

摄食对南方鲇耗氧和氨氮排泄的影响

李 治¹ 谢小军¹ 曹振东²

(1. 西南师范大学水产科学研究所, 重庆 400715; 2. 重庆师范大学生物系, 重庆 400047)

摘要:采用流水式呼吸仪,在水温 27.0 ± 0.5 条件下同时测定了南方鲇 (*Silurus meridionalis* Chen) 摄食前后的耗氧率和排氨率。实验结果表明:摄食前标准耗氧率和标准排氨率分别为 $116.4 \pm 6.4 \text{ mgO}_2 / \text{kg} / \text{h}$ 和 $6.9 \pm 1.4 \text{ mgNH}_4^+ / \text{kg} / \text{h}$ 。摄食后耗氧率和排氨率均呈现迅速上升,到达最大值后再缓慢下降,然后恢复到静止水平的变化趋势:最大值分别为 $358.8 \pm 11.4 \text{ mgO}_2 / \text{kg} / \text{h}$ 和 $76.1 \pm 2.5 \text{ mgNH}_4^+ / \text{kg} / \text{h}$;最大值出现时间分别为 $10.8 \pm 1.4 \text{ h}$ 和 $10.1 \pm 0.9 \text{ h}$;摄食后耗氧率和排氨率发生改变的持续时间分别为 $36.0 \pm 2.3 \text{ h}$ 和 $37.2 \pm 2.8 \text{ h}$;耗氧总增量和排氨总增量分别为 $88.3 \pm 2.7 \text{ mgO}_2$ 和 $23.1 \pm 1.7 \text{ mgNH}_4^+$ 。实验结果显示,鱼类排氨率在摄食后的变化过程与其耗氧率的特殊动力作用 (SDA) 具有类似的特征,表明二者在能量代谢机制上相互关联;南方鲇的 SDA 总耗能的 79.4% 由蛋白质分解代谢所提供。

关键词:耗氧率;排氨率;鱼类能量学;南方鲇

中图分类号: S965.128

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2005)03-0247-06

摄食是鱼类为满足生存、生长和繁殖等生理过程的物质和能量需求所进行的重要活动。摄食后耗氧率上升即身体耗能增加的现象被称为“特殊动力作用”(Specific dynamic action, SDA)^[1],被认为是动物在对食物的消化和吸收、蛋白质的合成与转运、以及含氮废物的合成等代谢过程中的能量消耗^[2]。对于 SDA 现象的探讨一直是学者们关注的热点,对其机制的解释主要有两种观点:(1) SDA 主要与摄食后氨基酸合成蛋白质有关^[3];(2) SDA 主要与蛋白质的分解代谢过程中氨基酸的脱氨基降解有关,并认为 SDA 过程中耗氧率的变化反映了氨基酸脱氨基降解所消耗的能量^[4-6]。对于肉食性鱼类而言,蛋白质是最主要的能量来源^[7,8],食物中的蛋白质经消化分解为氨基酸后被吸收入体内,氨基酸一方面被合成蛋白质而用于鱼体自身的组织生长,另一方面,其余的氨基酸则作为能量底物氧化分解供能,同时产生氨氮 (Ammonia-N)^[9]。耗氧率作为 SDA 效应的能量指标,体现了 SDA 过程的能量需求。排氨率作为物质代谢的指标,反映了蛋白质分解后参与氧化供

能而转化为代谢产物的水平。排氨率与耗氧率的比值即氨商 (Ammonia, quotient, AQ) 则是蛋白质分解氧化为代谢过程供能的水平^[10-12]。因此,通过探讨摄食后 SDA 过程中耗氧率、排氨率以及 AQ 的变化情况,对于阐明 SDA 效应的本质具有重要的意义。

南方鲇是广泛分布于长江中上游的专性肉食性鱼类,已有研究提供了有关该种鱼静止代谢、日常代谢、饥饿状态下排氨率以及营养生长等相关资料^[13-20],而 SDA 过程中耗氧率与排氨率的变化,以及此过程中蛋白质供能比例的研究尚未见报道。本研究的目的在于通过连续 48h 同时测定该种鱼 SDA 过程中的耗氧率与排氨率,分析摄食对耗氧率和排氨率的影响以及 SDA 过程中蛋白质分解供能的情况,为探讨 SDA 效应产生的原因提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 实验鱼的来源与驯化 采用本实验室当年人工繁殖的南方鲇幼鱼为实验对象,选取 60 尾行为及

