus</i>) | 71 | 154~295 | 14.4~129.9 | 1.57~2.08 | 1.07~1.34 | 0.8~2.2 |
| 玉筋鱼科 (Ammodytidae) | 玉筋鱼 (<i>Ammodytes personatus</i>) | 22 | 60~91 | 0.8~2.6 | 0.90~1.45 | 0.55~0.79 | 0.1~0.4 |
| 鱼衔科 (Callionymidae) | 扁斜棘鱼衔 (<i>Repomucenus planus</i>) | 36 | 75~163 | 4.4~40.8 | 2.05~3.86 | 0.92~1.74 | 0.9~4.1 |
| | 饰鳍斜棘鱼衔 (<i>Repomucenus ornatipinnis</i>) | 36 | 85~138 | 6.2~22.2 | 2.28~2.81 | 1.04~1.36 | 1.4~2.4 |
| | 本氏斜棘鱼衔 (<i>Repomucenus beniteguri</i>) | 28 | 85~133 | 5.4~19.6 | 2.20~4.39 | 0.99~2.83 | 1.0~5.4 |
| 虾虎鱼科(Gobiidae) | 矛尾虾虎鱼 (<i>Chaeturichthys stigmatias</i>) | 52 | 62~145 | 1.2~16.8 | 7.08~9.81 | 3.97~6.52 | 7.1~15.0 |

续表

| 科 | 种 | 标本量/ 尾 | 体长/ mm | 体质量/ g | 耳石长/ mm | 耳石宽/ mm | 耳石质量/ mg |
|--------------------|---|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| 虾虎鱼科(Gobiidae) | 斑尾刺虾虎鱼 (<i>Synechogobius ommaturus</i>) | 22 | 69~128 | 1.2~10.3 | 5.01~5.91 | 3.61~4.38 | 14.9~20.7 |
| | 小头栉孔虾虎鱼(<i>Ctenoprypauchen microcephalus</i>) | 35 | 36~84 | 0.1~1.9 | 1.18~2.35 | 0.74~1.92 | 0.5~3.1 |
| | 拉氏狼牙虾虎鱼 (<i>Synechogobius hasta</i>) | 20 | 75~113 | 4.7~11.3 | 3.94~5.60 | 2.79~3.89 | 10.9~22.4 |
| | 髯缟虾虎鱼 (<i>Tridentiger barbatus</i>) | 25 | 61~85 | 6.0~13.5 | 2.60~2.97 | 1.78~2.01 | 2.9~4.0 |
| | 六丝钝尾虾虎鱼 (<i>Chaeturichthys hexanema</i>) | 44 | 51~104 | 1.5~10.5 | 5.59~10.25 | 4.42~7.21 | 4.8~19.5 |
| | 普氏缙虾虎鱼(<i>Amoya pflaumi</i>) | 36 | 33~49 | 0.4~1.6 | 1.38~2.46 | 1.18~2.05 | 0.9~3.9 |
| | 长丝虾虎鱼 (<i>Cryptocentrus filifer</i>) | 84 | 45~89 | 0.9~8.7 | 1.38~2.46 | 1.35~2.17 | 0.9~4.1 |
| 鲟科(Sphyreanidae) | 油鲟(<i>Sphyræna pinguis</i>) | 49 | 76~124 | 2.2~11.9 | 1.81~3.29 | 0.88~1.29 | 0.6~2.0 |
| 鲾科(Pleuronectidae) | 石鲾(<i>Kareius bicoloratus</i>) | 22 | 50~132 | 2.2~52.9 | 1.53~3.49 | 1.13~2.41 | 0.6~7.2 |
| 舌鳎科(Cynoglossidae) | 焦氏舌鳎(<i>Cynoglossus lighti</i>) | 49 | 91~173 | 2.9~26.9 | 1.79~2.45 | 1.39~1.82 | 1.5~7.1 |

