

南方鲇上颌须和下颌须神经外周和中枢味觉反应的比较研究

赵磊 张鹏 龙天澄 周文良

(中山大学生命科学学院, 广州 510275)

摘要: 采用组织切片、电生理和束路追踪等方法对南方鲇口外皮肤受外界化学物质刺激时面神经主要感觉支(上颌须神经和下颌须神经)及其味觉初级中枢(面叶)的诱发放电进行研究。结果表明: (1) 南方鲇面叶分成大小2叶, 所占体积分别为 $(73 \pm 3)\%$ 和 $(58 \pm 4)\%$ 。上颌须皮肤的味觉传入神经(上颌须神经)投射到大叶的背中位置, 下颌须皮肤的味觉传入神经(下颌须神经)投射到小叶的腹中和背中位置; (2) 判断上下颌神经放电反应可知最有效的刺激物是 L-ala 和 L-arg, 且二者存在交叉反应和脱敏现象。上颌须神经反应更敏感; (3) 面叶中上颌须神经投射区域, L-arg 和 L-ala 引起的反应较强; 下颌须神经投射区域中, L-his 和 Qhd 引起的反应较强。这些结果显示南方鲇面神经的感觉支对不同化学物质具有不同感受性且在其面叶上的投射也具有躯体分布特异性。

关键词: 南方鲇(*Silurus meridionalis* Chen); 面叶与面神经; 口外味觉反应; 诱发放电; 束路追踪

中图分类号: Q424 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2008)01-0054-08

早期研究已证明鱼类的味觉是通过面神经、舌咽神经和迷走神经进行传导的。面神经主要调节控制口外的头部、体部等皮肤的味觉与触觉的感受。其初级中枢是面叶, 一对位于延脑表面的隆起结构^[1], 而面神经在其外周皮肤支配区域对氨基酸的反应高度敏感^[2-4]。运用解剖学和电生理学对鲤鱼类和鲇鱼类等鱼种^[5-9]面神经外周感受区域及其面叶的诱发放电反应的单方面研究已有, 但是关于面感觉神经和中枢之间的关系研究较少。鲇鱼类由于其发达和高敏感性的味觉系统反应成为研究味觉反应的模板动物。南方鲇生活在水体的中下层, 视觉系统与其他感觉系统相比欠发达, 主要借助口周对称的须: 鼻须、上颌须、下颌须探究周围环境。本文在前人基础上对其面神经主要感觉支(上颌须神经和下颌须神经)反应和两者在面叶投射区域中诱发放电反应进行研究, 从形态组织和电生理学方法入手, 进一步分析鱼类面叶构筑中的特征, 探讨面叶与外部味觉感受器之间的对应关系, 建立鱼类面叶感觉信息处理机制的局部神经回路的基础。

1 材料和方法

1.1 实验动物 五月龄南方鲇(*Silurus meridionalis*

Chen), 100—150g/尾, 体长10cm, 雌雄不拘。购于广东省水产研究所南海养殖基地。实验室24h循环水中饲养。7天后用来做组织化学和电生理研究。

1.2 常规石蜡切片 选取南方鲇8尾。用肌松剂麻醉后取脑, 速用10%的缓冲中性福尔马林液于37℃温箱内固定1—2周, 按照常规切片方法进行脱水透明透蜡包埋, 制成17μm冠状切片, HE和甲苯胺蓝染色, 光镜下进行观察照相。

1.3 单标记DiI追踪技术 选取南方鲇10尾。在含MS 222(150mg/L)的鱼池中麻醉之后放在鱼型夹中, 手术过程中用含MS 222(90mg/L)循环水进行人工呼吸。在眼眶位置用微电泳仪(Model JL-H2000)(3—5μA 正电流脉冲, 注射和间隔时间5s)将含1% DiI的DMSO溶液分别注射到面神经上颌支和下颌支处, 持续时间20min。手术后注射部位用灭菌琼脂块包裹。缝皮后用KMnO₄(1—3ppm)消毒。术后存活1—2个星期。麻醉后从动脉球灌入20mL ringer's 液体和50mL含2%多聚甲醛的0.1mol/L磷酸缓冲液(pH7.2)。取脑置4℃2%多聚甲醛液中5h, 用含30%蔗糖1mol/L磷酸缓冲液4℃保存过夜。包埋在蛋白明胶中冰冻切片50μm, 冠状切片在0.1mol/L磷酸缓冲液清洗3次, 封片, 共聚焦显微镜

