

doi: 10.7541/2019.070

西藏双须叶须鱼八种年龄鉴定材料的比较研究

刘艳超^{1,2} 刘书蕴³ 刘海平²

(1. 西藏农牧学院食品科学学院, 林芝 860000; 2. 西藏自治区农牧科学院, 水产科学研究所, 拉萨 850002;
3. 西藏自治区拉萨市林周县财政局, 拉萨 850000)

摘要: 用微耳石、星耳石、脊椎骨、鳃盖骨、臀鳞、胸鳞、侧线鳞和背鳞等8种年龄鉴定材料识别和鉴定西藏双须叶须鱼的年龄特征并进行比较分析, 以确定适宜的年龄鉴定材料。结果显示: 臀鳞形态特化严重, 胸鳞、侧线鳞、背鳞的年轮特征不明显, 与微耳石比较的平均百分比误差(IAPE)分别为41.63%、51.26%、50.50%和51.26%, 其他4种年龄材料与微耳石比较的IAPE相差不大, 依次为: 星耳石(12.28%)、脊椎骨(15.67%)、鳃盖骨(17.81%); 低于23龄时, 微耳石鉴定的平均年龄与耳石和脊椎骨鉴定的平均年龄较为接近($P>0.05$), 分别为14.39龄、13.13龄和13.20龄, 显著高于鳃盖骨和4种鳞片($P<0.05$); 高于23龄时, 7种年龄鉴定材料都显著低于微耳石所鉴定的平均年龄($P<0.05$)。用微耳石鉴定所得的最大年龄为49龄, 星耳石鉴定所得的最大年龄为35龄, 脊椎骨鉴定所得最大年龄为34龄, 鳃盖骨为34龄, 臀鳞为22龄, 胸鳞为19龄, 侧线鳞为16龄, 背鳞为17龄。微耳石年龄鉴定的年龄读数与体长呈极显著的对数函数关系($P<0.01$)。综合分析认为, 微耳石最适宜作为双须叶须鱼的年龄鉴定材料。

关键词: 双须叶须鱼; 微耳石; 星耳石; 脊椎骨; 鳃盖骨; 鳞片; 年龄鉴定

中图分类号: Q174 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2019)03-0579-10

年龄鉴定是研究鱼类生物学和生态学特性的重要组成部分, 也是分析和评价鱼类种群数量变动的基本依据之一^[1]。鱼类年龄鉴定最普遍的方法是钙化组织分析法^[2]。对于裂腹鱼类而言, 受特定生长环境的影响, 不同种类、不同阶段个体的鉴定材料年轮特征各不相同, 呈现出多样化的特点^[3]。由于遗传差异和生存环境的差异, 鱼类的生长呈现出不同特点, 不同钙化组织上的年轮特征也表现各异。因此需要对不同的年龄材料进行对比, 最终选出最佳的年龄材料^[4]。

双须叶须鱼(*Ptychobarbus dipogon*)隶属于裂腹鱼亚科(Schizothoracinae), 叶须鱼属(*Ptychobarbus*), 主要分布在西藏雅鲁藏布江中游干支流砂石底质的缓流处^[5]。双须叶须鱼独特的种群特征、生活地理环境决定了其对环境变化和人为干扰极为敏感

和脆弱^[6]。近年来, 随着水利交通工程建设、渔业捕捞及工程材料索取加剧, 双须叶须鱼的种群数量和种群资源下降, 对双须叶须鱼种群资源构成了威胁。双须叶须鱼作为一个极为脆弱的种群资源, 为保护该物种的可持续性和稳定的种群而做出相应的管理是至关重要的^[7]。杨鑫^[6]主要研究雅鲁藏布江中游双须叶须鱼的耳石和脊椎骨两种年龄材料, Li等^[7]主要研究雅鲁藏布江及其支流流域双须叶须鱼三对耳石年龄材料和微耳石的微结构特征及日增量。而本文研究主要是研究拉萨河流域双须叶须鱼8种年龄材料的年轮特征和年龄鉴定。

年龄鉴定结果可以阐明鱼类生长、性成熟年龄, 直接关系到鱼类种群分析与资源评估现状^[8]。因此, 评估和比较每个物种所使用的年龄材料的研究是最基础和必要的内容^[9]。本文对双须叶须鱼的

收稿日期: 2018-04-04; 修订日期: 2018-11-07

基金项目: 国家自然科学基金(31560144); 西藏财政专项(XZNKY-2018-C-040、2017CZZX004、2017CZZX003); 西藏自治区自然科学基金(XZ2017ZRG-36)资助 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31560144); the Special Finance of Tibet Autonomous Region (XZNKY-2018-C-040, 2017CZZX004, 2017CZZX003); Natural Science Foundation of Tibet Autonomous Region (XZ2017ZRG-36)]

作者简介: 刘艳超(1993—), 男, 河北石家庄人; 硕士研究生; 主要从事鱼类资源保护及利用。E-mail: yanchaoliu1216@163.com

通信作者: 刘海平(1981—), 男, 内蒙古乌兰察布人; 硕士生导师; 主要从事西藏渔业资源养护。E-mail: luihappy@163.com

微耳石、星耳石、脊椎骨、鳃盖骨、臀鳞、胸鳞、侧线鳞和背鳞等8种年龄材料的年轮特征进行了描述,并对8种材料鉴定年龄的准确性和精确性进行了比较研究,旨在为其生长特征、种群动态和资源变动提供可靠的年龄依据。

1 材料与方法

1.1 样本采集

样本于2014年2月至12月在拉萨河上游采集双须叶须鱼193尾。全部测量全长、体长和体重,长度精确到1 mm,重量精确到0.1 g。取出左右微耳石、左右星耳石、鳃盖骨和6—8枚脊椎骨以及4种鳞片。样品用清水清洗,晾干后放入封口袋冷冻保存。

1.2 年龄材料处理

微耳石 将微耳石远极面朝上,用指甲油包埋,固定在载玻片上,静置,让其凝固,然后先用#1500的砂纸打磨,再用#2000#的砂纸抛光,打磨期间时刻加水,并随时在显微镜下观察。直至微耳石核区年轮清晰为止,最后放在显微镜下拍照保存。