2 实验结果

2.1 体长与体质量的相关关系

作者研究共计 1 002 个鱼类样本, 属于 14 属、24 个种, 其中除锦鲷科 2 种、鱼衔科 3 种、虾虎鱼科 8 种外, 其他科都是 1 科 1 种, 样品量由 20(星康吉鳎)到 84(斑尾刺虾虎鱼)。结果表明, 24 种鱼类的体长与体质量均呈现显著的幂指数关系($P < 0.05$), 回归系数的范围为 2.376~3.591, 平均值为 3.048 ± 0.327 , 并且绝大多数 b 值(24 种鱼类中的 21 种)位于 2.5~3.5^[15], 玉筋鱼的 b 值最小为 2.376, b 值最大的方式锦鲷为 3.591; 黄鲫等 11 种鱼类的 b 值均大于 3($P < 0.05$), 为正异速生长, 其余 13 种鱼类的 b 值小于 3($P < 0.05$), 呈负异速增长。除了玉筋鱼之外, 所有样本的 R^2 值均大于 0.8, 其中石鲾最高为 0.997(表 2, 图 2)。

2.2 体长与耳石长、耳石宽的相关关系

在 24 种鱼类样本的体长与耳石长的相关关系均呈正相关, 其中许氏平鲉、石鲾、小头栉孔虾虎鱼、扁斜棘鱼衔、油鲟 5 种鱼的 R^2 值大于 0.8, 回归方程的拟合关系较好, 而锦鲷、饰鳍斜棘鱼衔、矛尾虾虎鱼和焦氏舌鳎相关关系不甚显著。体长与耳石宽的相关关系也为正相关, 其中 6 种鱼的 R^2 值大于 0.8, 回归方程的拟合关系较好, 3 种鱼的相关关系不甚显著(图 3)。

24 种鱼种有 20 种鱼的体长与耳石长和耳石宽的回归方程的 R^2 值比较接近, 剩下 4 种鱼类 R^2 相差

表 2 回归分析表

Tab. 2 The regression equations

| 种 | 体长与体质量相关关系 | R^2 |
|---------|------------------------|-------|
| 星康吉鳎 | $W = 2.0E-06L^{3.538}$ | 0.969 |
| 黄鲫 | $W = 9.1E-07L^{3.420}$ | 0.952 |
| 许氏平鲉 | $W = 4.4E-06L^{3.403}$ | 0.983 |
| 大泷六线鱼 | $W = 2.3E-05L^{2.927}$ | 0.968 |
| 细条天竺鲷 | $W = 1.1E-05L^{3.260}$ | 0.838 |
| 皮氏叫姑 | $W = 7.6E-05L^{2.619}$ | 0.829 |
| 日本眉鲷 | $W = 2.0E-06L^{3.332}$ | 0.990 |
| 方式锦鲷 | $W = 1.9E-07L^{3.591}$ | 0.834 |
| 锦鲷 | $W = 1.0E-06L^{2.941}$ | 0.904 |
| 玉筋鱼 | $W = 4.9E-05L^{2.376}$ | 0.779 |
| 扁斜棘鱼衔 | $W = 1.8E-05L^{2.872}$ | 0.990 |
| 饰鳍斜棘鱼衔 | $W = 9.0E-06L^{2.980}$ | 0.917 |
| 本氏斜棘鱼衔 | $W = 2.0E-05L^{2.826}$ | 0.910 |
| 矛尾虾虎鱼 | $W = 8.8E-06L^{2.882}$ | 0.916 |
| 斑尾刺虾虎鱼 | $W = 2.2E-06L^{3.176}$ | 0.839 |
| 小头栉孔虾虎鱼 | $W = 7.4E-07L^{3.343}$ | 0.966 |
| 拉氏狼牙虾虎鱼 | $W = 6.7E-05L^{2.577}$ | 0.878 |
| 髯缟虾虎鱼 | $W = 1.2E-04L^{2.635}$ | 0.978 |
| 六丝钝尾虾虎鱼 | $W = 4.6E-05L^{2.659}$ | 0.897 |
| 普氏缙虾虎鱼 | $W = 1.3E-05L^{2.984}$ | 0.835 |
| 长丝虾虎鱼 | $W = 1.3E-05L^{2.947}$ | 0.932 |
| 油鲟 | $W = 1.8E-06L^{3.234}$ | 0.907 |
| 石鲾 | $W = 7.4E-06L^{3.218}$ | 0.997 |
| 焦氏舌鳎 | $W = 3.0E-06L^{3.078}$ | 0.930 |