收稿日期: 2006-01-17; 修订日期: 2007-04-01

基金项目: 国家自然科学基金(30070104)资助

作者简介: 赵磊(1979—), 女, 汉族, 湖南衡阳人; 博士; 主要从事神经生理学方面的研究

通讯作者: 龙天澄, E-mail: crystal-zl@163.com; 周文良, E-mail: crystalzl1979@yahoo.com.cn

(Leica TCS-SP2)下观察照相。

1.4 电生理记录 选取南方鲇 50 尾。麻醉方法同 1.3。(1)暴露两条神经分支,游离神经周围组织,在两条神经各自的外周端放置一对 Ag-AgCL 电极记录神经放电;(2)用牙钻在鱼头盖骨凶门位置钻开,轻轻吸走脑表面的脑脊液。露出延脑表面第四脑室两侧隆起的面叶。在面叶上选取沿着头尾轴线的 38 个位点放置玻璃微电极(阻抗 $2-5\text{M}\Omega$, 尖端 $2-5\mu\text{m}$, 含有 3mol/L NaCl , 5% 滂安天蓝)记录面叶中的诱发放电;(3)通过 10mL/min 的过滤水各自流经上唇、上颌须、下唇和下颌须表面皮肤,在水流中各自添加 $0.5\text{mL } 0.3\text{mol/L}$ 浓度的刺激物质 6 种 L 型氨基酸(丙氨酸、精氨酸、组氨酸、甘氨酸、甲硫氨酸和赖氨酸)和奎宁($\text{pH } 7.1-\text{pH } 7.8$)。用染料分光光度法测到最后流到皮肤上物质终浓度是初浓度的 50% , 到达时间是注射后 10s 。整个过程中所有电信号通过多通道生物信号采集系统(BL420E^+)进行数据记录与分析。

2 结 果

2.1 形态组织和神经投射

面神经的主要外周分支 整体组织解剖研究表明南方鲇面神经多个外周神经分支:眼部浅支和三叉神经的眼部浅支并行,分布到眼部和鼻腔的背面;口腔支分布到口腔部;颌支分布到颌部;舌颌支分布到下颌、舌弓、舌颌骨、腮盖、腮弓等。上颌须支分布在上唇和上颌须;下颌须支分布在下唇和下颌须。复发神经分支分布在躯干部。外周神经形成神经节复合体以后再进入面叶中,其中上颌须神经和下颌须神经是最重要的面神经感觉支。它们的外周感受野区域所含味蕾数量较之其他区域最为丰富。

上颌须神经和下颌须神经在面叶投射区域的组织结构 面叶一对,位于第四脑室底部两侧成柱形。横切面上分成两小叶,包括一大型大叶和一小型小叶。两小叶在面叶中沿着头尾轴线延伸,而在面叶中出现的位置及所占的体积各不相同。大叶出现在面叶近头部,延伸至面叶 $3/4$ 处面积逐渐减小;小叶在面叶近中部 $1/8$ 处出现一直延伸逐渐面积增大(图 1)。两者在面叶中部 $1/2$ 位

置重叠出现。束路追踪技术证明上颌须神经投射到大叶的背中位,后者投射到小叶的背中和腹中位(图 2A, B, C)。

2.2 电生理记录

上颌须和下颌须神经的外周味觉传入 机械刺激证明上颌须神经的外周皮肤支配区域是上唇和上颌须表面皮肤,而下颌须神经来自下唇和下颌须表面的皮肤。在对化学刺激物的整合反应中,对两种神经分支的放电表明 L-ala 和 L-arg 最有效。L-his 和 Qhcl 引起的反应也大于 60% 。而刺激物在上颌须神经感受野引起反应的幅度和频率都比较强(图 3)。L-ala 和 L-arg 在皮肤上引起的交叉适应性反应如图 4。将 L-ala 作为适应性物质代替水流连续不断冲洗外周皮肤, 5min 后在上颌须和下颌须神经上记录到的原有放电信号消失,出现脱敏现象,但是对 L-arg 的反应不变未受影响。停用 L-ala 改用水流冲洗, 10min 后对 L-ala 反应重新出现。这说明两种氨基酸的反应互相不受影响。用 L-arg 作适应性刺激物同样出现适应性和脱敏现象。

两种面神经分支在面叶投射区域的诱发放电 面叶中的神经细胞多数对机械刺激有反应,而对味觉刺激有反应的神经细胞在面叶的分布有躯体特异性如图 5。在面叶中记录了超过 300 个点的诱发放电反应,其中有 100 个对味觉和触觉刺激都有反应,20 个只对味觉刺激有反应。且味觉刺激引起反应的神经细胞主要集中在面叶的背部区域。在面叶表面 38 个记录点中,与味觉刺激有关的点(1-3, 6, 7, 11-13, 16-19, 22, 23, 25)位于上颌须神经投射区域,(14, 15, 19-21, 25-27, 30-33, 36-38)位于下颌须神经投射区域。两种神经分支的远端感受野投射到面叶尾端,近端感受野投射到面叶头端。两者的感受野在面叶成倒置形态,且面叶中与上颌须神经有关的体积较大。在上颌须神经投射区域中味觉刺激引起的放电主要在脑表面以下 $0.7-1.5\text{mm}$ 。而下颌须神经投射区域中是在脑表面下 $0.5-1.0\text{mm}$ 。图 6 展示了两条神经分支及它们在面叶投射区域中对味觉刺激的同步放电图形。在上颌须神经投射区域, L-ala 和 L-arg 引起的反应较强。在下颌须神经投射区域, L-his 和 Qhcl 引起的反应较强。