星耳石 将星耳石内侧面朝上,用指甲油包埋,固定在载玻片上,静置,让其凝固。首先用#1500的砂纸打磨。再用#2000的砂纸抛光,打磨期间时刻加水,并在显微镜下拍照保存。

脊椎骨 将脊椎骨放入开水中浸泡1—2 min,用牙刷轻轻刷去附着的肌肉和结缔组织,剪去多余的骨棘,从中间将脊椎骨剪断,静置让其干燥。调整好角度在显微镜下拍照保存。

鳃盖骨 将鳃盖骨放入开水中1 min,用牙刷剔除附着的肌肉的结缔组织,让其自然干燥,然后放在体视显微镜下用透射光观察,并拍照保存。

鳞片 将鳞片放入清水中,用牙刷轻轻刷去附着的黏膜,取6片放在载玻片上,然后盖上载玻片,用胶带固定并用记号笔编号。最后放在显微镜下拍照保存。

1.3 年龄鉴定方法及年轮特征描述

根据殷名称^[10]《鱼类生态学》的年轮鉴别特点及鉴定和分析鱼类年龄的方法,在不清楚样本大小、性别的情况下对八种年龄材料进行年龄鉴定。每个年龄材料的年龄由同一观察者进行2次独立鉴定,时间间隔不少于1周。

以体长大小为依据,划分低龄、中龄和高龄3个年龄段^[11],并根据每一年龄段的同一样本,描述8种年龄材料的年轮特征。

1.4 八种年龄材料的差异性

平均年龄的显著性分析 对8种年龄材料的

平均年龄读数采用单因素方差分析(ANOVA)和多重比较进行统计检验和分析,来解释8种年龄材料鉴定结果的差异性。

平均百分比误差(IAPE) 采用平均百分比误差(IAPE)来计算不同观察者年龄鉴定结果的精确性,公式如下:

$$IAPE_j = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left\{ \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right\} \times 100\%$$

式中, N 为进行年龄鉴定的鱼尾数; R 为每尾鱼进行年龄鉴定的次数; X_{ij} 为第 j 尾鱼进行的第 i 次年龄鉴定结果; X_j 为第 j 尾鱼的平均年龄。

为了更好地对不同年龄材料进行比较,前后鉴定结果最终必须一致。若结果不一致,则重新对该年龄材料进行年龄鉴定,直到最终结果统一为止。若再次鉴定后,结果差距较大,则将其除去。在西藏其他裂腹鱼类^[11, 12]的年龄材料鉴定中微耳石的清晰度是最好的,并且双须叶须鱼微耳石的年轮比较清晰,故以微耳石鉴定的年龄为准,将星耳石、脊椎骨、鳃盖骨、臀鳞、胸鳞、侧线鳞和背鳞7种年龄材料分别和微耳石计算所得IAPE来进行比较。

清晰度评分 对8种年龄材料年轮的清晰度按照5个等级进行评分^[11]: 1是非常好,2是好,3是一般,4是很差,5是难以辨认。

1.5 数据分析

统计分析采用SPSS 21和Excel 2003,数据采用平均数±标准差表示,当 $P < 0.05$ 时,存在显著性差异。

2 结果

总共采集到193尾双须叶须鱼,体长为155—550 mm,体重为46.5—1704.5 g。

2.1 年轮特征

微耳石 微耳石为不规则的椭圆形,近极面前端膨大,后端似铲型;远极面微微隆起,前端似由许多晶体组成,从前端到后端逐渐变薄(图 1d1—d4)。中心核靠近前端,在入射光下,从微耳石核心向外边缘颜色逐渐变淡。在年轮排列区域,年轮间距呈现有规律的缩短,靠近中心核的年轮间距较大,到10龄年轮间距明显变窄,在20龄后年轮间距显著变窄(图 2f、图 3f、图 4g)。

星耳石 星耳石为星状,轮纹不明显,边缘为锯齿状,内侧面中间长轴处为凹槽,外侧面微微隆起,具有辐射状脊(图 1h1、图 1h2)。到12龄间距

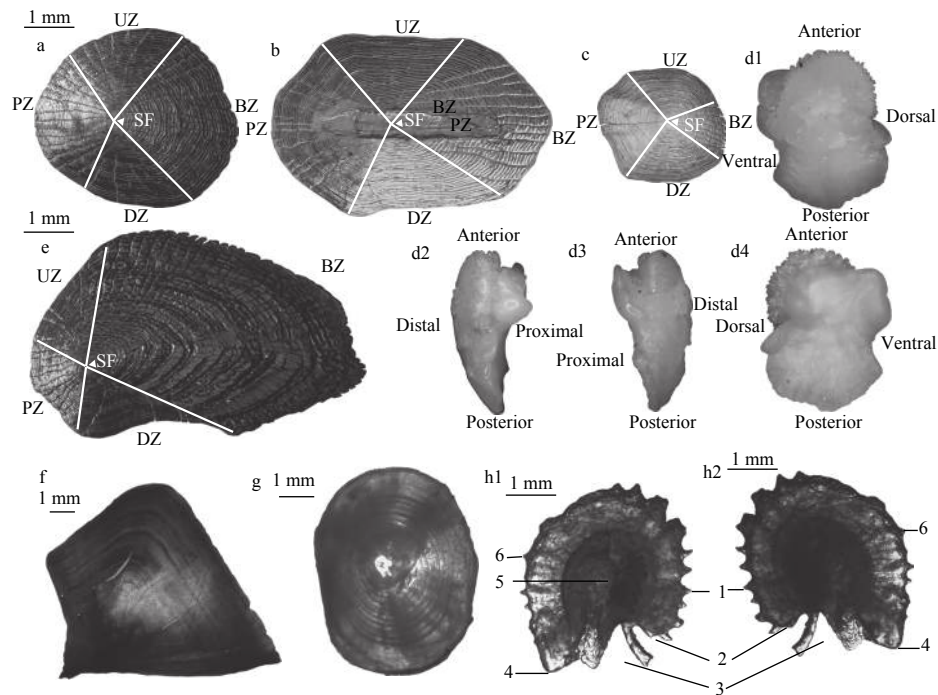


图1 双须叶须鱼背鳞(a)、侧线鳞(b)、胸鳞(c)、微耳石(d1、d2、d3、d4)、臀鳞(e)、鳃盖骨(f)、脊椎骨(g)、星耳石(h1、h2)的形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of back scale (a), lateral-line scale (b), chest scale (c), lapillus (d1, d2, d3, d4), hip scale (e), opercular bone (f), vertebrae (g), asteriscus (h1, h2) of *Ptychobarbus dipogon*

