

长江鲟幼鱼的听觉阈值研究

项杰 邹巧林 杜浩 王成友 危起伟

THRESHOLD OF THE JUVENILE *ACIPENSER DABRYANUS* DUMERIL

XIANG Jie, ZOU Qiao-Lin, DU Hao, WANG Cheng-You, WEI Qi-Wei

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2022.2021.0239>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

气体过饱和对长江鲟早期生活史的影响

THE EFFECTS OF DISSOLVED GAS SUPERSATURATION ON HATCHABILITY AND MORTALITY OF *ACIPENSER DABRYANUS* DUMERIL

水生生物学报. 2021, 45(4): 809–816 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.117>

褐菖的听觉阈值研究

THRESHOLDS FOR THE HEARING OF MARBLED ROCKFISH *SEBASTICUS MARMORATUS*

水生生物学报. 2018, 42(3): 593–598 <https://doi.org/10.7541/2018.074>

长江鲟*org*基因的克隆和表达分析

CLONE AND EXPRESSION ANALYSIS OF *ORG* GENE IN YANGTZE STURGEON (*ACIPENSER DABRYANUS*)

水生生物学报. 2021, 45(5): 958–965 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.108>

西伯利亚鲟幼鱼骨骼系统解剖研究

THE ANATOMY OF THE SKELETAL SYSTEM OF *ACIPENSER BAERI* JUVENILE

水生生物学报. 2019, 43(1): 117–122 <https://doi.org/10.7541/2019.015>

达氏鲟*gpr54*基因的克隆及Kisspeptin注射对其表达的影响

MOLECULAR CLONING OF *GPR54* GENES AND EFFECTS OF KISSPEPTIN INTRAPERITONEAL INJECTION ON ITS EXPRESSION IN *ACIPENSER DABRYANUS*

水生生物学报. 2018, 42(5): 896–902 <https://doi.org/10.7541/2018.110>

达氏鲟*Elov4*、*Elov5*和*Elov7*克隆、组织分布及饥饿对其表达的影响

MOLECULAR CLONING, TISSUE DISTRIBUTION OF *ELOVL4*, *ELOVL5* AND *ELOVL7* FROM *ACIPENSER DABRYANUS*

水生生物学报. 2020, 44(6): 1174–1181 <https://doi.org/10.7541/2020.136>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2022.2021.0239

长江鲟幼鱼的听觉阈值研究

项杰^{1,2} 邹巧林^{2,3} 杜浩^{2,3} 王成友^{1,2,3*} 危起伟^{2,3*}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院长江水产研究所农业农村部淡水生物多样性保护重点实验室, 武汉 430223; 3. 华中农业大学水产学院, 武汉 430072)

摘要: 试验采用室内噪声控制的方式模拟野外自然噪声环境, 以长江鲟(*Acipenser dabryanus* Dumeril)幼鱼为实验对象, 使用TDT听觉测试系统, 在100—500 Hz的刺激频率下, 通过听性脑干反应(Auditory Evoked Potential, AEP法)测定其听力阈值。结果显示, 长江鲟的最敏感频率为300 Hz, 声压为(133±0.5) dB, 听力曲线呈“V”型, 听觉阈值随着频率的不同而发生变化。总体看, 长江鲟听觉阈值较高, 听力较弱, 不能听到500 Hz以上的声音, 其中, 长江鲟的听觉阈值与湖鲟和匙吻鲟等鲟鱼类基本相似, 但比长江中常见的淡水鱼类的听觉阈值高、听频范围窄。研究结果将为长江鲟的野外放归和种群重建提供重要基础资料, 为评价涉渔工程建设运行对长江鱼类的影响提供基础数据支撑。

关键词: 听性脑干反应; 听觉阈值; 长江鲟

中图分类号: Q178.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2022)10-1563-06



随着人类活动在长江活动范围规模的日益增加, 长江上星罗密布的船舶、不断增加的桥梁及堤坝建设等带来的水下噪声污染也越来越多, 这些水下噪声的存在对生活在长江中的鱼类造成一定的不利影响^[1], 影响长江中鱼类的栖息、繁殖、迁徙、生长发育等。此外, 大部分鱼类可通过声音来完成定位、捕食、生殖和躲避天敌等一系列生命周期中的重要活动^[2]。研究表明^[3], 人为噪声会引起水生动物的听觉和行为学变化, 改变它们的发声、栖息和迁移等行为。