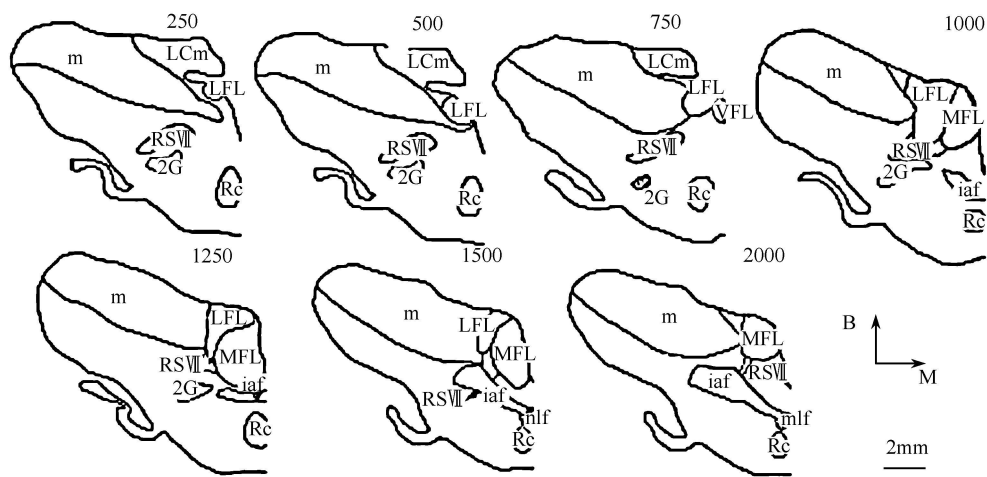


图 1 面叶石蜡横切片示意图

Fig. 1 Transverse paraffin section of the FL

在每个横切片左上角数字是表示其切片中所处的位置(μm)。2G, 次级味觉束; iaf, 中束纤维; L_a 前部侧线叶; L_p 后部侧线叶; LFL, 外侧面叶; m, 后侧线叶分子层; mlf, 中纵束; MFL, 中间面叶; mF, 面神经运动神经元; Rc, 髓质网状结构; RDV, 三叉神经下行束; RSVII, 面神经感觉根

B, 背面

Number above the left of each transverse section indicates (μm) from rostral to caudal. 2G, secondary gustatory tract; iaf, internal arcuate fibers; L_a, anterior lateral line lobe; L_p, posterior lateral line lobe; LFL, lateral facial lobe; m, molecular layer of the posterior lateral line lobe; mlf, medial longitudinal fasciculus; MFL, medial facial lobe; Rc, medullary reticular area; RDV, descending trigeminal nerve; RSVII, sensory root of facial nerve; B back

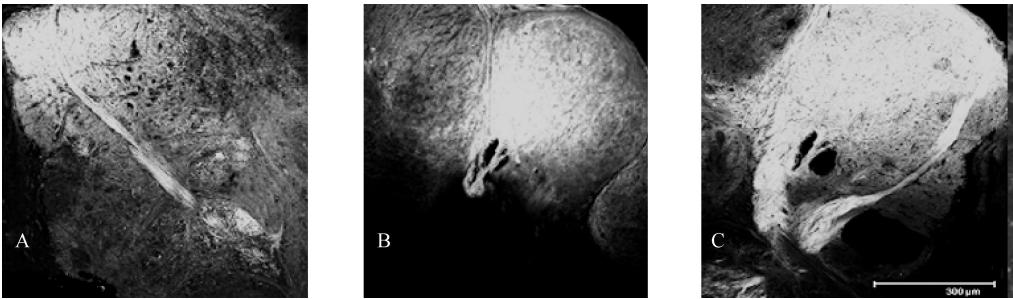


图 2 DiI 标记神经在面叶上的投射图

Fig. 2 Photomicrographs of brain sections of southern catfish showing diI-labeled facial fibers projecting to the facial lobe

A. 标记染料的下颌须神经在面叶右面横切片上的投射图; B. 标记染料的上颌须神经在面叶左面横切片上的投射图; C. 同时标记染料的下颌须神经在面叶右面横切片上的投射图

(A) transverse section of the right side of FL shows the projection of the diI-labeled mandibular branch in the FL; (B, C) transverse sections of the left side of FL show the projection of the diI-labeled maxillary or the two branches in the FL

3 讨论

3.1 鲇鱼面叶的叶状结构

味觉传入神经在硬骨鱼类中大多数形成一系列源于内脏感觉区的背部膨大部分或叶。在鲤鱼、鲇鱼和鳊鱼中都存在这种味觉初级中枢结构。而与口外味觉有关的初级中枢称为面叶。通常位于第四脑室, 两侧是内脏感觉区, 是第九、十脑神经的中枢所在地。其外部形态很不相同。例如鲤鱼 (*Cyprinidae*) 的面叶是不对称结构位于正中位置, 每一半由同侧神

经支配。而鲇鱼 (*Ictaluridae*) 的面叶是对称性结构一对, 位于第四脑室底部两侧, 横切面上类似两根立方方形柱子, 有神经纤维束将每叶又分成三或多个小叶。

鲇鱼面叶的叶状结构已经在两个种类中得到报道: 湖水类鲇鱼和海水类鲇鱼。湖水类鲇鱼中, 白须鲇鱼 (*Ictalurus nebulosus*) 和沟鲇鱼 (*Plotosus lineatus*) 面叶结构分别是 2 小叶和 4 小叶; 海水类鲇鱼中, 海鲇鱼 (*Arius felis*) 的面叶结构是 3 小叶^[10-12]。面叶的叶状结构分区意味着在中枢中也存在与其外周相适

应的区域特异性分布。例如海鲇鱼具有 3 对不等长的须, 相对应的传入神经分别投射到面叶的 3 个不同小叶中, 其范围和面积也不相同。而白须鲇鱼具有 2 对不等长的须, 其中部面叶接受来自下唇、面部和下颌须的神经投射, 间中部面叶接受来自上颌须、上唇和头顶皮肤的神经投射。有 4 对须的沟鲇, 其面叶相应具有 4 个小叶, 每个小叶与须都有一定的对应性。它们面叶中小叶的分区恰好与须的数量相