PZ为前区; UZ为上侧区; DZ为下侧区; BZ为后区; d1为远极面; d2为背面; d3为腹面; d4为近极面; h1为内侧面; h2为外侧面; 1为脊突; 2为翼叶; 3为主间沟; 4为基叶; 5为中央听沟; 6为叶突

PZ is the front zone; UZ is the upper zone; DZ is the lower zone; BZ is the rear zone; d1 is the far pole face; d2 is the back face; d3 is the ventral face; d4 is the near pole face; h1 is the inside face; h2 is the lateral side; 1 is the spinal protrusion; 2 is the wing leaf; 3 is the main groove; 4 is the basal leaf; 5 is the central auditory ditch; 6 is a leaf protrusion

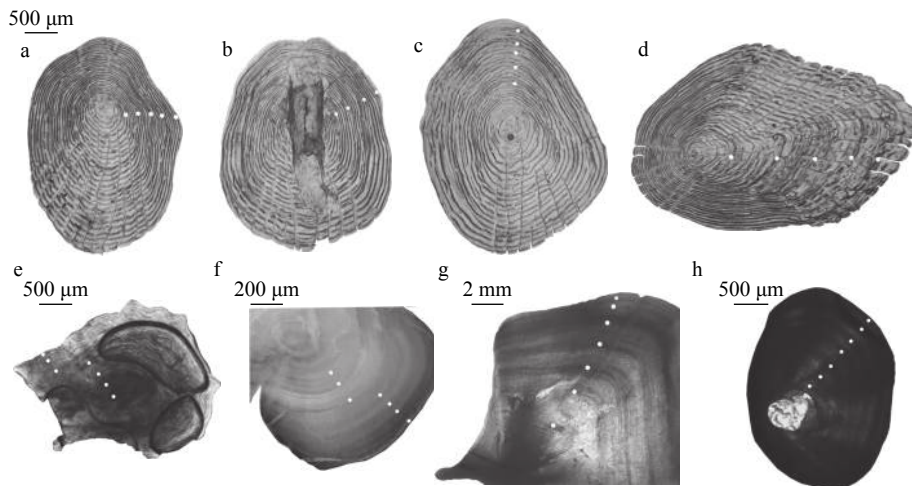


图2 低龄双须叶须鱼(体长215 mm)背鳞(a)、侧线鳞(b)、胸鳞(c)、臀鳞(d)、星耳石(e)、微耳石(f)、鳃盖骨(g)、脊椎骨(h)的年轮特征(圆点示年轮)

Fig. 2 Annuli characteristics of back scale (a), lateral-line scale (b), chest scale (c), hip scale (d), asteriscus (e), lapillus (f), opercular bone (g), vertebrae (h) from the same *Ptychobarbus dipogon* with 215 mm SL (dots show annuli)

背鳞5龄(a); 侧线鳞4龄(b); 胸鳞5龄(c); 臀鳞5龄(d); 星耳石7龄(e); 微耳石7龄(f); 鳃盖骨7龄(g); 脊椎骨7龄(h)

back scale 5 years (a); lateral-line scale 4 years (b); chest scale 5 years (c); hip scale 5 years (d); asteriscus 7 years (e); lapillus 7 years (f); opercular bone 7 years (g); vertebrae 7 years (h)

明显变窄, 而到20龄后年轮间距显著变窄(图 2e、图 3e、图 4f)。

脊椎骨 脊椎骨为双凹型, 中心有一小孔, 前后凹面呈现出宽窄交替的同心圆轮纹, 在入射光

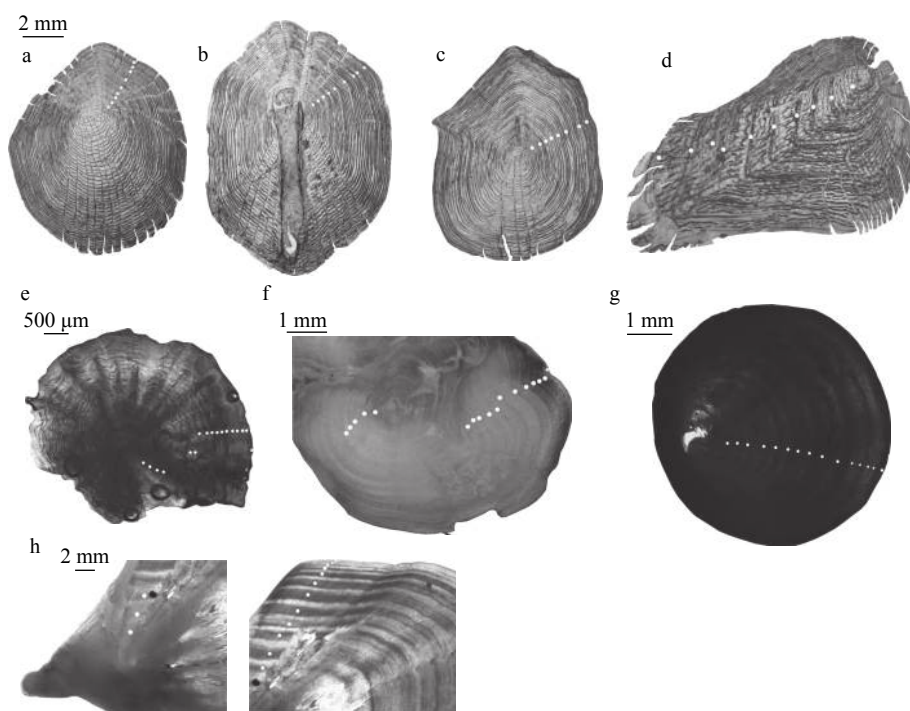


图3 中龄双须叶须鱼(体长400 mm)背鳞(a)、侧线鳞(b)、胸鳞(c)、臀鳞(d)、星耳石(e)、微耳石(f)、脊椎骨(g)、鳃盖骨(h)的年轮特征(圆点示年轮)