鱼类无外耳和中耳道, 内耳是主要的听觉器官, 主要由耳石、半规管、听囊及听囊内感觉上皮的听觉毛细胞组成。除了内耳外, 鱼类还有其他的辅助器官来提高听觉敏感性, 如鱼鳔将声压信号转化成粒子运动, 从而使得鱼类可以间接地感受水下声音的声压分量。此外, 韦伯氏器将鱼鳔与内耳直接相连在一起, 可提高鱼类对声压信号的可识别频率上限^[2]。

目前, 鱼类听觉研究较少, 尤其是听觉阈值, 听觉阈值是鱼类最基本的听觉特性, 是开展上述鱼类

听觉应用研究的基础。早期对于听觉阈值的测定主要采用行为条件反射的方法(Behavior Condition, 以下简称行为学方法), 通过在区域内播放指定声音, 当鱼靠近时, 给予相应奖励, 但这种方法需要对鱼类进行驯化, 时间周期长, 难以准确测定鱼类感知到的声音强度, 且对鱼类养殖要求高, 适用范围较窄。后续发展出了心电图法(Electrocardiograph, 以下简称ECG法)和听觉脑干反应或听觉诱发电位法(Auditory brainstem response, 或Auditory Evoked Potential以下简称AEP法)^[4]。ECG法需要对鱼体进行伤害性的外科手术, 将电极插入心脏附近记录心电图反应, 对鱼体伤害较大; AEP法是根据脑电信号变化来判断鱼对声音刺激的反应, 只需将电极接触颅骨即可记录脑电反应, 是一种微创的、无须复杂行为驯化、实验鱼可重复利用的高效技术手段, 是目前研究听力阈值的主要研究方法, 被广泛应用于鱼类的听觉损伤研究、声暴露试验等研究^[5]。

长江鲟(*Acipenser dabryanus* Dumeril), 属软骨硬鳞鱼类, 1988年列为国家一级重点保护动物, 2010年被世界自然保护联盟(IUCN)升级为极危级

收稿日期: 2021-10-18; 修订日期: 2022-06-24

基金项目: 国家自然科学基金(3197210455); 中央级科研单位基本业务费资助 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (3197210455); Fundamental Business Expenses for Central-level Scientific Research Institutions]

作者简介: 项杰(1996—), 男, 硕士研究生; 主要研究方向为鲟鱼听觉研究。E-mail: xiangjie2014@hotmail.com

通信作者: 王成友(1986—), 男, 副研究员; 主要研究方向为鱼类行为学和电生理。E-mail: Wangcy@yfi.ac.cn 危起伟(1960—), 男, 二级研究员; 主要研究方向为濒危水生动物保护。E-mail: weiqw@yfi.ac.cn *共同通信作者

(CR)保护物种。长江鲟是典型的洄游型鱼类, 主要分布在长江上游干流和部分重要支流^[6]。近年来, 随着长江大保护战略规划的实施, 越来越多的长江鲟被放归长江, 开展长江鲟的听觉研究是评估长江水下噪声尤其是船舶噪声对长江鲟放流个体影响的基础。本文利用听觉诱发电位研究了长江鲟的听觉阈值, 为长江鲟野外放归和种群重建提供重要基础参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

试验鱼取自长江水产研究所荆州太湖中华鲟繁殖基地, 为2018年繁殖的子三代长江鲟, 试验前试验鱼暂养于室内玻璃水槽中(150 cm×150 cm×100 cm)5d, 养殖用水为井水, 养殖水温为(19±0.3)℃。在试验鱼养殖期间, 对养殖环境噪声进行监测, 暂养水槽中的环境噪声约为(42±0.3) dB。采用AEP方法测定长江鲟的听力阈值, 选取20尾活力充沛的试验鱼, 体长为(481±20.5) mm, 体重为(439.42±42.42) g。