收稿日期:2004-10-20; 修订日期:2004-12-15

基金项目:国家自然科学基金项目资助(编号:30371121)

作者简介:李治(1977—),男,重庆人;水生生物学专业理学硕士。罗毅平、张怡、李黎、高梅、林小植、袁伦强、明道富等参加部分实验研究工作,作者谨此致谢

通讯作者:谢小军, E-mail: xjxie@swnu.edu.cn

形态无异,体重为 $5.0 \pm 0.1\text{g}$ 的幼鱼放入室内循环水系统中进行单尾驯化,以鲜活泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 为驯化饵料,每天投喂 1 次(16:00),达饱足,驯化 2 周之后,在其中选取行为及形态无异的实验鱼 30 尾,移入流水式呼吸仪,每个呼吸室放置一尾鱼。每天从投饵孔投喂鲜活泥鳅 1 次(16:00),达饱足,15min 内未吃的鱼则淘汰,在此条件的驯化时间为 1 周。驯化期结束时,实验鱼的体重达到 $13.8 \pm 0.4\text{g}$ 。驯化期的主要环境因子控制为:水温 27.0 ± 0.5 ,溶氧 $> 5\text{mg/L}$,pH 值为 6.5 ± 0.2 ,水体总 NH_4^+ 浓度 $< 1.2\text{mg/L}$,光制为 24h 全光照。及时清除残饵和粪便。

1.2 实验设计和操作方法 以体重接近 ($14.0 \pm 0.1\text{g}$),在驯化期摄食正常的南方鲇幼鱼作为实验观测对象,实验分为禁食和摄食 (15 % 体重/d) 2 个处理组,每个组设 10 个重复,另设 1 个空白对照。两实验处理组均在禁食 4d 后测定排氨率 (Orion 710A 离子浓度测定仪) 和耗氧率 (YSI 52, YSI Incorporated, USA),作为标准耗氧率和标准排氨率,然后对摄食处理组投喂 15 % 日粮水平的去头和尾的鲜活泥鳅块 (5.7 kJ/g 鲜重) (Model 1281 Parr Instrument Company),两处理组再分别每隔 2h 测定各实验个体的耗氧率和排氨率。实验测定期间,适时调整水流速以保证呼吸室进、出口溶氧浓度差大于 2mg/L ,出口溶氧浓度 $> 70\%$ 饱和氧浓度以避免缺氧造成胁迫,水温 27.0 ± 0.5 ,水体 pH 值为 6.5 ± 0.2 时,水体总 NH_4^+ 浓度 $< 1.2\text{mg/L}$ 。

1.3 实验装置 采用本实验室设计的水生动物流水式呼吸仪(图 1)测定南方鲇摄食后的耗氧率和排氨率。呼吸室容积为 200ml,可容纳 15—25g 的南方鲇且保证其处于静止状态;呼吸室前端有一个进水口和一个可开启的投饵孔;呼吸室的后端有一个出水口,出水口的下方有一个可开启排粪孔;通过呼吸室的水流速由连接进水口的硅胶管上的阀门适时进行调节。

1.4 相关参数及计算方法 按下列公式计算各种实验数据

() 耗氧率(OC)和排氨率(TAN)的计算:

$$\text{OC}(\text{mgO}_2/\text{kg}/\text{h}) = \{ (C_1 - C_0)V_1 - (C_1 - C_c)V_2 \} / W$$

$$\text{TAN}(\text{mgNH}_4^+/\text{kg}/\text{h}) = \{ (C_0 - C_1)V_1 - (C_c - C_1)V_2 \} / W$$

上式中: C_0 、 C_1 和 C_c 分别为处理组呼吸仪出口、进口和空白对照呼吸仪出口的 O_2 和 NH_4^+ 的浓度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$); W 为实验鱼体重 (kg); V_1 和 V_2 分别为通过处