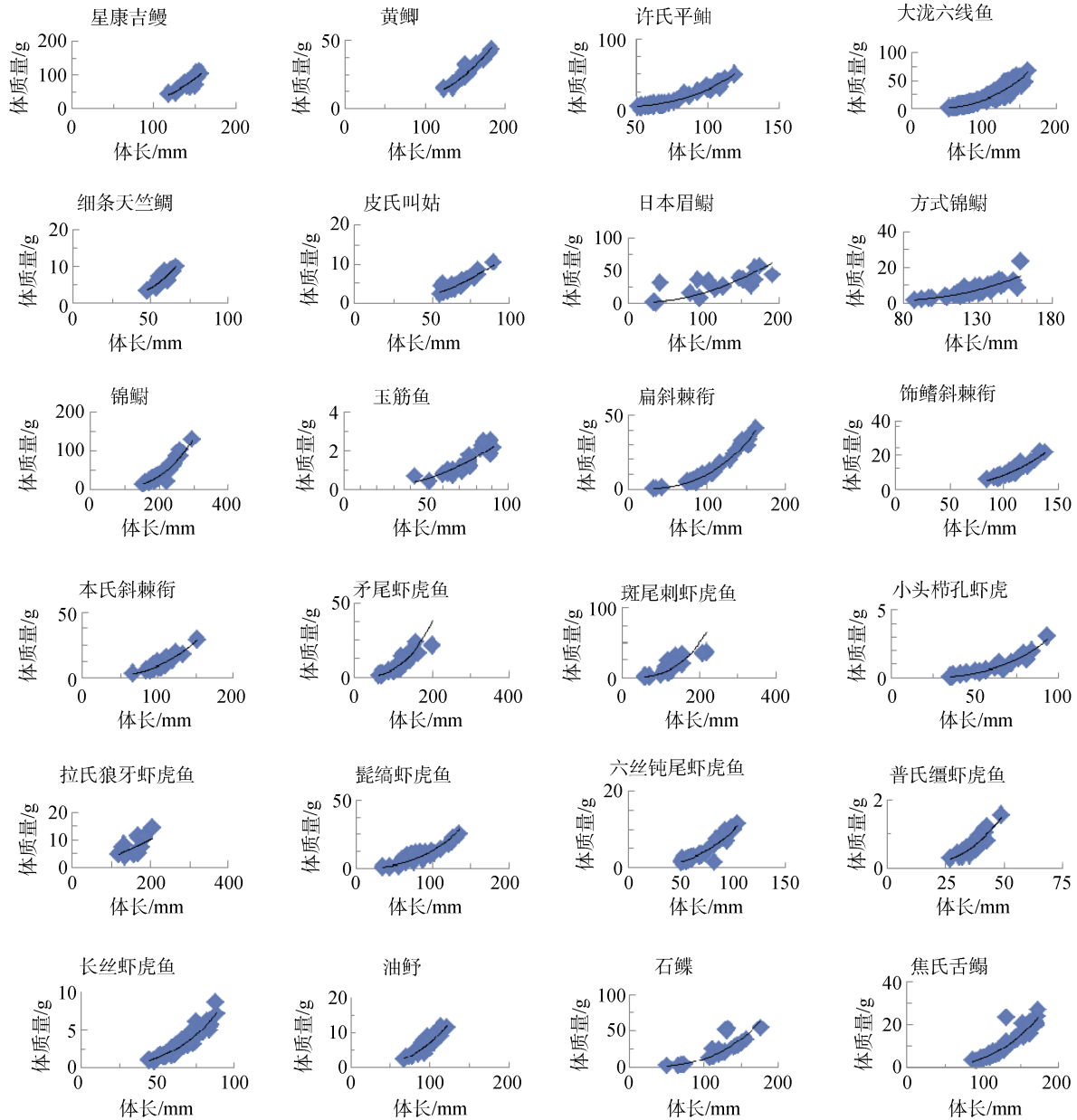


图2 体长与体质量回归关系图

Fig. 2 The relationship between fish length and fish weight

较大, 其中星康吉鳗的体长与耳石长的拟合效果优于体长与耳石宽的拟合效果, 其他3种(大泷六线鱼、拉氏狼牙虾虎鱼、髯缟虾虎鱼)体长与耳石宽的拟合效果优于体长与耳石长的拟合效果(表3)。