1.2 实验方法

实验装置 AEP法的试验装置由隔音室、声刺激系统及数据记录系统组成(图1)。声刺激采用水槽底部的水下扬声器(UW-30, Electro-Voice 美国)播放声音, 并置于鱼头部正下方15 cm处。声音信号由软件SigGenRZ (Tucker Davis Technologies TDT, 美国)产生, 并通过功率放大器(SANSUI, 山水电子, 中国)后输入TDT系统; 数据记录系统由TDT系统处理器(RZ6, 美国)和TDT前置放大器(RA4LI, 美国)组成, 数据由计算机记录并进行数据分析, 同时采用B&K 8103型水听器记录隔音室中的背景噪声和实际记录到的噪声, 通过BioSigRZ 软件对获得AEP波形进行记录与数据分析。隔音室内水体环境的背景噪声为30 dB, 隔音室与外界接地, 以屏蔽仪器等产生的杂波造成的干扰。

AEP测定方法 在进行听觉阈值测定前, 首先对实验鱼进行麻醉, 采用(中国, 渔夫宝公司)MS-222麻醉剂对鱼体进行麻醉, 用量为(3.7±0.2) μg/g 体质量, 待试验鱼只有鳃盖轻微扇动后进行实验。此时, 试验鱼除鳃盖轻微扇动外, 无全身性的肌肉

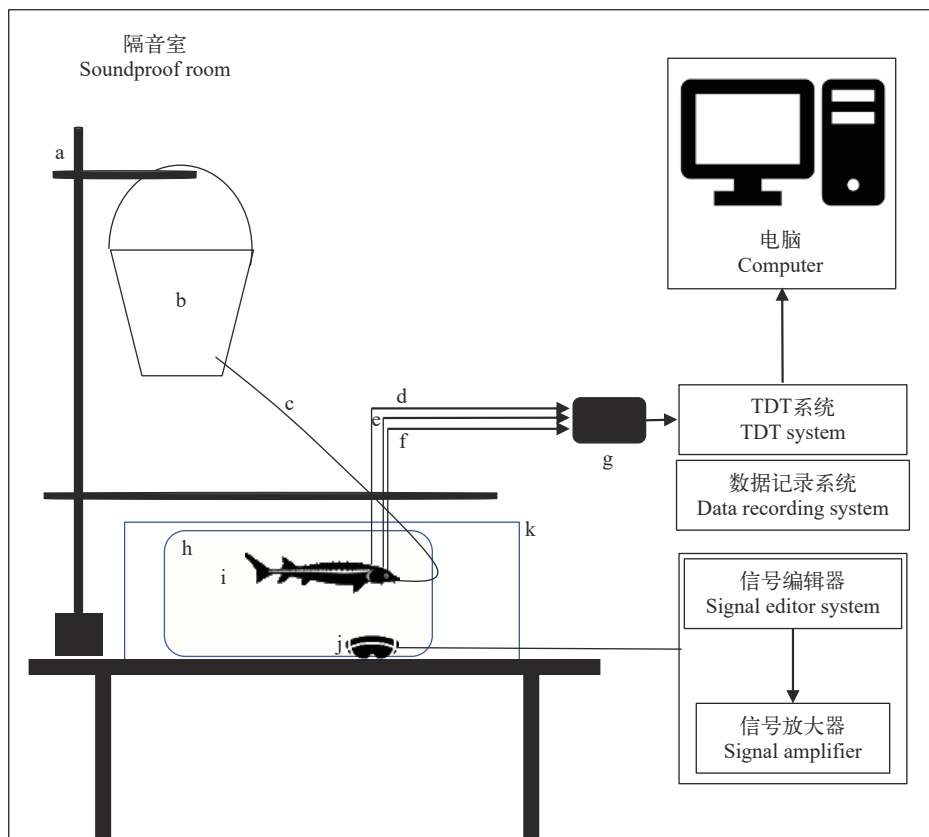


图1 实验装置图

Fig. 1 Experimental device

a. 固定支架; b. 曝气水; c. 呼吸软管; d. 记录电极; e. 参比电极; f. 接地电极; g. 前置放大器; h. 纱布; i. 实验鱼; j. 水下扬声器; k. 水槽
a. Fixed bracket; b. Aeration water; c. Breathing hose; d. Recording electrode; e. Reference electrode; f. Ground electrode; g. Pre-amplifier; h. Gauze; i. Experimental fish; j. Underwater speaker; k. Epoxy resin sink