理组和空白对照呼吸仪的水流速 (Lh^{-1})。

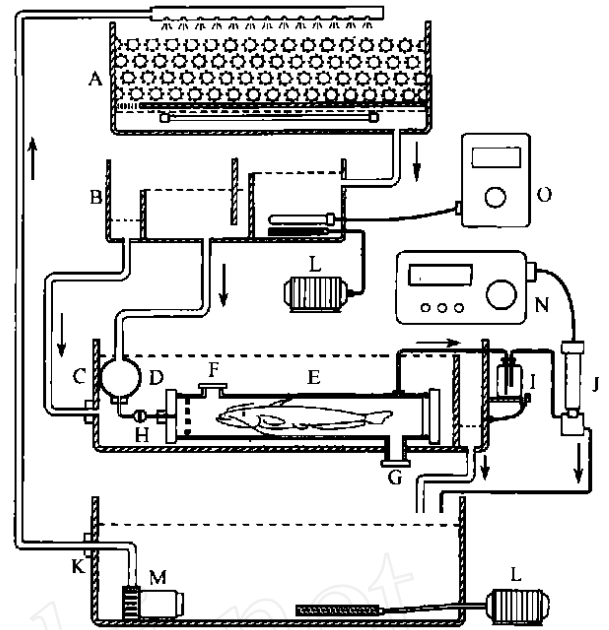


图 1 呼吸仪的构造

A 水处理装置;B 上位水槽;C 水浴槽;D 分流通管;E 呼吸室;F 投饵孔;G 排粪孔;H 流速阀;I 取样瓶;J 氧探头;K 下位水槽;L 充气泵;M 水泵;N 溶氧仪;O 控温仪

Fig. 1 The structure of the respirometer

A Water treatment system;B Constant-level tank;C Thermostatic water bath;D Water-flow distributing tube;E Respiratory chamber;F Feeding tube;G Fecal tube;H Flow-rate-regulating valve;I Sampling bottle;J Electrode;K Bottom reservoir;L Air pump;M Water pump;N Oximeter;O Thermost meter

() 耗氧持续时间 (D_{OC}) 和排氨持续时间 (D_{TAN}):分别为摄食后耗氧率和排氨率上升,直至回落到标准耗氧率和标准排氨率的标准误差范围内的首个数据所对应的历时。

() 耗氧率峰值时间 (T_{OC}) 和排氨率峰值时间 (T_{TAN}):分别为摄食后耗氧率、排氨率上升到最大值所经历的时间。

() 耗氧率上升最大倍率 (F_{OC}) 和排氨率上升最大倍率 (F_{TAN}):分别为最大耗氧率与标准耗氧率的比值,最大排氨率与标准排氨率的比值。

() SDA 耗氧总增量 (M_{OC}) 和 SDA 排氨总增量 (M_{TAN}):分别为耗氧持续时间内的耗氧量与标准耗氧量之差在时间上的积分,排氨持续时间内的排氨量与标准排氨量之差在时间上的积分。

() 氨商 (AQ):摄食后各时刻的实测排氨率与耗氧率的比值

$$\text{AQ} = \frac{\text{排氨率}}{\text{耗氧率}}$$

() SDA 总耗能中蛋白质供能的比例 (Protein %SDA_{总耗能}):

$$\text{Protein \%SDA}_{\text{总耗能}} = \frac{\text{SDA 排氮总增量}}{\text{SDA 耗氧总增量} \times 0.33} \times 100$$

鱼类的代谢能量全部由蛋白质氧化提供时的氮商(AQ)为0.33^[21]。

1.5 数据的统计和分析 统计分析用 Statistica5.0 软件,显著性水平规定为 $P < 0.05$ 。实验数据均表示为平均值 $\pm$ 标准误 (Mean $\pm$ SE)。

2 结果

2.1 摄食对耗氧率的影响

摄食前的标准耗氧率 ($116.4 \pm 6.4 \text{ mgO}_2/\text{kg/h}$) 与对照组耗氧率 ($123.6 \pm 1.7 \text{ mgO}_2/\text{kg/h}$) 无显著差异 ($P < 0.05$)。