对应。而南方鲇只有两对不等长的须, 相对应的小叶只有两个。其上下颌须的长度分别是 (10 ± 0.5) mm 和 (5 ± 1) mm (SEM $\pm$ SD, $n = 10$), 两者在面叶的相应投射区域面积各自为 $36 \times 10^4 \mu\text{m}^2$ 和 $8 \times 10^4 \mu\text{m}^2$ (SEM $\pm$ SD, $n = 10$)。这和人研究得出的结论基本一致。这也说明了南方鲇面叶分区的复杂程度是和触须的多寡有一定程度的关系, 而其外周感受野与其初级中枢之间具有一定的躯体特异性关系。

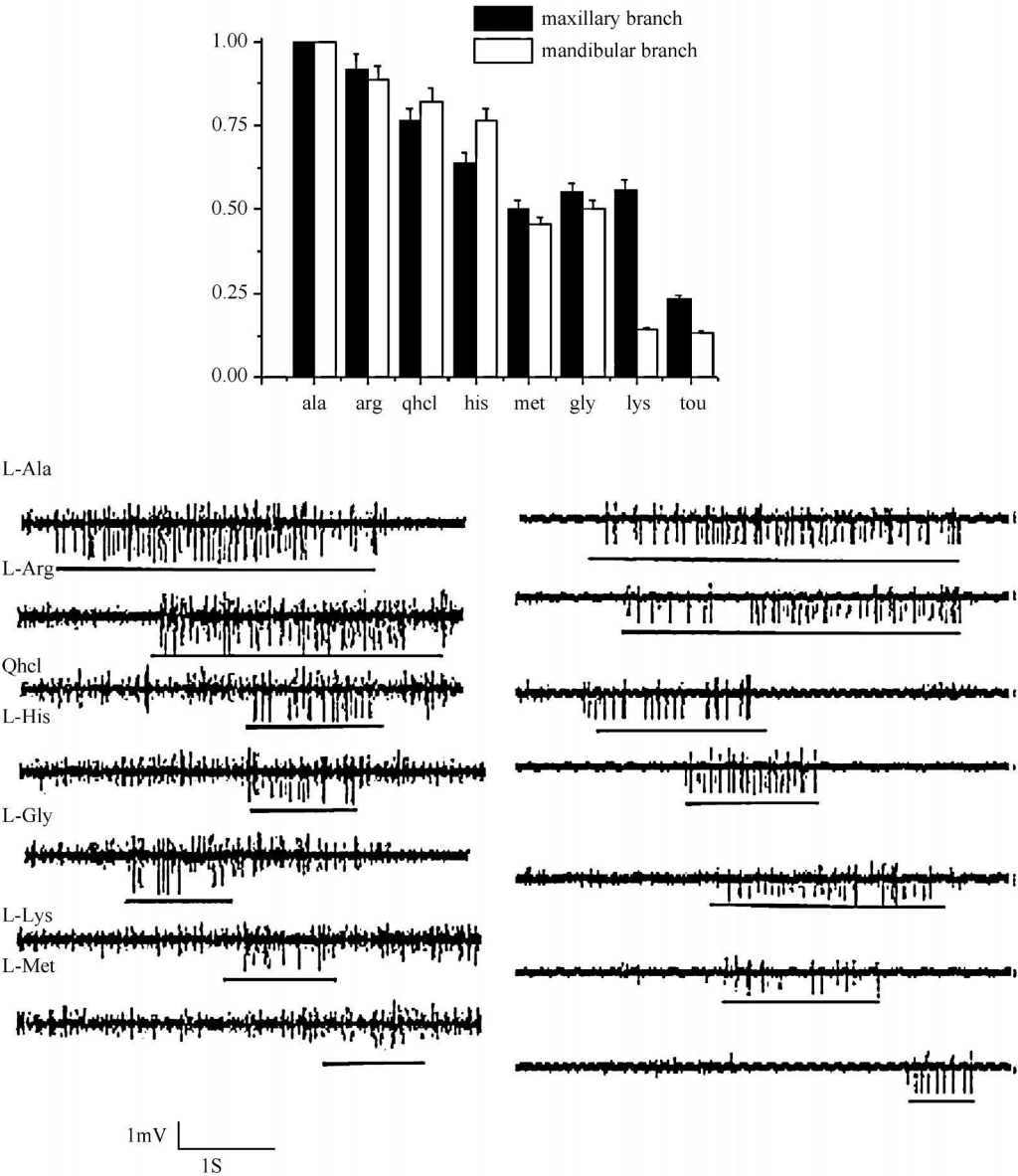


图 3 六种氨基酸和奎宁引起的两条神经分支反应相对有效性比较

Fig.3 Comparisons of the relative stimulatory effectiveness of 6 amino acids and quinine hydrochloride recorded from the maxillary branch and mandibular branch
所有反应以 10^{-3} mol/L L-ala 反应为标准参照。横杆表示标准偏差; tou 是水流冲洗皮肤时引起的反应
All responses are standardized to the responses to 10^{-3} mol/L alanine. Bars indicate standard deviation; tou equals the response to control water injected into a continuous flow of water bathing the taste receptive fields