收缩, 排除了肌电干扰。

鱼体麻醉后用纱网包裹后, 固定在“L”型支架上, 取 $(19\pm0.3)^{\circ}\text{C}$ 的井水, 以确保试验过程中水温 and 养殖水温一致, 实验过程中鱼体耳部没入水下, 仅头部略高于水面。同时, 实验过程中通过呼吸软管将曝气水注入实验鱼口中, 保证实验鱼的呼吸。

AEP 电极为直径为 0.1 mm 的金属针电极(美国, WPI 公司), 针长 15 mm。记录电极插入长江鲟后脑头骨正上方, 参考电极插入试验鱼双眼之间皮肤, 接地电极直接放入水体中。所有的电极均通过前置放大器(RA4LI, 美国)与 TDT 系统相连。

采用短纯音对试验鱼进行听觉阈值测定, 设置两个相位相反的刺激声音, 如 90 和 270 度, 如果它们诱发的脑电位波形具有重合性, 即可视为正确的 AEP 反应, 典型 AEP 波形的响应频率约为刺激频率的两倍, 如 100 Hz 的刺激信号产生的 AEP 波形中存在 2 倍刺激频率的信号, 即存在 200 Hz 的信号峰。设定的测定频率为 100、200、300、400 和 500 Hz, 由低频率向高频率进行测定, 声压测定范围为 150—130 dB, 以 5 dB 的声压级进行递减, 接近阈值时, 以 2 dB 进行递减, 直至观测到不可识别和不可重复的波形, 则为长江鲟听觉的最小声压级即听觉阈值。给予每尾长江鲟的刺激时间为 30 ms, 同一频率同一声压级下的测定时间为 30 s, 重复测定 2 次, 各频率声压级间测定间隔时间为 5 s。

此外, 设置死亡个体(因病)对照组, 因病死亡的个体无法记录到 AEP 波形, 不仅不存在 2 倍关系, 而且是类似随机信号的杂波。

1.3 数据处理

听觉阈值确定的方法参照张旭光等^[7]研究。所有数据平均值 $\pm$ 标准差(mean $\pm$ SD)表示, 并使用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行统计分析处理, 并对

记录到的听觉阈值数据进行 Excel 分析并绘制出听觉阈值图。

2 结果

2.1 AEP 波形

本实验所用的 20 尾长江鲟均测得 AEP 波形。典型的长江鲟 AEP 波形包括 3—5 个正向波峰, 长江鲟的 AEP 潜伏期较短, 随着频率的变化和刺激声强度的变化而发生变化, 频率不同时, 潜伏期从低频率至高频率, 不断缩短, 从 100 Hz 的 3.7 ms 到 500 Hz 的 2.5 ms。当频率相同时, 从低强度至高强度, 潜伏期也在逐渐缩短。长江鲟的 AEP 波形最大振幅也随着频率的增加而递减(图 2)。

2.2 长江鲟的听力图

试验所用的 20 尾长江鲟在 100—500 Hz 的频率范围内均记录到了 AEP 波形, 将每一频率记录的阈值进行平均, 不同频率间的阈值数据间存在显著性差异($P<0.05$)。

将每一频率的阈值平均, 做出长江鲟的听力曲线图(图 3)。由图可知其听力曲线呈现一个 V 形, 不同频率阈值均高于 130 dB。其中 200—300 Hz 为敏感频率, 其中最敏感频率是 300 Hz, 其阈值约为 (133 ± 0.5) dB。

3 讨论

3.1 长江鲟的听觉能力与其他鱼类的比较

与其他鱼类如湖鲟(*Acipenser fulvescens*)和匙吻鲟(*Aspiolucius merzbacheri*)等类似, 长江鲟的 AEP 波形也具有潜伏期, 一般由 3—5 个波峰组成, 波形较为明显, 在高于阈值 10—20 dB 时即可得到清晰的反应波形, 且其听觉阈值随着刺激声音频率变化而不同, 这反映了长江鲟对不同频率的选择性。