Fig. 3 Annuli characteristics of back scale (a), lateral-line scale (b), chest scale (c), hip scale (d), asteriscus (e), lapillus (f), vertebrae (g), opercular bone (h) from the same *Ptychobarbus dipogon* with 400 mm SL (dots show annuli)

背鳞9龄(a); 侧线鳞9龄(b); 胸鳞8龄(c); 臀鳞10龄(d); 星耳石17龄(e); 微耳石17龄(f); 脊椎骨15龄(g); 鳃盖骨15龄(h)

back scale 9 years (a); lateral-line scale 9 years (b); chest scale 8 years (c); hip scale 10 years (d); asteriscus 17 years (e); lapillus 17 years (f); vertebrae 15 years (g); opercular bone 15 years (h)

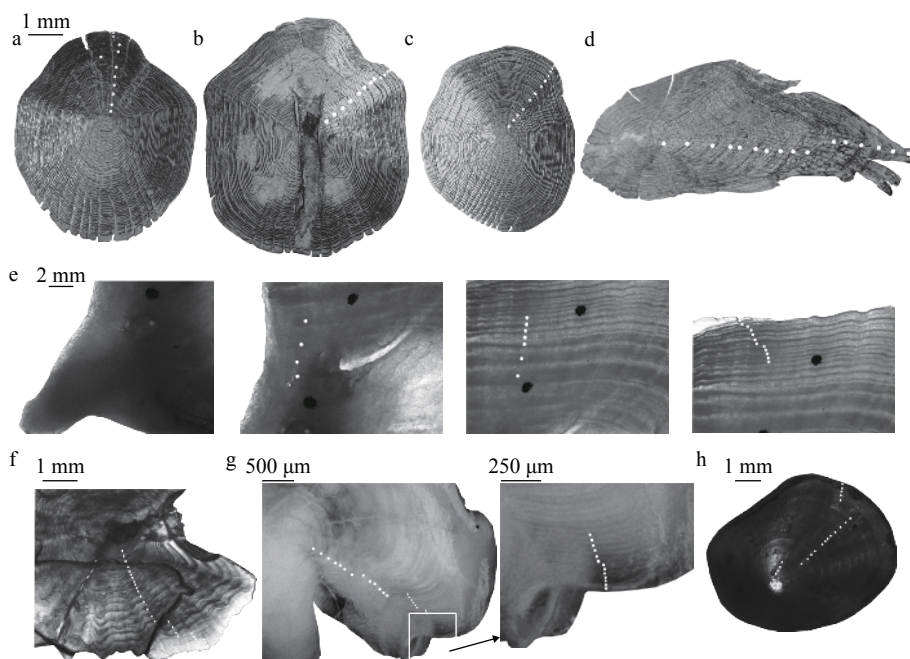


图4 高龄双须叶须鱼(体长488 mm)背鳞(a)、侧线鳞(b)、胸鳞(c)、臀鳞(d)、鳃盖骨(e)、星耳石(f)、微耳石(g)、脊椎骨(h)的年轮特征(圆点示年轮)

Fig. 4 Annuli characteristics of back scale (a), lateral-line scale (b), chest scale (c), hip scale (d), opercular bone (e), asteriscus (f), lapillus (g), vertebrae (h) from the same *Ptychobarbus dipogon* with 488 mm SL (dots show annuli)

背鳞11龄(a); 侧线鳞12龄(b); 胸鳞12龄(c); 臀鳞16龄(d); 鳃盖骨23龄(e); 星耳石26龄(f); 微耳石34龄(g); 脊椎骨21龄(h)

back scale 11 years (a); lateral-line scale 12 years (b); chest scale 12 years (c); hip scale 16 years (d); opercular bone 23 years (e); asteriscus 26 years (f); lapillus 34 years (g); vertebrae 21 years (h)

下, 呈明暗交替分布。小孔的周围较为透明, 轮纹很少很细, 很难确认起始轮的位置。脊椎骨的边缘有较厚的结缔组织, 难以辨认末轮(图 1g)。脊椎骨的年轮宽度不会随着年龄的增加而显著变窄(图 2h、图 3g、图 4h)。

鳃盖骨 鳃盖骨为不规则的四边形, 基部内侧有许多小孔, 表面轮纹平行排列, 边缘为锯齿状。基部较厚, 且呈黄色, 难以辨认首轮位置(图 1f)。低龄鱼的鳃盖骨轮纹间隔大且稀疏, 不易分辨年轮; 高龄鱼轮纹排列紧密, 容易辨认。年轮间距呈现有规律的缩短, 到12龄年轮间距明显变窄(图 2g、图 3h、图 4e)。

臀鳞 臀鳞取自肛门至臀鳍的两侧, 大多数臀鳞形态特征特化, 下侧区向内弯曲, 呈“L”形。前区轮纹密集, 很难有效辨识年轮; 后区各年轮间隙较明显, 但夹杂副轮。有少部分鳞片上后区内的副轮与年轮十分相似, 较难区别, 需依靠侧区辅助观察(图 1e、图 2d、图 3d、图 4d)。

胸鳞、侧线鳞和背鳞 胸鳞取自侧线下方, 胸鳍基部(图 1c)。侧线鳞取自鱼体两侧的侧线部位, 中央有一条透明的管道(图 1b)。背鳞取自侧线上方, 背鳍附近(图 1a)。这3种环片疏密不明显, 但在入射光下可见到明亮的脊高出相邻环片, 脊的外缘即为年轮。前区、上侧区和下侧区均可作为年龄读取区。

2.2 八种年龄材料的比较

共采集193尾样本, 体长为155—550 mm, 体重为46.5—1704.5 g, 其中微耳石鉴定年龄在4—49龄, 星耳石鉴定年龄在4—35龄, 脊椎骨鉴定年龄范围在4—34龄, 鳃盖骨鉴定年龄范围在4—34龄, 臀鳞鉴定年龄范围在4—22龄, 胸鳞鉴定年龄范围在4—19龄, 侧线龄鉴定年龄范围在4—16龄, 背鳞鉴定年龄范围在4—17龄。不同年龄组的样本数和体长信息见表 1。