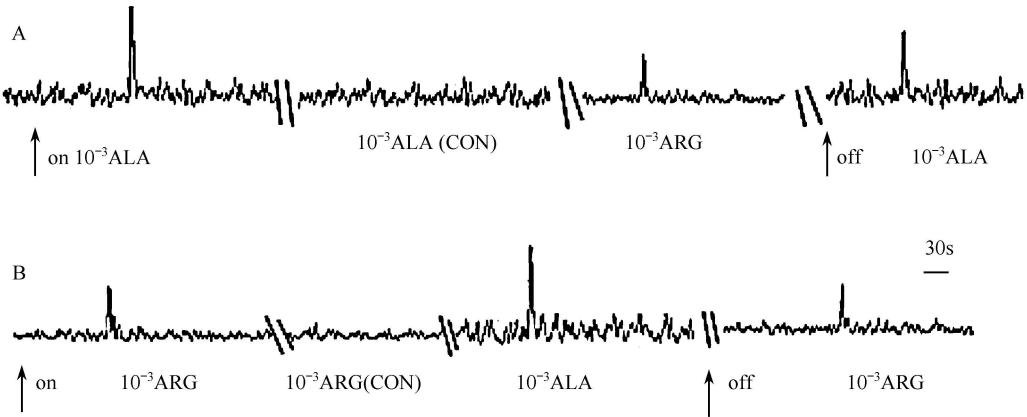


图4 L-ala 和 L-arg 引起的下颌须神经(A)和上颌须神经(B) 的相互交叉适应性反应

Fig. 4 Reciprocal cross adaptation studies indicate the presence of relatively independent receptor mechanisms for alanine and arginine for the mandibular (A) and maxillary (B) a 10^{-3} mol/L L-ala 不断冲洗下唇表面皮肤, 5min 后 (\\) L-ala 引起的反应消失, 但是 L-arg 引起的反应保持。停用 L-ala 改用水流冲洗, 10min 后 (\\) L-ala 引起的反应出现。 b, 10^{-3} mol/L L-arg 不断冲洗上唇表面皮肤, 5min 后 (\\) L-arg 引起的反应消失, 但是 L-ala 引起的反应保持。

停用 L-arg 改用水流冲洗, 10min 后 (\\) L-arg 引起的反应出现。 CON 是水流冲洗皮肤引起的两条神经分支的反应。时间标尺是 30s a: continuous presentation of 10^{-3} mol/L L-alanine to taste buds on the internal and external surface of the lower lip region eliminates subsequent responses to alanine (\\ indicate the recording graphs selected from 5min later), whereas the responses to arginine are maintained. Following the cessation (off) of the adapting stimulus L-alanine, and resumption of water flow over the taste receptive fields of the lower lip (\\ indicate the recording graphs selected from 10min later), responses to both alanine and arginine are evident; b: adaptation of taste buds on the upper lip and the adjacent skin to L-arginine eliminates the taste responses to itself, but not to L-alanine. Upon termination (off) of the adapting solution, L-arginine, the responses to arginine and alanine are evident. CON indicates the control responses and consists of aliquots of the adapting stimulus delivered into a continuous flow of the same solution bathing the taste receptive region. The time bar means 30 second

3.2 面叶的躯体特异性图谱的研究

感觉图谱例如视网膜图谱、体表感觉图谱、电感觉图谱和肌肉运动图谱在脊椎动物脑中的分布和功能已经得到研究。这些图谱在功能上作为一种神经机制组将传入的感觉信息整合处理再传出到运动器官形成有意义的行为^[13-14]。行为学研究说明湖水类鲇鱼可以感知体表受到的机械和味觉刺激, 然后通过传入神经将感觉信息入味觉中枢整合处理再传出到脊髓引发觅食行为。除去鲇鱼的眼睛和嗅觉器官仍然可以寻找到食物源, 说明鲇鱼的味觉系统是作为一种远距离探测系统来发挥作用。而研究表明在鲇鱼类的身体表面各个部分的皮肤受到机械和味觉刺激, 其感觉信息在面叶中有躯体特异性定位^[10-12, 17, 18]。例如白须鲇鱼和沟鲇的研究证明头面部皮肤的头尾轴线在面叶中的投射野是尾头轴线分布的, 成倒立形态。南方鲇的上下颌须根部一顶端轴线在面叶的外侧叶和中间叶的投射野是倒立的, 成尾头轴线分布, 且上颌须投射的区域较大。这些与前人的研究结果一致。而鲇鱼类和鲤鱼类面叶由于结构差异大导致其功能差异也大。金鱼 (*Carassius auratus*)^[18] 和鲤鱼 (*Cyprinus carpio*)^[17] 面叶研究说明头面部皮肤的投射野是正立的, 恰与鲇鱼

类的相反。这说明在味觉躯体特异性定位上, 种与种之间差异明显。

3.3 南方鲇外周神经的味觉反应

当味觉物质溶液流经上颌须和下颌须表面时, 在上下颌须神经上均记录到瞬时增加的神经冲动信号。由于实验过程中使用了可以阻断中枢神经传出影响的麻醉剂 (MS222), 同时用清水灌流, 避免了机械刺激的影响, 保证了记录结果是味化学感受的传入信号。从反应特性来看, 南方鲇外周神经的味觉反应是一种位相性反应, 即在受到味觉物质刺激后, 立即产生高频率的向中发放, 发放神经冲动的时间却较短, 无紧张性发放。这是一般快反应感受器的特征。快适应对于水生底栖动物的南方鲇而言更利于接受新刺激, 以便不断进行探测性的活动。