在实验中, 长江鲟听觉的测试频率只控制在

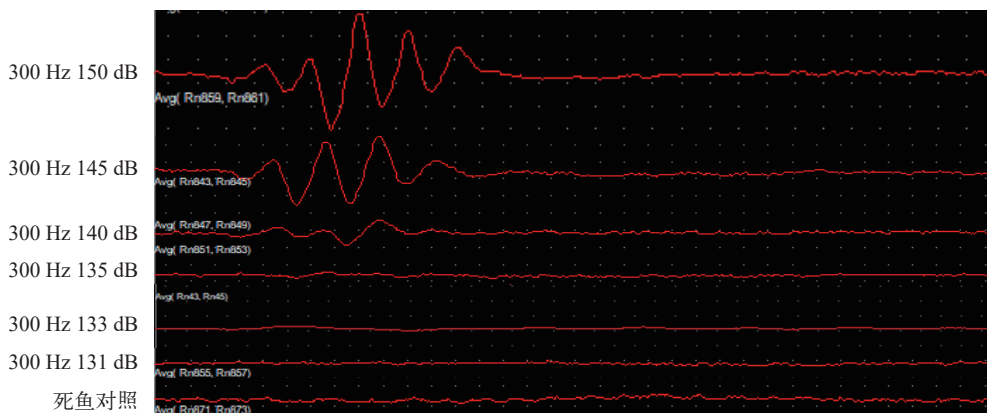


图 2 300 Hz AEP 波形图及死亡个体对照

Fig. 2 The 300 Hz AEP waveform and control of dead fish

500 Hz以下, 主要考虑长江鲟对500 Hz以上的声音敏感性差, 在150 dB仍不能产生正常的AEP波形。Keyon等^[8]于1998年测定了金鱼(*Carassius auratus* Linnaeus)的听觉阈值, 发现金鱼可以听到100—5000 Hz的声音, 最低听阈为64.0 dB。而Lovell等^[9]在2006年测定了鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙(*Aristichthys nobilis*)的听觉阈值, 结果表明, 鲢和鳙可以听到100—3000 Hz的声音, 鲢的最低听阈为104.2 dB, 鳙的最低听阈为105.7 dB。与上述鱼类相比(图4), 长江鲟的听觉频率较窄, 听觉阈值较高, 听觉曲线呈“V”型, 而非“U”型, 其听力阈值不存在一个明显的频率区间, 这可能与本实验刺激频率区间较窄有关; 另外, 可能与长江鲟的声压感受较弱有关。而鲤形目和鲇形目鱼类具有韦伯氏器等听觉辅助器官, 对声压较为敏感, 因此它们的听觉能力具有较宽的频谱和较低的阈值。长江鲟为典型的底栖鱼类, 没有听觉辅助器官, 因此对低频声压和振动信号更为敏感^[10]。此外, 长江鲟的耳石是较为松散的耳砂, 也可能影响其听觉能力^[11]。

目前, 鲟类的听力阈值的研究仅有湖鲟(*Acipenser fulvescens*)和匙吻鲟(*Aspiolucius merzbacheri*)的相

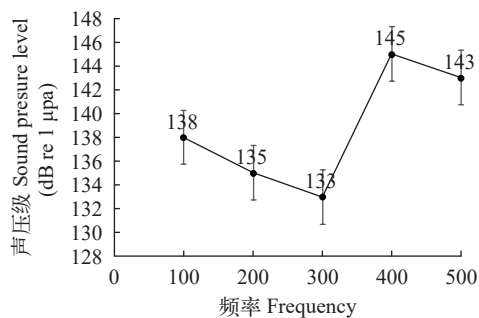


图3 长江鲟的听觉阈值图

Fig. 3 The auditory threshold of the Yangtze sturgeon

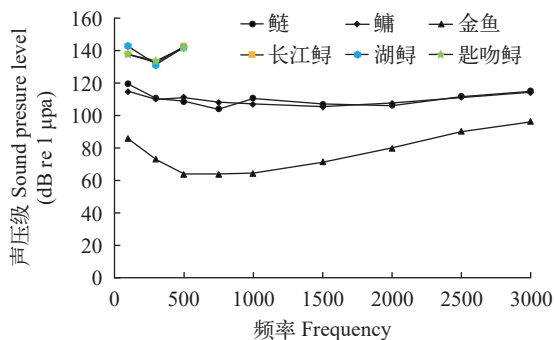


图4 长江鲟与其他鱼类听觉阈值的比较(引自Keyon T, Lovell J M, Halvorsen M B)