南方鲇摄食后耗氧率(OC)的变化趋势呈现3个阶段(图2a): 摄食后0—6h期间,OC迅速从 $116.4 \pm 6.4 \text{ mgO}_2/\text{kg/h}$ 上升为 $358.8 \pm 11.4 \text{ mgO}_2/\text{kg/h}$; 摄食后8—14h,OC维持在最大值 $358.8 \pm 11.4 \text{ mgO}_2/\text{kg/h}$; 摄食后16—36h,OC缓慢下降到标准水平。上升阶段历时(6h)显著短于下降阶段历时(22h) ($P < 0.05$),耗氧率峰值出现的时间(T_{OC})为第 $10.8 \pm 1.4 \text{ h}$,耗氧率上升的最大倍率(F_{OC})为 3.1 ± 0.7 ,摄食引起耗氧率升高的持续时间(D_{OC})为 $36.0 \pm 2.3 \text{ h}$ 。

2.2 摄食对排氮率的影响

摄食前的标准排氮率 ($6.9 \pm 1.4 \text{ mgNH}_4^+/\text{kg/h}$) 与禁食(对照)组排氮率 ($6.8 \pm 1.7 \text{ mgNH}_4^+/\text{kg/h}$) 无显著差异 ($P < 0.05$)。

排氮率的变化趋势与耗氧率相似,也呈现出3个阶段(图2b): 摄食后0—6h,排氮率由 $6.9 \pm 1.4 \text{ mgNH}_4^+/\text{kg/h}$ 迅速上升为 $76.1 \pm 2.5 \text{ mgNH}_4^+/\text{kg/h}$; 摄食后8—12h,排氮率维持在最大值 $76.1 \pm 2.5 \text{ mgNH}_4^+/\text{kg/h}$; 摄食后14—38h,排氮率从 $76.1 \pm 2.5 \text{ mgNH}_4^+/\text{kg/h}$ 下降到禁食(对照)组水平。上升阶段历时(6h)显著短于下降阶段历时(26h) ($P < 0.05$),排氮率峰值时间(T_{TAN})为第 $10.1 \pm 0.9 \text{ h}$,排氮率的上升最大倍率(F_{TAN})为 11.0 ± 0.2 ,摄食引起氨氮排泄率升高的持续时间(D_{TAN})为 $37.2 \pm 2.8 \text{ h}$ 。摄食后,排氮率峰值时间与耗氧率峰值时间较相近 ($F = 0.56, P > 0.05$),排氮持续时间与耗氧持续时间较相近 ($F = 0.11, P > 0.05$)。

2.3 氮商的变化

摄食后各时刻氮商(AQ)的变化情况(图2c),同

样可以分为3个阶段: 摄食后0—6h,AQ由 0.06 ± 0.01 上升为 0.22 ± 0.01 ; 摄食后8—18h,AQ维持在最大值 (0.22 ± 0.01) 阶段; 摄食后20—40h,AQ从最大值下降到标准水平。摄食引起的氮商、耗氧率和排氮率升高的持续时间三者之间相近 ($P > 0.05$),因此可以认为,本实验的摄食处理引起的SDA过程的持续时间为37h左右。

将 SDA 过程的排氮总增量与 SDA 总耗氧量的比值换算为蛋白质供能比,得到 SDA 持续时间内 SDA 总耗能的 79.4 % 由蛋白质提供,脂肪和碳水化合物为 SDA 供能的比例总共仅为 20.6 %。而在禁食条件下蛋白质供能的比例仅为 11.7 %,脂肪和碳水化合物供能的总比例高达 88.3 %。