2.3 体质量与耳石质量的相关关系

在24种鱼类样本的体质量与耳石质量的相关关系均呈正相关, 其中皮氏叫姑、石鲈、扁斜棘鱼、六丝钝尾虾虎鱼的 R^2 值大于0.8, 回归方程的拟合关系较好, 而锦鲷、本氏斜棘鱼、矛尾虾虎鱼、斑尾刺虾虎鱼和焦氏舌鲷的相关关系不甚显著(表4)。

同一种鱼体长与耳石长、耳石宽, 体质量与耳石质量相关关系中, 如果其中一种相关关系的 R^2 值低于0.01, 其余两种相关关系的 R^2 值则会低于0.01或者略高于0.01; 如果一种关系的 R^2 高于0.8, 则其余两种相关关系的 R^2 值也会是0.8左右。

3 讨论

研究发现, 24种鱼类的体长体质量与耳石的称量特征均呈正相关关系, 这与国内外很多学者的研究结果相似^[16-19]。

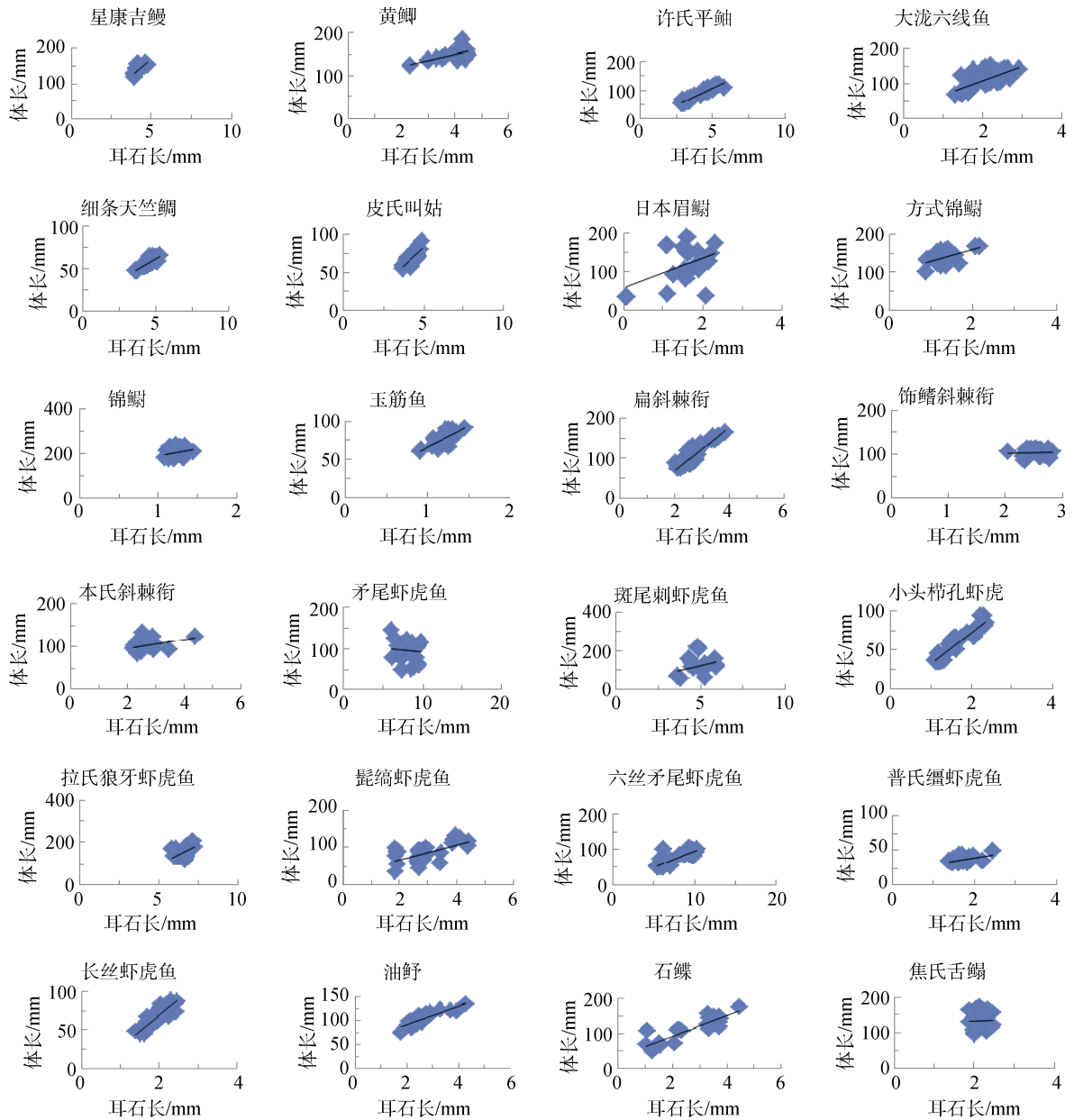


图3 体长与耳石长回归关系图

Fig. 3 The relationship between fish length and otolith length

表3 体长与耳石长、耳石宽的关系

Tab. 3 The relationship between fish length, otolith length and otolith width

| 种 | 耳石长与体长的相关关系 | R^2 | 耳石宽与体长的相关关系 | R^2 |
|-------|----------------------------|-------|--------------------------|-------|
| 星康吉鳗 | $L = 124.290 OL - 152.719$ | 0.433 | $L = 110.82OW + 158.32$ | 0.115 |
| 黄鲫 | $L = 17.192 OL + 72.042$ | 0.487 | $L = 20.133OW + 61.064$ | 0.576 |
| 许氏平鲈 | $L = 29.501OL - 21.797$ | 0.994 | $L = 26.916OW - 25.153$ | 0.984 |
| 大泷六线鱼 | $L = 41.816OL + 23.599$ | 0.545 | $L = 47.094 OW + 6.721$ | 0.860 |
| 细条天竺鲷 | $L = 9.248 OL + 15.320$ | 0.723 | $L = 9.038OW + 16.474$ | 0.715 |
| 皮氏叫姑 | $L = 20.469OL - 18.284$ | 0.701 | $L = 24.140 OW - 30.923$ | 0.812 |
| 日本眉鲷 | $L = 60.101OL + 29.454$ | 0.226 | $L = 55.656OW + 24.993$ | 0.223 |
| 方式锦鲷 | $L = 31.310 OL + 96.839$ | 0.298 | $L = 31.244OW + 97.155$ | 0.290 |

续表