Fig. 4 Comparison of auditory threshold between Yangtze River sturgeon and other fish (Quoted from Keyon T, Lovell J M, Halvorsen M B)

关报道^[11]。湖鲟的听觉阈值为200 Hz 130.5 dB, 匙吻鲟的听觉阈值为300 Hz 133 dB。本研究长江鲟的听力阈值为300 Hz (133±0.5) dB, 与湖鲟和匙吻鲟的结果较为接近。

有研究表明^[12], 部分鲟在繁殖季节是通过声音进行交流的。在繁殖季节, 不同的鲟属发出的声音是不同的, 可分为“尖叫”“啾啾”“敲”和“呻吟”四种类型的声音, 且研究发现表明, 如密苏里铲鲟和密西西比铲鲟在其繁殖期间产生的“敲”和“呻吟”声的频率分别为160和370 Hz, 这恰好处于鲟可听见的频率范围内^[12]。因此在繁殖季节尝试观察记录长江鲟是否会发声, 以及通过声音诱导其繁殖行为是一种值得探索的途径。

3.2 长江水下噪声对长江鲟产生的影响分析

近年来, 随着经济的不断发展, 长江大坝建设、港口、桥梁修建、航道整治、采砂及船舶通航都会产生水下噪声^[13], 噪声的存在不仅会破坏长江鱼类的听觉, 也会引起行为学的变化, 如无法准确对猎物进行定位、无法及时躲避天敌等, 甚至会导致鱼类逃离产卵场从而影响自然繁殖。

Celi等^[14]的研究则指出人为噪音对鱼的多项生化指标有消极影响: 试验以大西洋鲷(*Sparus aurata*)为研究对象, 测定船只噪音对试验鱼促肾上腺皮质激素(ACTH)、皮质醇、血糖、乳酸、血细胞比容和热休克70 kD 蛋白等10个血液指标的影响。10d的噪音暴露试验结果显示, 噪音几乎对所有评估的血液指标都有巨大的影响, 各指标出现显著升高。Voellmy等^[15]研究发现, 暴露于船只噪音之下的三刺鱼(*Gasterosteus aculeatus*)和米诺鱼(*Phoxinus phoxinus*)摄食大水蚤(*Daphnia magna*)的数量明显减少, 并表现出更多的惊吓反应, 其中三刺鱼的捕食失误率明显增加, 而米诺鱼的静止时间增加, 摄食积极性下降。而桥梁建设过程中的打桩噪声及水下爆破等甚至会直接导致鱼类的器官及组织受损, 进而导致死亡^[16]。Codarin等^[17]研究发现, 保护区内游艇发出的噪音对于当地3种主要鱼类的听觉阈值有极大的影响, 尤其对于鱼类用于交流的听力频段影响尤为显著。鱼类的很多行为都与声音有关, 例如交配、猎食和定位等等。噪音会掩蔽鱼类重要的听觉信号, 干扰鱼类对正确信息的接收, 做出错误的抉择, 导致猎食活动失败^[17]。长此以往鱼类会因摄食不足而影响健康状况。因此, 噪声的存在对于鱼类的影响是多方面存在的。

作者曾在2019年12月对长江宜昌江段上的船舶通行和背景噪声进行监测发现, 在该时间段内的江段中, 监测到的噪声声压级均在135 dB左右, 均

大于长江鲟的听觉阈值, 部分水域达到了163.58 dB, 远大于长江鲟的听觉阈值。长江鲟的鳔属于管鳔型, 通过气动脉连接到肠道, 从而使鱼从水中获取大量气体或驱逐空气快速调整鱼鳔内空气的体积^[16], 在遭遇到脉冲刺激时, 可以快速地通过减少鱼鳔内的气体体积来达到避免伤害的目的^[18]。船舶噪声的来源是多方面的, 不仅包括船舶行驶过程中产生的噪声, 也包括发动机、船体振动等均会产生噪声^[19, 20], 这些噪声的存在势必会对长江鲟的听觉产生影响。