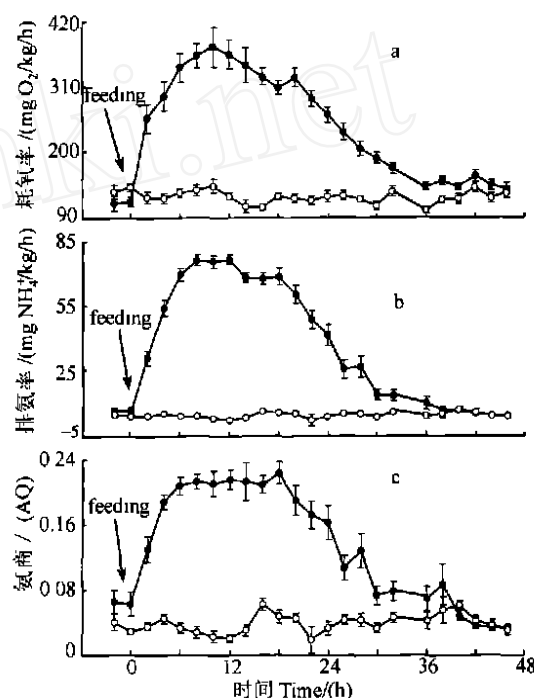


图2 南方鲇禁食和摄食后的耗氧率(a)、排氮率(b)和氮商(c) (Mean $\pm$ SE)

Fig. 2 The rates of oxygen consumption (a), ammonia excretion (b), and ammonia quotient (c) at fasting (—○—) and postprandial (—●—) in Juvenile *Silurus meridionalis* Chen

3 讨论

3.1 SDA 过程中耗氧率与排氮率的相互关系

本实验中南方鲇的标准耗氧率 ($116.4 \pm 6.4 \text{ mgO}_2/\text{kg/h}$) 和标准排氮率 ($6.9 \pm 1.4 \text{ mgNH}_4^+/\text{kg/h}$) 分别与该种鱼的相关研究结果相近^[13,15]。摄食后南方鲇的耗氧率和排氮率变化的始末均表现为迅速

上升到最大值,缓慢下降到基础水平,这与大多数研究结果较一致^[22,23];本实验结果表明,南方鲇摄食后耗氧率峰值为对照组的 3.1 ± 0.7 倍(即 F_{OC});最大排氨率为对照组的 11.0 ± 0.2 倍(即 F_{TAN}),氨氮排泄峰值出现的时间(T_{TAN})为摄食后 10.4 ± 0.9 h,这些结果也与前人的发现相似。

摄食后耗氧率的变化体现了动物对食物的消化和吸收、蛋白质的合成与转运、以及含氮废物的合成等代谢过程的能量需求^[2]。通常以耗氧率的峰值、耗氧率峰值出现时间、摄食引起的耗氧率升高的持续时间和耗氧增量等作为 SDA 效应的能量学指标,即 SDA 峰值(Peak)、SDA 峰值时间(Time of peak)、SDA 持续时间(SDA Duration)和 SDA 总消耗量(SDA Magnitude)等。通过比较南方鲇摄食后 SDA 过程中(0—37h)的耗氧率和排氨率变化过程的异同(图 2a, b),发现摄食后排氨率与耗氧率的变化规律相似,也表现为迅速上升到最大值,然后缓慢下降到标准水平,相应的具有排氨率峰值(P_{TAN})、排氨率峰值出现时间(T_{TAN})、摄食引起排氨率升高的持续时间(D_{TAN})和总排氨量(M_{TAN})(表 1);并且摄食后排氨率的峰值时间(T_{TAN} : 10.1 ± 0.9 h)与耗氧率的峰值时间(T_{OC} : 10.8 ± 1.4 h)相近($F = 0.56, P > 0.05$);摄食引起的排氨率升高的持续时间(D_{TAN} : 37.2 ± 2.8 h)与耗氧率升高的持续时间(D_{OC} : 36.0 ± 2.3 h)也相近($F = 0.11, P > 0.05$)(表 1)。由此可见,SDA 过程中