2.3 八种年龄材料的平均年龄比较

双须叶须鱼不同年龄材料所鉴定的平均年龄见表 2。8种年龄材料所鉴定的平均年龄存在显著性差异($P<0.05$)。用微耳石作为年龄材料所鉴定的平均年龄最高(20.05龄), 显著高于星耳石(16.84龄)、脊椎骨(16.56)、鳃盖骨(16.70龄)、臀鳞(11.34龄)、胸鳞(9.58龄)、侧线鳞(9.33龄)和背鳞(9.33龄)所鉴定的平均年龄($P<0.05$)。23龄以下和23龄以上样本分开统计时, 4—23龄样本中, 微耳石鉴定的平均年龄与星耳石和脊椎骨鉴定的平均年龄较为接近, 分别为14.39龄、13.13龄、13.20龄, 显著高于鳃盖骨(12.96龄)、臀鳞(9.93龄)、胸鳞(8.49龄)、侧线鳞

(8.30龄)和背鳞(8.13龄)所鉴定的平均年龄($P<0.05$)。大于23龄时, 星耳石(23.52龄)、脊椎骨(22.61龄)和鳃盖骨(23.42龄)所鉴定的平均年龄较为接近, 星耳石、脊椎骨、鳃盖骨、臀鳞、胸鳞、侧线鳞和背鳞7种年龄鉴定材料都显著低于微耳石所鉴定的平均年龄30.23龄($P<0.05$)。

2.4 八种年龄材料的平均百分比误差比较

用微耳石鉴定年龄时, 多次读数的平均百分比误差(IAPE)最低(3.31%), 从小到大依次为: 星耳石(4.72%)、脊椎骨(4.79%)、臀鳞(5.11%)、鳃盖骨(5.17%)、胸鳞(5.19%)、侧线鳞(5.88%)、背鳞(5.86%)。其他7种年龄材料和微耳石比较的IAPE从小到大依次为星耳石(12.28%)、脊椎骨(15.67%)、鳃盖骨(17.81%)、臀鳞(41.63%)、侧线鳞(50.50%)、胸鳞(51.26%)、背鳞(51.74%)。从星耳石、脊椎骨、鳃盖骨、臀鳞、胸鳞、侧线鳞和背鳞分别与耳石作比较的IAPE值(图 5)可以看出, 星耳石、脊椎骨、鳃盖骨鉴定的年龄结果比四种鳞片准确。但仅从IAPE值来看, 并不能确定星耳石、脊椎骨和鳃盖骨做鉴定的年龄结果哪个更精确。但是统计分析表明(表 2), 星耳石和脊椎骨的年龄读数与微耳石的年龄读数在低于23龄时没有显著性差异($P>0.05$), 而鳃盖骨所鉴定的年龄无论是在低龄还是高龄都显著低于耳石所鉴定的年龄($P<0.05$)。随着年龄增加, IAPE值基本上呈现上升趋势, 差异也逐渐增大, 对于鉴定高龄鱼时所产生的差异越来越大。

2.5 八种年龄材料的清晰度评分比较

由于4种鳞片年龄读数在高于14龄组内都与微耳石有显著差异, 因此在清晰度评分中分为低于14龄组和高于14龄组。微耳石上的年龄较清晰, 在低于14龄和高于14龄组内被评为“非常好”和“好”的都较其他材料多, 故微耳石在进行年龄鉴定时准确性最好(表 3、表 4)。

2.6 年龄与体长关系

微耳石年龄鉴定的年龄读数(A)与相对应的体长(L)呈极显著的对数函数关系($P<0.01$), 其相关关系式为: $L=146.76 \ln(A)-38.139$, $R^2=0.8312$ 。随着年龄的增加, 双须叶须鱼体长随之增长, 但其增长速率随之减缓(图 6)。

3 讨论

3.1 年龄鉴定的准确性比较

鱼类年轮特征的研究是进行鱼类年龄鉴定的前提^[1]。而年龄鉴定的准确性直接关系到鱼类生长

表 2 不同年龄材料所鉴定的平均年龄的比较

Tab. 2 The average age of different age materials

年龄材料 Ages structure	平均年龄 Mean values of age estimate			
	年龄Total	Age 4—14	Age 4—23	Age>23
微耳石 Lapillus	20.05±9.32 ^a	9.32±3.51 ^a	14.39±5.26 ^a	30.23±5.59 ^a
星耳石 Asteriscus	16.84±6.52 ^b	9.11±3.25 ^{ab}	13.13±4.44 ^{ab}	23.52±3.71 ^b
脊椎骨 Vertebrae	16.56±6.18 ^b	9.06±3.05 ^{ab}	13.20±4.39 ^{ab}	22.61±3.92 ^b
鳃盖骨 Opercular bones	16.70±6.70 ^b	8.98±3.28 ^{ab}	12.96±4.62 ^b	23.42±4.10 ^b
臀鳞 Hip scale	11.34±3.47 ^c	7.74±2.49 ^{bc}	9.93±3.04 ^c	13.87±2.68 ^c
胸鳞 Chest scale	9.58±2.85 ^d	6.62±2.26 ^c	8.49±2.65 ^d	11.54±2.03 ^d
侧线鳞 Lateral-line scale	9.33±2.67 ^d	6.49±1.85 ^c	8.30±2.51 ^d	11.17±1.81 ^d
背鳞 Back scale	9.33±2.68 ^d	6.47±1.90 ^c	8.13±2.41 ^d	10.65±1.82 ^d
N	193	53	124	69

注:表中同列数字上标不同字母表示有显著差异性($P<0.05$)

Note: Values with different superscripts in each column are significantly different from each other ($P<0.05$)

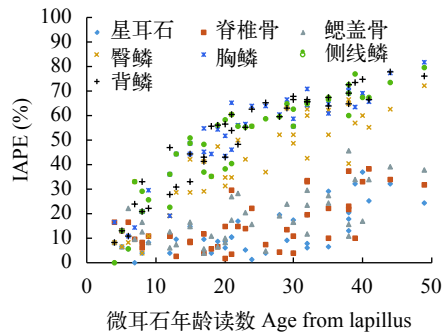


图 5 星耳石、脊椎骨、鳃盖骨、臀鳞、胸鳞、侧线鳞和背鳞分别与微耳石比较的平均百分比误差(IAPE)分布图

Fig. 5 The average percentage error (IAPE) between asteriscus, vertebrae, opercular bone, hip scale, chest scale, lateral-line scale, back scale and lapillus