南方鲇上下颌须神经对 10^{-3} mol/L 浓度下不同味觉刺激物质的相对反应强度进行比较, 可以看出, 刺激物不同, 其味觉敏感性的高低不同; 而刺激部位不同, 味觉敏感性也不同。通常认为相对反应强度较大, 阈值较低的刺激物, 味觉反应的敏感性较高, 其刺激效应也较强。电生理记录表明 7 种物质中, 在上下颌须敏感性最高的都是 L-ala。其中: L-ala> L-arg> Qhc> L-his> L-lys> L-gly> L-met。与早期研

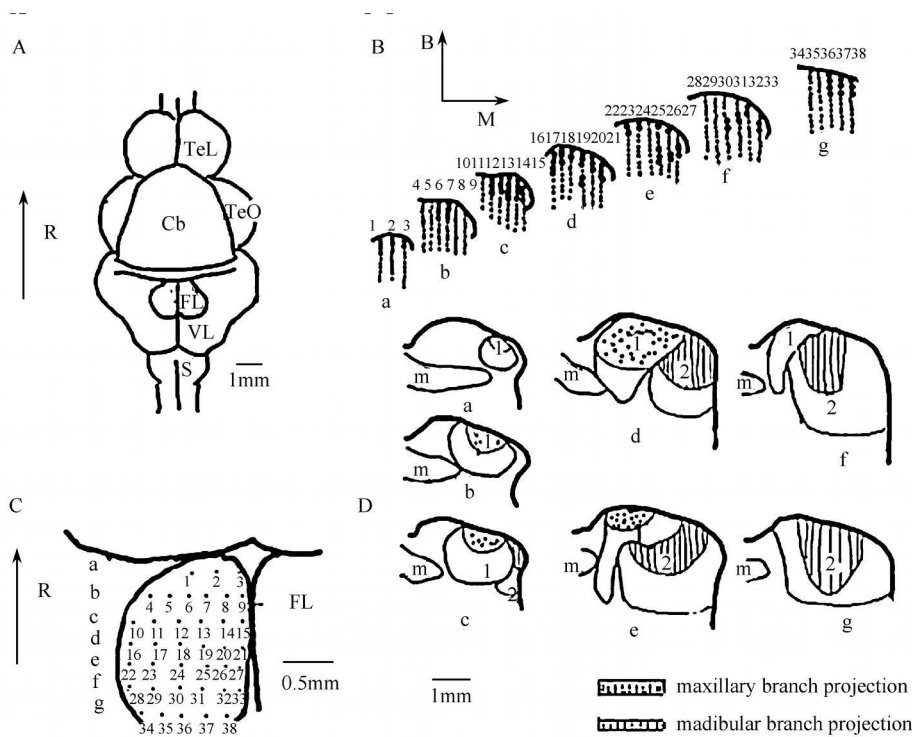


图 5 面叶上与味觉和触觉反应有关的神经细胞的定位及其躯体特异性关系

Fig. 5 Localizations of taste and tactile neurons in the facial lobe and their topographical relation

A: 南方鲇脑的背面观; B: 左边面叶表面 38 个记录点; C: 两种神经在左边面叶投射区域的图示; D: 面叶在 a、b、c、d、e、f 和 g 面的横切图。间隔 0.25 mm。小点代表触觉引起的反应区域, 大点代表味觉引起的反应区域。缩写: R, 头; L, 侧面; TeL, 端脑; TeO, 视顶盖; Cb, 小脑; FL, 面叶; VL, 迷走叶; S, 脊髓; max, 上颌须神经; mand 下颌须神经

A: dorsal view of the southern catfish brain; B: dorsal view of the left facial lobe with 38 inserted electrode points performed in one fish; C: distribution of each receptive field of the two nerve branches in the left facial lobe; D: sagittal sections of the left facial lobe at a, b, c, d, e, f and g levels; these levels are at interval of 0.25 mm. small light points show tactile sensitive areas in the lobe and big thick points indicate the taste areas which showed activities evoked by 10^{-3} mol/L 6 amino acids and quinine hydrochloride. Abbreviations: R, rostral; L, lateral; TeL, telencephalon; TeO, optic tectum; Cb, cerebellum; FL, facial lobe; VL, vagal lobe; S, medulla spinalis; max, maxillary branch; mand, mandibular branch