| 种 | 耳石长与体长的相关关系 | R^2 | 耳石宽与体长的相关关系 | R^2 |
|---------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| 锦鲷 | $L = 34.961OL + 140.004$ | 0.027 | $L = 69.513OW + 117.95$ | 0.056 |
| 玉筋鱼 | $L = 54.597OL + 11.318$ | 0.622 | $L = 53.949 OW + 12.167$ | 0.630 |
| 扁斜棘鱼衍 | $L = 52.857OL - 35.779$ | 0.854 | $L = 52.817OW - 35.755$ | 0.854 |
| 饰鳍斜棘鱼衍 | $L = 2.559 OL + 96.933$ | 0.003 | $L = 4.6188OW + 97.673$ | 0.002 |
| 本氏斜棘鱼衍 | $L = 11.322OL + 72.591$ | 0.174 | $L = 11.765OW + 71.481$ | 0.183 |
| 矛尾虾虎鱼 | $L = 1.663 OL + 106.423$ | 0.004 | $L = 2.294OW + 76.107$ | 0.013 |
| 斑尾刺虾虎鱼 | $L = 22.896OL - 23.619$ | 0.085 | $L = 24.633OW - 29.799$ | 0.110 |
| 小头栉孔虾虎鱼 | $L = 38.785OL - 5.356$ | 0.900 | $L = 38.484OW - 4.358*$ | 0.911 |
| 拉氏狼牙虾虎鱼 | $L = 8.526OL + 51.599$ | 0.121 | $L = 14.720 OW + 23.215$ | 0.363 |
| 髭缟虾虎鱼 | $L = 19.928OL + 18.459$ | 0.470 | $L = 48.016OW - 59.032$ | 0.666 |
| 六丝钝尾虾虎鱼 | $L = 9.515OL - 0.260$ | 0.760 | $L = 9.500OW + 0.726$ | 0.751 |
| 普氏缙虾虎鱼 | $L = 9.852OL + 19.551$ | 0.267 | $L = 10.915OW + 19.135$ | 0.275 |
| 长丝虾虎鱼 | $L = 42.950 OL - 16.456$ | 0.813 | $L = 52.751OW - 20.685$ | 0.781 |
| 油鲟 | $L = 19.838 OL + 51.270$ | 0.760 | $L = 31.492OW + 13.012$ | 0.704 |
| 石鲈 | $L = 46.041OL - 11.984$ | 0.970 | $L = 38.568 OW - 10.314$ | 0.973 |
| 焦氏舌鲷 | $L = 5.065 OL + 122.581$ | 0.001 | $L = 31.724OW + 82.096$ | 0.026 |