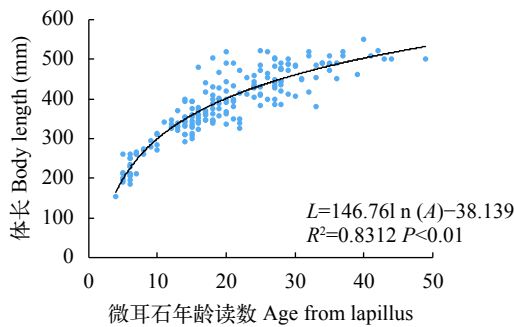


图 6 双须叶须鱼年龄与体长的关系

Fig. 6 The relationship between the age and body length

参数估算的可靠程度^[13],这对于渔业的管理和资源的合理开发尤为重要;低估年龄的结果将导致对鱼类生长估计过快和自然死亡率估计过高,因而对产量做出过于乐观的估计,往往会造成资源的过度开发^[14]。

就同一种鱼而言,不同的年龄材料轮纹的清晰度和数目不一定相同,所以可能导致不同年龄段的最适材料也有所不同^[15]。本文微耳石鉴定所得的最大年龄为49龄,星耳石鉴定所得的最大年龄为35龄,脊椎骨鉴定所得最大年龄为34龄,鳃盖骨为34龄,臀鳞为22龄,胸鳞为19龄,侧线鳞为16龄,背鳞为17龄。在低于23龄时,微耳石与星耳石和脊椎骨鉴定的平均年龄之间无显著性差异($P>0.05$),相差年龄在1龄以内,显著高于鳃盖骨和四种鳞片($P<0.05$)。反映出在鉴定低龄个体时,微耳石、星耳石和脊椎骨作为年龄材料是可行的。分析原因为,鳃盖骨仅在边缘可观察到明暗相间排列的环纹,鳃盖骨基部变厚^[16],中心轮纹判别能力差,不易确

表 3 双须叶须鱼不同年龄材料的清晰度评分(4—14龄)

Tab. 3 Distribution of readability scores for different age materials of *Ptychobarbus dipogon* (4—14 years)

年龄材料 Ages structure	清晰度评分比例 Proportion of readability score				
	1	2	3	4	5
微耳石 Lapillus	9.43	66.04	18.87	5.66	
星耳石 Asteriscus	1.89	43.40	35.85	16.98	1.89
脊椎骨 Vertebrae	3.77	43.40	45.28	3.77	3.77
鳃盖骨 Opercular bones	1.89	64.15	30.19	1.89	1.89
臀鳞 Hip scale	16.98	56.60	24.53	1.89	
胸鳞 Chest scale	9.43	50.94	30.19	9.43	
侧线鳞 Lateral-line scale	11.32	56.60	28.30	1.89	1.89
背鳞 Back scale	11.32	60.38	24.53	3.77	

表 4 双须叶须鱼不同年龄材料的清晰度评分(14龄以上)

Tab. 4 Distribution of readability scores for different calcified structures of *Ptychobarbus dipogon* (more than 14 years)

年龄材料 Ages structure	清晰度评分比例 Proportion of readability score				
	1	2	3	4	5
微耳石 Lapillus	4.29	57.86	29.29	6.43	2.14
星耳石 Asteriscus	2.14	49.29	35.00	11.43	2.14
脊椎骨 Vertebrae	4.29	50.00	34.29	8.57	2.86
鳃盖骨 Opercular bone	2.86	51.43	36.43	6.43	2.86

定年龄^[13];鳞片随年龄增长易出现磨损或者停滞现象^[17],通常会低估高龄和生长速率慢的个体年龄^[13],只适用于对低龄、生长较快的鱼类进行年龄鉴定^[18],特别是裂腹鱼特有的臀鳞与其繁殖行为密切相关,致使鳞片的磨损很难避免^[19],裂腹鱼类的鳞片在长期进化过程中为适应高原寒冷的水域环境而存在着不同程度的退化^[12]。

然而高于23龄时,7种年龄鉴定材料均显著低于微耳石鉴定的平均年龄($P<0.05$)。星耳石高龄个体年轮特征不明显,杂纹较多^[20];脊椎骨首轮较难辨认^[21],轮纹较为密集,增加高龄鱼年龄鉴定的误差^[11],生活的地理环境特殊、环境条件恶劣,脊椎骨上年轮的形和排列可能受到环境条件的影响^[11, 12]。而耳石年轮标志明显,可判读力高^[22]。耳石生长是以与机体生长相对独立,在慢生长和高龄个体中比其他骨质材料生长更快,从而能更真实地记录周期性季节生长和年龄^[23],所以采用耳石估计生长缓慢和相对长寿命群体或种类的年龄更为准确^[24]。此外,与微耳石比较的平均百分比误差相比,星耳石、脊椎骨、鳃盖骨与之相差不大,4种鳞片与之差别较大。并且IAPE值随着年龄增加基本上呈现上升趋势反映出在高龄个体年龄鉴定水平上所产生的差异越来越大。

在国内许多学者对裂腹鱼不同年龄鉴定材料的比较研究中,得出耳石读数较其他年龄材料准确。马宝珊^[11]和周贤君^[12]分别通过研究异齿裂腹鱼和拉萨裂腹鱼的3种年龄材料(耳石、脊椎骨和鳃盖骨)发现耳石是年龄鉴定的最合适材料,霍斌^[25]研究尖裸鲤年龄材料发现采用耳石作为年龄鉴定材料其准确性和精确性要优于脊椎骨,并且耳石还是伊犁裂腹鱼^[26]、色林错裸鲤^[14]、软刺裸裂尻鱼^[27]、青海湖裸鲤^[3]的最佳年龄材料。

总而言之,双须叶须鱼8种年龄鉴定材料均为每年形成一个年轮,本研究通过不同年龄鉴定材料的比较发现,在进行年龄鉴定时微耳石所鉴定的最大年龄较其他年龄材料大,而其他的几种年龄材料均有不同程度的年龄阶段性差异。在鉴定低龄个体时,微耳石是双须叶须鱼年龄鉴定的最佳材料,星耳石和脊椎骨次之,鳃盖骨较差,鳞片不宜作为年龄鉴定材料;在鉴定高龄个体时,微耳石是双须叶须鱼年龄鉴定的最佳材料。