排氨率的变化规律与耗氧率的变化规律具有密切的相似性。因此可以认为,摄食后排氨率的变化也反映了 SDA 过程能量代谢的情况。

综上所述,鱼体的排氨率与耗氧率都存在 SDA 效应,排氨率可以作为检测 SDA 过程中的物质代谢水平的指标。

3.2 SDA 过程的能量代谢底物

鱼体进行氮代谢的产物主要是氨氮,其次是尿素。前者的排泄水平与鱼体摄入的外源性蛋白质水平密切相关,而后者是体内组织蛋白和核苷酸及嘌呤代谢的产物,主要受温度和体重的影响,受外源性蛋白质的摄入水平的影响不大^[8]。排氨率与耗氧率的比值即氨商(AQ)反映了蛋白质作为代谢底物供能占总供能的比例。在硬骨鱼类中,代谢能量全部以蛋白质为底物氧化分解提供时,AQ 值为 $0.33^{[21]}$ 。若 AQ 值高于 0.33 ,可能存在着厌氧代谢;若低于 0.33 ,则有一定比例的脂肪和碳水化合物参与供能。通常代谢消耗的能量主要由蛋白质、脂肪和碳水化合物提供。本研究结果表明,SDA 过程共持续了 37h 左右,在此过程中,由排氨总增量与总耗氧量计算出此过程中 SDA 总耗能(Protein %SDA 总耗能)的 79.4% 由蛋白质提供,而脂肪和碳水化合物供能的比例总共仅为 20.6% 。而在禁食条件下,即不在 SDA 效应时,蛋白质为鱼体总代谢的供能比仅为 11.7% ,说明南方鲇 SDA 过程所需的能量由蛋白质分解提供的比例较禁食状态下有大幅度的提升。

Houlihan 等认为 SDA 效应主要与摄食后氨基酸合成蛋白质有关^[3],而 Krebs 提出 SDA 主要与氨基酸的脱氨基紧密联系^[6],David & Irving 则进一步证明了 SDA 效应与氨基酸的脱氨基降解有关,并指出 SDA 过程中耗氧率的变化反映了氨基酸脱氨基降解所消耗的能量变化^[4]。本研究的结果表明,南方鲇摄食后排氨率与耗氧率在 SDA 过程中的变化规律所具有的密切相似性,说明排氨率的变化也反映了 SDA 过程的能量消耗情况,而这部分能量的 80% 左右由摄入的蛋白质分解为氨基酸后进一步脱氨基并氧化产生的能量所提供。因此可以认为,南方鲇的 SDA 效应与氨基酸的脱氨基降解紧密相关,本研究的结果支持 David & Irving 的观点。

参考文献:

[1] Brody S. Bioenergetics and growth[M]. New York: Hafner Publishing, 1964
[2] Jobling M. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning[M].

表 1 摄食对南方鲇的耗氧率和排氨率的影响(平均值 $\pm$ 标准误)
Tab. 1 Effect of feeding on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate in *Silurus meridionalis* Chen. (Mean $\pm$ SE)

参数 Parameter	耗氧 Oxygen consumption	排氨 Ammonia excretion	F	P
标准率 Standard rate (mgO ₂ /kg/ h or mgNH ₄ ⁺ / kg/ h)	116.4 $\pm$ 6.4	6.9 $\pm$ 1.4	—	—
峰值 Peak rate (mgO ₂ / kg/ h or mgNH ₄ ⁺ / kg/ h)	358.8 $\pm$ 11.4	76.1 $\pm$ 2.5	—	—
最大上升倍率 Factorial rise	3.1 $\pm$ 0.7	11.0 $\pm$ 0.2	—	—
峰值时间 Time to peak(h)	10.8 $\pm$ 1.4	10.1 $\pm$ 0.9	0.56	0.46
SDA 持续时间 Duration(h)	36.0 $\pm$ 2.3	37.2 $\pm$ 2.8	0.11	0.74
SDA 过程的总增量 Magnitude (mgO ₂ or mgNH ₄ ⁺)	6307 $\pm$ 193	1650 $\pm$ 121	—	—
蛋白质供能占 SDA 总耗能的 比例 Protein %SDA 总耗能	79.4 $\pm$ 2.5 %			