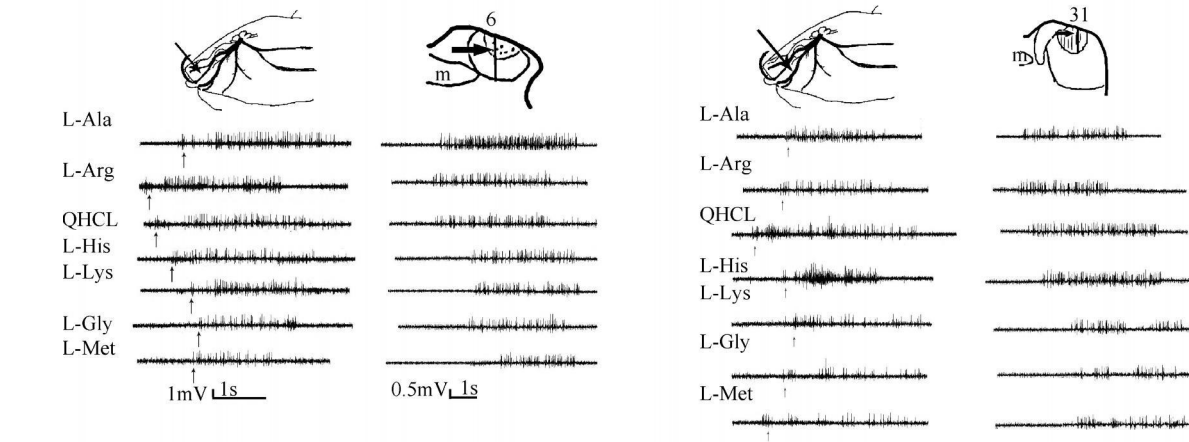


图 6 味觉刺激物引起的两种神经和面叶分别在 b(6)、f(31)上的同步反应

Fig. 6 The synchronous responses of two branches and 2 sites as the 6, 31 dot in b and f levels in the facial lobe to chemical solutions in the facial lobe. 箭头指示刺激物引起反应的神经。记录点旁边的数字是记录点在脑表面下的深度。味觉刺激物是浓度 10^{-3} mol/L 的 6 种氨基酸和奎宁。

左上下图是味觉刺激物引起的上下颌须神经反应原始图, 右上下图是味觉刺激物引起的面叶中下颌须神经投射区域中反应的原始图。The peripheral taste responses (indicated by arrows), the electrode positions inserted into the facial lobe (black dots as 6, 31 dot), and the neural responses to chemical stimulation were shown. The number above the response drawing the depth (mm) of recording sites, respectively. The taste stimuli were 10^{-3} mol/L 6 amino acids and quinine hydrochloride. Left pictures are the taste responses to 6 amino acids and quinine hydrochloride from the maxillary and mandibular branch; right pictures are the taste responses in the maxillary and mandibular branch projection region of the FL.

究相比, L-ala 和 L-arg 都是上颌须和下颌须神经外周皮肤感受野最有效的刺激物, 也是其他种类中其他面神经外周分布区域中最有效的刺激物^{2, 3, 9}。而这 2 种氨基酸的交叉适应性反应说明在这两种神经外周分布区域中皮肤的味觉受体细胞具有它们独立的接受位点, 彼此不受影响, 既可以同时也可以各自产生反应, 且都有脱敏和适应性现象。除了 L-his 和 Qhcl, 其他刺激物质在上颌须引起的反应更强, 阈值更低, 变化率更大。L-his 和 Qhcl 刚好相反, 则是在下颌须上引起的, 反应更强。这种味觉敏感性的不同, 猜测是因为上下颌须表面味觉感受器受体的结构不同或作用机理不一样, 或由于长期适应不同的生活环境产生的味觉变化造成的。

3.4 面叶味觉反应

同一鱼类面叶中机械和味觉刺激信息投射野相互重叠说明鱼类的摄食行为是同时与机械和味觉刺激有关。而这种机械和味觉刺激引起的反应图谱重叠, 提供了将触觉和味觉相互联系进行研究的神经结构平台。尽管单独的味觉刺激可以引起摄食行为的产生, 但是伴随的机械刺激可以通过降低反应阈值来加强效果。不但鱼类在面叶中存在重叠的触觉和味觉区域, 而且其他延脑味觉核团例如鱼类的迷走叶, 蛙类、鼠类和羊类的孤束核^[19-22]中也有重叠的区域。可见在脊椎动物延脑味觉核团中这种现象普遍存在。

南方鲇的触觉和味觉区域也在面叶中重叠, 而且味觉区域位于触觉区域的上方。上下颌须表面皮肤的感觉信息投射到面叶不同区域, 其触觉和味觉反应区域也不同。神经分支与初级中枢面叶的神经活动同步双通道记录的结果表明传入神经的电活动幅度大频率小于面叶中的诱发放电。在面叶不同位置的不同形态类型的细胞对化学物质的刺激反应也不同。这说明在面叶中所处的神经细胞相对于外周神经较宽反应谱的“通用”型而言多属于“专用”型, 反应谱较窄, 具有相对固定的反应模式, 能对较稳定和可预知的环境因素作出反应。这说明鱼类虽然具有灵敏的味觉感受能力, 但是这种低等动物相对哺乳动物来说味觉感受能力还是比较单一, 无法适应太复杂的外界环境。当然这也与它们所处的环境和食性也有关联。而由于初级中枢对传入信息进行处理整合, 其中涉及到回路中的正反馈或负反馈、兴奋性和抑制性神经递质的功能。这方面的研究有待于进一步深入。

参考文献:

- [1] Atema J. Structures and functions of the sense of taste in the catfish (*Ictalurus natalis*) [J]. *Brain Behav Evolgy*, 1971, **4**: 273—294
- [2] Caprio J. High sensitivity of catfish taste receptors to amino acids [J]. *Comparative Biochemistry Physiology*, 1975, **52A**: 247—251
- [3] Caprio J. Olfaction and taste in the channel catfish; an electrophysiological study of the responses to amino acids and derivatives [J]. *Comparative Physiology*, 1978, **123**: 357—371
- [4] Caprio J, Brand J G, Teeter J H, *et al*. The taste system of the channel catfish, from biophysics to behaviour [J]. *Trends in Neuroscience*, 1993, **16**: 192—197
- [5] Davenport C J, Caprio J. Taste and tactile recordings from the ramus recurrens facialis innervating flank taste buds in the catfish [J]. *Comparative Physiology*, 1982, **147A**: 217—229
- [6] Kanwal J S, Caprio J. Central projections of the glossopharyngeal and vagal nerves in the channel catfish, *Ictalurus punctatus*; clues to differential processing of visceral inputs [J]. *Comparative Neurology*, 1987, **264**: 216—230
- [7] Kawamura T, Yamashita S. Chemical and thermal responses from buccal and maxillary nerves in the minnow, *Pseudorasbora parva* [J]. *Comparative Biochemistry Physiology*, 1981, **69**: 187—195
- [8] Kiyohara S, Yamashita S. Peripheral and central distribution of major branches of the facial taste nerve in the carp [J]. *Brain Research*, 1985, **325** b: 57—69
- [9] Kiyohara S, Yamashita S, Harada S. High sensitivity of minnow gustatory receptors to amino acids [J]. *Physiology Behav*, 1981, **21**: 1103—1108
- [10] Finger T E. Gustatory pathways in the bullhead catfish. II. Facial lobe connections [J]. *Comparative Neurology*, 1978, **180**: 691—706
- [11] Hayama T, Caprio J. Lobule structure and somatotopic organization of the medullary facial lobe in the channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. *Comparative Neurology*, 1989, **285**: 9—17
- [12] Kiyohara S, Caprio J. Somatotopic organization of the facial lobe of the sea catfish *Arius felis* studied by transganglionic transport of horseradish peroxidase [J]. *Comparative Neurology*, 1996, **368**: 121—135
- [13] Harris L R, Brakemore C, *et al*. Integration of visual and auditory space in the mammalian superior colliculus [J]. *Nature*, 1980, **288**: 56—59
- [14] Heiligenberg W. Electrosensory maps form a substrate for the distributed and parallel control of behavioral responses in weakly electric fish [J]. *Brain Behav*, 1988, **31**: 6—16
- [15] Kaas J H, Nelson R J, *et al*. Multiple representations of the body within the primary somatosensory cortex of primates [J]. *Science*, 1979, **204**: 521—523
- [16] Palmer A R, King A J. The representation of auditory space in the mammalian superior colliculus [J]. *Nature*, 1982, **299**: 248—249
- [17] Manui T. Taste responses in the facial lobe of the carp, *Cyprinus carpio* [J]. *Brain Research*, 1977, **130**: 287—298
- [18] Peterson R H. Tactile responses of the goldfish (*Carassius auratus* L.) facial lobe [J]. *Copeia*, 1972, **4**: 816—819

[19] Konishi J. Stimulation of chemoreceptors of the sea catfish by dilute electrolytes solutions [J] . *Japan Journal Physiology*, 1967, **17**: 726—737

[20] Konishi J. On the stimulation of fish chemoreceptors by dilute solutions of polyelectrolytes [J] . *Japan Journal Physiology*, 1969, **19**: 315—326

[21] Mani T, Caprio J. Electrophysiological evidence for the topographical arrangement of taste and tactile neurons in the facial lobe of the channel catfish [J] . *Brain Research*, 1982, **231**: 185—190

[22] Mani T, Caprio J, Kiyohara S, Kasahara Y. Topographical organization of taste and tactile neurons in the facial lobe of the channel catfish [J] . *Brain Research*, 1988, **446**: 178—182

COMPARING RESEARCH ON THE TASTE RESPONSES OF TWO FACIAL NERVE
BRANCH'S SENSORY DOMAINS AND CENTRAL PROJECTIONS OF SOUTHERN CATFISH

ZHAO Lei, ZHANG Peng, LONG Tian-Cheng and ZHOU Wen-Liang
(School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275)

Abstract: Taste and tactile fibers in the facial nerve of southern catfish (*Silurus soldatovi meridionalis* Chen) innervate extroral taste buds terminate somatotopically in the facial lobe (FL)-a medullary structure crucial for gustatory-mediated food search. The present study is performed to determine the taste responses of peripheral innervated regions and central receptive domains in the facial lobe of maxillary ramus (max) and mandibular ramus (mand) (primary facial nerve branches) when their skin sensory domains were stimulated by 6 amino acids and quinine hydrochloride. Dye racing, electrophysiology and histology were used in this study. Facial lobe is divided into two lobules: the big one that occupies $(73\pm3)\%$ and the small one that occupies $(58\pm4)\%$. The max innervates upper lip and maxillary barbel, but the peripheral innervated regions of the mand are the lower lip and mandibular barbel. The former ends in the back portion of big lobule, whereas the latter terminates both in dorsal-internal and also in the ventral-internal portion of the small lobule. In the projection regions of the two branches, there are three types of neurons. Among the 6 testing amino acids (L-alanine, L-arginine, L-histidine, L-glycin, L-methionine and L-lysine) and quinine hydrochloride, the most stimulatory for two nerve branches are L-alanine and L-arginine. The response of max is more sensitive and the number of the amino acid receptors in the external innervated skin surface of the max is much more. And the reciprocal cross-adaptation experiments with L-arginine and L-alanine show the insensitivity and adaptation. Through synchronous recording of branches and projection regions, it is found that the taste neurons are distributed generally in the more dorsal regions of the tactile sensitive areas and respond with the highest frequency and broadest amplitude to L-arginine, L-alanine in max receptive regions or to quinine hydrochloride and histidine in mand receptive regions in FL. The present study reveals that the FLs of the southern catfish are organized in a somatotopic manner.

Key words: Southern catfish (*Silurus soldatovi meridionalis* Chen); Facial lobe and facial nerve; Taste response; Evoking discharge; Dye racing