3.2 双须叶须鱼年龄结构与年龄鉴定探讨

杨鑫^[6]研究发现雅鲁藏布江中游的双须叶须鱼群体的年龄结构为3—24龄,反映出雅鲁藏布江双须叶须鱼群体年龄结构趋于简单。Li等^[7]研究了雅鲁藏布江及其支流的双须叶须鱼,其种群的年龄结

构分别为2—44龄,与本文研究结果类似,反映出双须叶须鱼在雅鲁藏布江中游流域年龄趋向低龄化,而双须叶须鱼在拉萨河流域的年龄结构群体尚未受到严重干扰。究其原因,采样点环境和人为干扰强度等差异是导致种群结构产生差异的主要因素^[6]。而且在3—6月,双须叶须鱼正处于繁殖期,加之浮游生物在此季节繁殖生长,易捕捞较大个体。

在不同水域中双须叶须鱼^[6]2种年龄材料的比较显示,脊椎骨与耳石鉴定的结果无显著性差异,耳石鉴定10龄以上的年龄大于脊椎骨鉴定的年龄。而本文研究仅是在鉴定低龄个体(小于23龄)时,微耳石、星耳石和脊椎骨作为年龄材料是可行的。分析其原因,可能是由于不同水域资源现状的差异和人为干扰的程度不同所致。交叉水域中双须叶须鱼3种耳石年龄材料的比较显示,核心模棱两可的星耳石导致难以辨别年龄,矢耳石易脆并经常破裂^[7],所以微耳石是双须叶须鱼的最佳年龄鉴定材料。

总而言之,无论是不同水域或者交叉水域,微耳石一直是双须叶须鱼最好的年龄鉴定材料,这与杨鑫^[6]、Li等^[7]的研究结果一致。

参考文献:

- [1] Wang X H, Dai Y G. Annulus characteristics and age diagnosis of *Tor (Folifer) Brevifilis Brevifilis* Peter [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2006, **15**(2): 247—251 [王晓辉, 代应贵. 瓣结鱼的年轮特征与年龄鉴定. 上海水产大学学报, 2006, **15**(2): 247—251]
- [2] Devries D R, Frie R V. Determination of Age and Growth. In: MurPhy B R, Willis D W (Eds.), *Fisheries Tehniques* (2nd edition) [M]. Bethesda: American Fisheries Society. 1996, 483—512
- [3] Xiong F, Chen D Q, Liu S P, et al. Annuli characteristics of the different ageing materials of *Gymnocypris przewalskii przewalskii* (Kessler) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30**(2): 185—191 [熊飞, 陈大庆, 刘绍平, 等. 青海湖裸鲤不同年龄鉴定材料的年轮特征. 水生生物学报, 2006, **30**(2): 185—191]
- [4] Polat N, Bostanci D, Yilmaz S. Comparable age determination in different bony structures of *Pleuronectes flesus luscus* Pallas, 1811 inhabiting the Black Sea [J]. *Turkish Journal of Zoology*, 2001, **25**(4): 441—446
- [5] Fisheries Bureau of Tibet Autonomous Region. Fish and Fishery in Xizang [M]. Beijing: China Agriculture Press. 1995, 114—115 [西藏自治区水产局. 西藏鱼类及其资源. 北京: 中国农业出版社. 1995, 114—115]
- [6] Yang X. Study on age, growth, feeding habits and population dynamics of *Ptychobarbus dipogon* in the Yarlung