表 4 体质量与耳石质量的相关关系
Tab. 4 The relationship between fish weight and otolith weight

| 种 | 耳石质量与鱼体质量长的 相关关系($W-Ow$) | R^2 |
|---------|-------------------------------|-------|
| 星康吉鳗 | $W = 14, 291.628 Ow - 12.642$ | 0.683 |
| 黄鲫 | $W = 3, 782.106 Ow - 10.682$ | 0.386 |
| 许氏平鲈 | $W = 2, 973.226 Ow - 1.901$ | 0.763 |
| 大泷六线鱼 | $W = 32, 531.642 Ow - 10.270$ | 0.721 |
| 细条天竺鲷 | $W = 461.402 Ow - 1.300$ | 0.719 |
| 皮氏叫姑 | $W = 243.807 Ow - 2.694$ | 0.921 |
| 日本眉鲷 | $W = 14, 957.463 Ow + 11.327$ | 0.161 |
| 方式锦鲷 | $W = 11, 133.023 Ow + 1.639$ | 0.240 |
| 锦鲷 | $W = 3618.600Ow + 37.226$ | 0.030 |
| 玉筋鱼 | $W = 2, 156.355 Ow + 1.166$ | 0.107 |
| 扁斜棘鱼衍 | $W = 10, 221.242 Ow - 7.092$ | 0.890 |
| 饰鳍斜棘鱼衍 | $W = 4, 925.526 Ow + 1.288$ | 0.102 |
| 本氏斜棘鱼衍 | $W = 193.472Ow + 7.970$ | 0.007 |
| 矛尾虾虎鱼 | $W = 48.363Ow + 9.675$ | 0.000 |
| 斑尾刺虾虎鱼 | $W = 261.762 Ow + 1.084$ | 0.001 |
| 小头栉孔虾虎鱼 | $W = 555.627 Ow - 0.057$ | 0.708 |
| 拉氏狼牙虾虎鱼 | $W = 475.714 Ow + 0.068$ | 0.731 |
| 髭缟虾虎鱼 | $W = 4, 271.684 Ow - 4.208$ | 0.633 |
| 六丝钝尾虾虎鱼 | $W = 583.984 Ow - 1.520$ | 0.855 |
| 普氏缙虾虎鱼 | $W = 297.381 Ow + 0.177$ | 0.440 |
| 长丝虾虎鱼 | $W = 1, 237.828 Ow + 0.672$ | 0.313 |
| 油鲟 | $W = 5, 105.876 Ow + 0.330$ | 0.515 |
| 石鲈 | $W = 7, 097.903 Ow - 4.425$ | 0.890 |
| 焦氏舌鲷 | $W = 169.196Ow + 11.189$ | 0.001 |

综合体长体质量关系及其与耳石称量特征的关系，方氏云鳗和星康吉鳗的体长-体质量关系的 b 值高于 3.5，其原因推测可能与两种鱼均呈鳗形体型相关^[20-24]。当 b 值高于 3.2 或者低于 2.8 时，鱼类样本的体长与耳石尺寸呈显著相关性，而当 $2.8 < b < 3.2$ 时(标准 b 值为 3，参考国内外文献对 $b \pm 0.2$ 范围进行讨论)，将近 1/2 的种类未呈现显著相关。因此作者推测，鱼类的体长与耳石尺寸的相关性可能与鱼类的生长模式有一定关系。

之前相关的研究主要集中于鱼类体长与耳石尺寸(OL 和 OW)的关系^[9, 22-25]，而作者在此基础之上又同时考虑了鱼类体质量与耳石质量的关系，一般来说耳石质量的测量相对于尺寸的测量要容易的多，说明通过耳石质量得到鱼类的尺寸相对简便。

咎肖肖等^[26]论述了海州湾的 24 种不同鱼类样本中的 7 种样本的各种关系，结果与作者并不完全一致：体长与耳石长、耳石宽均呈正相关关系，但是相关系数有所差别，推测是因为两个研究所选取的鱼的体长范围不同所造成的，因此今后对于鱼类尺寸与耳石尺寸关系的研究应选择更大的样本量，增大样本的尺寸范围，减小此类误差。