在对湖鲟和匙吻鲟的研究中^[11], 其采用大规模的声场去产生大规模的粒子运动使得测试鲟鱼能“听”见声音, 而打桩就是一个典型的产生振动的过程, 其产生的振动能被鲟鱼清晰感知, 并通过鳔内气体的交换来规避伤害。因此, 对于振动在水下产生的大规模粒子运动可能会更易被长江鲟识别感知, 在后续的研究中, 还需探寻长江鲟对于粒子运动的感知情况, 可以采用更多的水下扬声器去形成更大的粒子运动场来观察长江鲟对于粒子运动的敏感性, 也可以采用振动的方式去观测长江鲟对于振动的敏感性, 从而判断振动噪声对于长江鲟的影响。

长江鲟是长江水生生态系统健康状况的重要指示生物, 是长江水生生物多样性保护的旗舰物种和保护物种。本研究将对长江鲟的野外放归和种群重建提供重要基础资料, 填补了我国鲟鱼类听力研究的数据, 同时可以对涉渔工程建设运行对长江鲟类影响评价提供基础数据支撑。

参考文献:

- [1] Shi N, Li Y W, Liu Z H, *et al.* Influence of noise on fish [J]. *Journal of Chongqing Normal University* (Natural Science), 2017, **34**(4): 28-32. [石妮, 李英文, 刘智皓, 等. 噪声对鱼类的影响. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2017, **34**(4): 28-32.]
- [2] Xing B B, Yin L M, Zhang G S, *et al.* Progress on the auditory characteristics of fish and their application [J]. *Marine Fisheries*, 2018, **40**(4): 495-503. [邢彬彬, 殷雷明, 张国胜, 等. 鱼类的听觉特性与应用研究进展 [J]. *海洋渔业*, 2018, **40**(4): 495-503.]
- [3] Chen S, Huang H L, Zhang G S, *et al.* Research on the effective range of the acoustic conditioning [J]. *Fishery Modernization*, 2013, **40**(1): 36-39. [陈帅, 黄洪亮, 张国胜, 等. 音响驯化对鱼类有效作用范围的研究 [J]. *渔业现代化*, 2013, **40**(1): 36-39.]
- [4] Ladich F, Fay R R. Auditory evoked potential audiometry in fish [J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2013, **23**(3): 317-364.
- [5] Meyer M, Popper A N, Fay R R. Coding of sound direction in the auditory periphery of the lake sturgeon, *Acipenser fulvescens* [J]. *Journal of Neurophysiology*, 2012, **107**(2): 658-665.
- [6] Sun L Y, Wei Q W, Zhang H, *et al.* Surveys on spatial distribution of fishes based on hydroacoustics from Xiangjiaba Dam to Yibin reach of the Upper Yangtze River [J]. *Freshwater Fisheries*, 2014, **44**(1): 53-58. [孙立元, 危起伟, 张辉, 等. 基于水声学的长江上游向家坝至宜宾江段鱼类空间分布特征 [J]. *淡水渔业*, 2014, **44**(1): 53-58.]
- [7] Zhang X G, Guo H Y, Song J K. Thresholds for the hearing of marbled rockfish *Sebasticus marmoratus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2018, **42**(3): 593-598. [张旭光, 郭弘艺, 宋佳坤. 褐菖鲢的听觉阈值研究 [J]. *水生生物学报*, 2018, **42**(3): 593-598.]
- [8] Kenyon T N, Ladich F, Yan H Y. A comparative study of hearing ability in fishes: the auditory brainstem response approach [J]. *Journal of Comparative Physiology A*, 1998, **182**(3): 307-318.
- [9] Lovell J M, Findlay M M, Nedwell J R, *et al.* The hearing abilities of the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2006, **143**(3): 286-291.
- [10] Chen Z L. Protection and utilization of sturgeon resources in Yangtze River [J]. *Journal of Hubei Agricultural College*, 1998(4): 334-336. [陈曾龙. 长江鲟鱼类资源的保护和利用 [J]. *湖北农学院学报*, 1998(4): 334-336.]
- [11] Lovell J M, Findlay M M, Moate R M, *et al.* The inner ear morphology and hearing abilities of the Paddlefish (*Polyodon spathula*) and the Lake Sturgeon (*Acipenser fulvescens*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2005, **142**(3): 286-296.
- [12] Johnston C E, Phillips C T. Sound production in sturgeon *Scaphirhynchus albus* and *S. platyrhynchus* (Acipenseridae) [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2003, **68**(1): 59-64.
- [13] Sun L Y. Effects of damming on spatial distribution of river fishes: revealed by fisheries acoustic method [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013: 18-25. [孙立元. 筑坝对河流鱼类空间分布影响的水声学研究所 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2013: 18-25.]
- [14] Celi M, Filiciotto F, Maricchiolo G, *et al.* Vessel noise pollution as a human threat to fish: assessment of the stress response in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, Linnaeus 1758) [J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2016, **42**(2): 631-641.
- [15] Voellmy I K, Purser J, Flynn D, *et al.* Acoustic noise reduces foraging success in two sympatric fish species via different mechanisms [J]. *Animal Behaviour*, 2014(89): 191-198.