- Tsangpo River [D]. Thesis for Master of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan. 2015 [杨鑫. 雅鲁藏布江双须叶须鱼年龄生长、食性和种群动态研究. 硕士学位论文, 华中农业大学, 武汉. 2015]
- [7] Li X Q, Chen Y F, He D K, *et al.* Otolith characteristics and age determination of an endemic *Ptychobarbus dipogon* (Regan, 1905) (Cyprinidae: Schizothoracinae) in the Yarlung Tsangpo River, Tibet [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2009, **86**(1): 53—61
- [8] Dou S Z. An introduction to fish otolith research: techniques and applications [J]. *Marine Sciences*, 2007, **48**: 93—113 [窦硕增. 鱼类的耳石信息分析及生活史重建——理论、方法与应用. 海洋科学集刊, 2007, **48**: 93—113]
- [9] Ihde T F, Chittenden M E. Comparison of calcified structures for aging spotted seatrout [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2002, **131**(4): 634—642
- [10] Yin M C. Fish Ecology [M]. Beijing: China Agriculture Press. 1995, 15—30 [殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社. 1995, 15—30]
- [11] Ma B S. Study on the biology and population dynamics of *Schizothorax o'connori* [D]. Thesis for Doctor of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan. 2011 [马宝珊. 异齿裂腹鱼个体生物学和种群动态研究. 博士学位论文, 华中农业大学, 武汉. 2011]
- [12] Zhou X J. Study on the biology and population dynamics of *Schizothorax waltoni* [D]. Thesis for Doctor of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan. 2014 [周贤君. 拉萨裂腹鱼个体生物学和种群动态研究. 博士学位论文, 华中农业大学, 武汉. 2014]
- [13] Hua Y Y, Shi L J, Li H Y, *et al.* Age discrimination of *Takifugu obscurus* Abe [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, **29**(3): 279—284 [华元渝, 石黎军, 李海燕, 等. 暗纹东方鲀年龄鉴定的研究. 水生生物学报, 2005, **29**(3): 279—284]
- [14] Chen Y F, He D K, Chen Y Y. Age discrimination of Selincuo Schizothoracini (*Gymnocypris selincuoensis*) in Selincuo lake Tibetan plateau [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2002, **48**(4): 527—533 [陈毅峰, 何德奎, 陈宜瑜. 色林错裸鲤的年龄鉴定. 动物学报, 2002, **48**(4): 527—533]
- [15] Li Q, Hu J F, Lan Z J, *et al.* The method of identifying age by using fish calcification [J]. *Biology Teaching*, 2010, **35**(6): 51—52 [李强, 胡继飞, 蓝昭军, 等. 利用鱼类钙化组织鉴定年龄的方法. 生物学教学, 2010, **35**(6): 51—52]
- [16] Li X, Shen J Z, Gong J, *et al.* A comparative study of four age validation structures for common carp (*Cyprinus carpio*) in Dianchi lake in Yunnan, China [J]. *Journal of Hydroecology*, 2015, **36**(5): 89—95 [李霄, 沈建忠, 龚江, 等. 滇池鲤4种年龄鉴定材料的比较. 水生生态学杂志, 2015, **36**(5): 89—95]
- [17] Yang J S, Chen Y F, He D K, *et al.* Studies on age determination and growth characteristics of *Gymnocypris cuoensis* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(4): 378—387 [杨军山, 陈毅峰, 何德奎, 等. 错鄂裸鲤年轮与生长特征的探讨. 水生生物学报, 2002, **26**(4): 378—387]
- [18] Shen J Z, Cao W X, Cui Y B. Comparison of scale and otolith for estimating age of *Carassius auratus* L [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, **25**(5): 462—466 [沈建忠, 曹文宣, 崔奕波. 用鳞片 and 耳石鉴定鲫年龄的比较研究. 水生生物学报, 2001, **25**(5): 462—466]
- [19] Zhu X F, Chen Y F. Preliminary study on the age and growth characteristics of *Schizothorax macropogon* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2009, **44**(3): 76—82 [朱秀芳, 陈毅峰. 巨须裂腹鱼年龄与生长的初步研究. 动物学杂志, 2009, **44**(3): 76—82]
- [20] Hu S D, Shen J Z, Ma X F, *et al.* Comparative studies on four calcified structures for age determination of common bream *Abramis brama* in Ulungur lake [J]. *Freshwater Fisheries*, 2015, **45**(6): 27—33, 38 [胡少迪, 沈建忠, 马徐发, 等. 乌伦古湖欧鳊四种年龄鉴定材料的比较分析. 淡水渔业, 2015, **45**(6): 27—33, 38]
- [21] Nie Y Y. Studies on age, growth and reproductive biology of *Gymnocypris potanini firmispinatus* Wu et Wu in the Anning river [D]. Thesis for Master of Science, Dalian Ocean University, Dalian. 2017 [聂媛媛. 安宁河硬刺松潘裸鲤年龄、生长与繁殖特性研究. 硕士学位论文, 大连海洋大学, 大连. 2017]
- [22] Li Z D, Shen J Z, Li X, *et al.* Comparison of four structures for age determination of Redfin Culter *Cultrichthys erythropterus* in Dianchi lake in Yunnan, China [J]. *Fisheries Science*, 2017, **36**(3): 330—335 [李宗栋, 沈建忠, 李霄, 等. 滇池红鳍原鲌4种年龄鉴定材料的比较. 水产科学, 2017, **36**(3): 330—335]
- [23] Casselman J M. Growth and relative size of calcified structures of fish [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1990, **119**(4): 673—688
- [24] Qiu H Y, Xu D P, Shi W G. A review of the relationship between fish otolith and age [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2009, **28**(3): 331—337, 374 [裘海雅, 徐东坡, 施炳纲. 鱼类耳石与年龄关系的研究进展. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2009, **28**(3): 331—337, 374]
- [25] Huo B. Study on the biology and population dynamics of *Oxygymnocypris stewartii* [D]. Thesis for Doctor of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan. 2014 [霍斌. 尖裸鲤个体生物学和种群动态学研究. 博士学位

- 论文, 华中农业大学, 武汉. 2014]
- [26] Cai L G, Niu J G, Tu E X, *et al.* Annuli characteristics of the different ageing materials of *Schizothorax (Racoma) pseudaksaiensis* (Herzenstein) [J]. *Journal of Hydroecology*, 2011, **32**(3): 78—81 [蔡林钢, 牛建功, 吐尔逊, 等. 伊犁裂腹鱼不同年龄鉴定材料的年轮特征比较. 水生生态杂志, 2011, **32**(3): 78—81]
- [27] Shen D Z, He C L, Song Z B. Age determination of Weakspine Schizothoracin (*Schizopygopsis malacanthus*) [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2007, **26**(1): 124—125, 241 [沈丹舟, 何春林, 宋昭彬. 软刺裸裂尻鱼的年龄鉴定. 四川动物, 2007, **26**(1): 124—125, 241]

VALUES OF EIGHT STRUCTURES AS AGE DETERMINATION OF *PTYCHOBARBUS DIPOGON*, TIBET AUTONOMOUS REGION

LIU Yan-Chao^{1,2}, LIU Shu-Yun³ and LIU Hai-Ping²

(1. Food Science College, Tibet Agriculture and Animal Husbandry University, Linzhi 860000, China; 2. Institute of Fisheries Science, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850002, China; 3. Finance Bureau, Linzhou County, Lhasa 850000, China)

Abstract: The morphology and annulus characteristics of *Ptychobarbus dipogon* were described by eight aging materials in Tibet Autonomous Region, China, and then the suitable aging materials were determined in term of structures and annuli characteristics of eight aging materials. Hip scale was seriously specialized, annulus characteristics of chest scale, lateral-line scale, back scale were not obvious. Compared with the lapillus, the average percentage error was 41.63% for hip scale, 51.26% for chest scale, 50.50% for lateral-line scale, and 51.26% for back scale. The average percentage errors of asteriscus (12.28%), vertebrae (15.67%), and opercular bones (17.81%) were little different from lapillus. Below 23 years old fish, the average age of lapillus was 14.39 years that was similar with asteriscus (13.13 years) and vertebrae (13.20 years), but it was significantly higher than opercular bones and four scales ($P<0.05$). Above 23 years old fish, the average ages of seven aging materials were significantly lower than that of lapillus ($P<0.05$). The maximal age was 49 years for lapillus, 35 years for asteriscus, 34 years for vertebrae, 34 years for opercular bones, 22 years for hip scale, 19 years for chest scale, 16 years lateral-line for scale, and 17 years for back scale. The relationship between the age of lapillus and body length was logarithm function ($P<0.01$). Therefore, the lapillus was the suitable age determination material for *Ptychobarbus dipogon*.

Key words: *Ptychobarbus dipogon*; Lapillus; Asteriscus; Vertebrae; Opercular bones; Scales; Age determination