作者所研究的 24 种鱼类的尺寸与耳石尺寸的关系，能够为从耳石大小的测量推算鱼类的尺寸提供有用的信息。然而，青岛近海鱼类的相关研究尚比较缺乏，本研究丰富了青岛海域相关领域的研究，也

为阐明该地区捕食者与被捕食者的关系提供了数据支持。

参考文献:

- [1] Gaemers P A M. Taxonomic position of Cichlidae (Pisces, Perciforms) as demonstrated by the morphology of their otoliths[J]. Netherlands Journal of Zoology, 1984, 34(4): 556-595.
- [2] Mugiya Y, Uchimura T. Otolith resorption by anaerobic stress in the goldfish *Carassius auratus*[J]. Journal of Fish Biology, 1989, 35(6): 813-818.
- [3] 张治国, 王卫民. 鱼类耳石研究综述[J]. 湛江海洋大学学报, 2001, 21(4): 69-75.
Zhang Zhiguo, Wang Weimin. Research review on fish otolith[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2001, 21(4): 69-75.
- [4] Edmonds J, Steckis R, Moran M. Stock delineation of pink snapper and tailor from Western Australia by analysis of stable isotope and strontium/calcium ratios in otolith carbonate. Journal of fish biology, 2005, 55(2): 243-259.
- [5] 宋昭彬, 常剑波. 人工饲养和野生草鱼幼鱼耳石微结构的比较研究[J]. 水生生物学报, 2003, 27(1): 7-12.
Song Zhaobin, Chang Jianbo. Otolith microstructure of hatchery-reared and wild juveniles of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2003, 27(1): 7-12.
- [6] Hanson P, Zdanowicz V. Elemental composition of otoliths from Atlantic croaker along an estuarine pollution gradient[J]. Journal of Fish Biology, 2005, 54(3): 656-668.
- [7] Granadeiro J P, Silva M A. The use of otoliths and vertebrae in the identification and size-estimation of fish in predator-prey studies[J]. Cybium International Journal of Ichthyology, 2000, 24 (4): 383-393.
- [8] Pierce G J, Boyle P R, Diack J S W. Identification of fish otoliths and bones in faces and digestive tracks of seals[J]. J Zool (London), 1991, 224 (2): 320-328.
- [9] Harvey J T, Loughlin T R, Perez M A, et al. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the eastern north Pacific Ocean[J]. Noaa Tech Rep Nmfs, 2000, 150: 1-36.
- [10] 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 2-3.
Liu Ruiyu. Ecology and biological resources of Jiaozhou Bay[M]. Beijing: Science Press, 1992: 2-3.
- [11] 刘静, 陈咏霞, 马琳. 黄渤海鱼类图志[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 46-278.
Liu Jing, Chen Yongxia, Ma Lin. Fishes of the Bohai Sea and Yellow Sea[M]. Beijing: Science Press, 2015: 46-278.
- [12] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 55-514.
- Cheng Qingtai, Zheng Baoshan. The retrieval system for fishes in China[M]. Beijing: Science Press, 1987: 55-514.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查 GB/T, 12763.6-2007[S]. 2007
Standardization administration. Specification for Oceanographic Survey. Part 6: Marine biological survey. GB/T, 12763.6-2007[S]. 2007
- [14] Anderson R O, Neumann R M. Length, weight and associated structural indices[C]// Fisheries Techniques. Bethesda: American Fisheries Society, 1996: 447-481.
- [15] Jawad L A, Al-Mamry J M, Al-Mamari H M, et al. Relationships between fish length and otolith length, width and weight of *Rhynchorhamphus georgi* (Valenciennes, 1846) (Family: Hemiramphidae) collected from Oman Sea. Rom[J]. Ribarstvo Croatian Journal of Fisheries, 2011, 56(2): 189-200.
- [16] Gamboa D A. Otolith size versus weight and body-length relationships for eleven fish species of Baja California, Mexico [J]. Fishery Bulletin, 1991, 89(4): 701-706.
- [17] Battaglia P, Malara D, Romeo T, et al. Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy)[J]. Scientia Marina, 2010, 74(3): 605-612.
- [18] 区又君, 廖锐, 李加儿, 等. 珠江口鱼棘头梅童耳石的生长特性[J]. 动物学杂志, 2012, 47(1): 88-95.
Ou Youjun, Liao Rui, Li Jiaer, et al. Otolith growth characteristics of *Collichthys lucidus* from the Pearl River Estuary[J]. Chinese Journal of Zoology, 2012, 47(1): 88-95.
- [19] 刘伟, 战培荣, 赵春刚, 等. 黑龙江秋大麻哈鱼耳石形态发育研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(6): 1069-1076.
Liu Wei, Zhan Peirong, Zhao Chungang, et al. Study on morphological development of fall chum salmon (*Oncorhynchus keta*) otoliths in Heilongjiang River[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(6): 1069-1076.
- [20] Battaglia Pietro, Malara Danilo, Romeo Teresa Andaloro, et al. Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy) [J]. Scientia Marina, 2010, 74 (3): 605-612.
- [21] Ilkyaz A T, Metin G, Soykan O, et al. Length-weight relationship of 62 fish species from the Central Aegean Sea, Turkey[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2008, 24(6): 699-702.
- [22] Orlov A, Binohlan C. Length-weight relationships of deep sea fishes from the western Bering Sea[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2009, 25 (25): 223-227.