- [16] Halvorsen M B, Casper B M, Matthews F, *et al.* Effects of exposure to pile-driving sounds on the lake sturgeon, Nile tilapia and hogchoker [J]. *Proceedings Biological Sciences*, 2012, **279**(1748): 4705-4714.
- [17] Codarin A, Wysocki L E, Ladich F, *et al.* Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy) [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2009, **58**(12): 1880-1887.
- [18] Chen H, Wang B, Zhou B, *et al.* Characterization, phylogeny, and responses of leptin to different nutritional states in critically endangered Yangtze sturgeon (*Acipenser dabryanus*) [J]. *Aquaculture*, 2020(525): 735296.
- [19] Hu P T. Analysis of measurement and control methods of large ship noise [J]. *Practical Electronics*, 2018(S1): 66-67. [胡鹏涛. 大型船舶噪声测量与控制方法探析 [J]. 电子制作, 2018(S1): 66-67.]
- [20] Sun X R, Zhu X. Survey and tendency of study on the underwater noise of ship structure [J]. *Journal of Vibration and Shock*, 2005, **24**(1): 106-113. [孙雪荣, 朱锡. 船舶水下结构噪声的研究概况与趋势 [J]. 振动与冲击, 2005, **24**(1): 106-113.]

THRESHOLD OF THE JUVENILE *ACIPENSER DABRYANUS* DUMERIL

XIANG Jie^{1,2}, ZOU Qiao-Lin^{2,3}, DU Hao^{2,3}, WANG Cheng-You^{1,2,3} and WEI Qi-Wei^{2,3}

(1. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. State Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China; 3. Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430072, China)

Abstract: As an important “golden waterway” in China, the Yangtze River has suffered more and more destruction by human activities, such as ship transportation, channel improvement, bridge construction, hydraulic operations, dock loading and unloading, all of those caused noise pollution and influenced the fish lived in the river, even caused fish death. *Acipenser dabryanus* Dumeril as an important fish in the Yangtze River, its necessary to evaluate how the noise effects it. Based on this, in order to simulate the natural noise environment in the wild, the indoor noise control was used to this experiment, a stimulation frequency of 100—500 Hz was set, the Auditory Evoked Potential was used to test the threshold of juvenile Yangtze sturgeon (*Acipenser dabryanus* Dumeril). The results showed that the most sensitive frequency of the *Acipenser dabryanus* Dumeril is 300 Hz, the sound pressure is (133±0.5) dB, the hearing curve of *Acipenser dabryanus* Dumeril is a “V”-shaped. Different from other fishes, the *Acipenser dabryanus* Dumeril has a higher hearing threshold, but it cannot hear frequency above 500 Hz. Compared with the *Acipenser fulvescens* and *Aspiolucius merzbacheri*, the hearing thresholds between the three are similar. When compared with the common freshwater fish in the Yangtze River, the results showed that *Acipenser dabryanus* Dumeril has a higher threshold and narrower range of hearing frequency. Results of the experiment will provide important basic data for the protection and population reconstruction of the *Acipenser dabryanus* Dumeril, which also can provide basic data support for evaluating the impact of the fish-related projects of the fish lived in the Yangtze River.

Key words: Auditory brainstem response; Hearing threshold; *Acipenser dabryanus* Dumeril