- [23] Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22 (22): 241-253.
- [24] Jawad L A, Al-Mamry J M. Relationship between fish length and otolith dimensions in the carangid fish (*Carangoides coeruleopinnatus* (Ruppell, 1830)) collected from the Sea of Oman[J]. *Journal of Fisheries Sciences Com*, 2012, 6(3): 203-208.
- [25] Jawad L A, Sadighzadeh Z, Al-Busaidi H. The relationship between fish length and otolith dimensions of mugilid fish, *Liza kluzingeri* (Day, 1888) collected from the Persian Gulf near Bandar Abbas[J]. *Annales Ser Hist Nat*, 2012, 22(1): 77-82.
- [26] Zan Xiaoxiao, Zhang Chi, Xu Binduo, et al. Relationships between fish size and otolith measurements for 33 fish species caught by bottom trawl in Haizhou Bay, China[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2015, 31(3): 544-548.

Relationship between fish size and otolith measurements for fish species caught in the coast of Qingdao, China

WANG Ying-jun^{1, 2, 3}, WU Ying-ying^{1, 2, 3}, ZOU Yan^{1, 2, 3}, LIU Tong^{1, 2, 3},
LIU Hong-jun^{1, 2, 3}, SONG Ai-huan^{1, 2, 3}

(1. Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266104, China; 2. Engineering Laboratory For Exploration and Utilization of Marine Germplasm Resources of Qingdao, Qingdao 266104, China; 3. Key Laboratory of Benthic Fisheries Aquaculture and Enhancement, Qingdao 266104, China)

Received: Apr. 28, 2018

Key words: coast of Qingdao; fish; otolith; measurements

Abstract: Fish size could be estimated using otolith measurements, therefore, 24 fish species that were caught by coastal trawling during the investigation of the Qingdao coastal trawl in March, May, and August 2015 were investigated in this study. The relationships between otolith measurements (otolith length, otolith width, and otolith weight) and fish size (body length and body weight) were analyzed to provide some basic data for further research in fish feeding ecology and nutrient dynamics. The relationships between otolith size (otolith length and otolith width) and fish length and the relationships between otolith weight and fish weight were also estimated for 24 fish species caught by seasonal bottom trawl surveys in the coast of Qingdao on the west coast of the south Yellow Sea. Results showed that the coefficient of regression in the length–weight relationship functions ranged from 2.376 to 3.591, with the mean value of b being 3.048 ± 0.327 . Regression analysis indicated that most of the regressions between otolith measurements and fish length were extremely significant. Based on the value of R^2 in different functions of the same species, the regression functions of otolith width to fish length fit better than the functions of otolith length to fish length for the majority of fish species. The regressions between otolith weight and fish weight were extremely significant in 9 species among all specimens (*Johnius belangerii*, *Repomucenus planus*, *Platichthys bicoloratus*) and extremely nonsignificant in another 5 species (*Chaeturichthys stigmatias*, *Synechogobius ommaturus*, *Cynoglossus lighti*), which might be related to the body growth pattern and the length–weight relationships of the fish.

(本文编辑: 谭雪静)