- London: Chapman & Hall, 1993, 1—44
- [3] Houlihan D F, Waring C P, Mathers E, et al. Protein synthesis and oxygen consumption of the shore crab *Carcinus maenas* [J]. *Physiol Zool*, 1990, **63**: 749—756
- [4] David R H, Irving M G. Oxygen consumption and ammonia excretion of the brown tiger prawn *Penaeus esculentus* fed diets of varying protein content [J]. *Journal of Comparative Biochemistry and Physiology*, 1990, **96**(3): 373—378
- [5] Clifford H C, Brick R W. Protein utilization in the freshwater shrimp, *Mucrobrachium rosenbergi* [J]. *Proc. World Maricult. Soc.*, 1978, **9**: 195—208
- [6] Munro H, Allison J B. Mammalian Protein metabolism [M] London: Academic Press. 1964
- [7] Weber J M, Haman F. Pathways for metabolic fuels and oxygen in high performance fish [J]. *Journal of Comparative Biochemistry and Physiology*, 1996, **113A**: 33—38
- [8] Jobling M. Evaluation of the swimming performance of several fish species from the Mackenzie River [J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1994, **31**: 1641—1647
- [9] Lyndon A R, Houlihan D F, Hall S J. The effect of short-term fasting and a single meal on the protein synthesis and oxygen consumption in cod, *Gadus morhua* [J]. *Journal of Comparative Physiology B*, 1992, **162**: 209—215
- [10] Lauff R F, Wood C M. Effects of training on respiratory gas exchange, nitrogenous waste excretion and fuel usage during aerobic swimming in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Canada Journal of Fish Aquatic Science*, 1997, **54**: 566—571
- [11] Alsop D H, Wood C M. The interactive effects of feeding and exercise on oxygen consumption, swimming performance and protein usage in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *The Journal of Experimental Biology*, 1997, **200**: 2337—2346
- [12] Lam R F, Wood C M. Respiratory gas exchange, nitrogenous waste excretion, and fuel usage during starvation in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Journal of comparative physiology B*, 1996, **165**: 542—551
- [13] Xie X J, Sun R Y. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): I. Resting metabolic rate as a function of body weight and temperature [J]. *Physiological Zoology*, 1990, **63**: 1181—1195
- [14] Xie X J, Sun R Y. The daily total metabolism and specific dynamic action in the southern catfish (*Silurus meridionalis*) energetic channeled into specific dynamic action and total daily metabolism. *Acta Hydrobiol. Sin*, 1992, **16**: 200—207
- [15] Fu S J, Xie X J. Nutritional homeostasis in carnivorous southern catfish (*Silurus meridionalis*): is there a mechanism for increased energy expenditure during carbohydrate overfeeding? [J]. *Journal of comparative Biochemistry and physiology Part A*, 2004, **139**: 359—363
- [16] Xie X J, Sun R Y. The daily total metabolism and specific dynamic action in the southern catfish (*Silurus meridionalis*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1992, **16**(3): 200—207 [谢小军, 孙儒泳. 南方鲂的日总代谢和特殊动力作用的能量消耗 [J]. 水生生物学报, 1992, **16**(3): 200—207]
- [17] Yang Z C, Xie X J, Sun R Y. Effects of ration level on the daily total metabolism, specific dynamic action and activity metabolism of the orientate sheatfish (*Silurus asotus* L.) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1996, **20**(4): 332—339 [杨振才, 谢小军, 孙儒泳. 日粮水平对鲃鱼日总代谢、特殊动力作用和活动代谢的影响 [J]. 水生生物学报, 1996, **20**(4): 332—339]
- [18] Xie X J, Deng L, Zhang B. Advances and studies on ecophysiological effects of starvation on fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1998, **22**(2): 181—188 [谢小军, 邓利, 张波. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展 [J]. 水生生物学报, 1998, **22**(2): 181—188]
- [19] Kuang L, Xie X J. Effect of Water Temperature on Ammonia-N Excretion in Starved Juvenile Southern Catfish (*Silurus Meridionalis* Chen) [J]. *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science)*, 2001, **26**: 45—50 [况莉, 谢小军. 温度对对照状态下南方鲂幼鱼排氨率的影响 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2001, **26**: 45—50]
- [20] Ai Q H, Xie X J. The nutrition of *Silurus meridionalis*: Effects of different levels of dietary soybean protein on growth [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(1): 57—65 [艾庆辉, 谢小军. 南方鲂的营养学研究: 饲料中大豆蛋白水平对生长的影响 [J]. 水生生物学报, 2002, **26**(1): 57—65]
- [21] Kutty M N. Ammonia quotient in Sockeye salmon [J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1978, **35**: 1003—1005
- [22] Peres H, Oliva-Teles A. Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles [J]. *Aquaculture*, 2002, **205**: 287—299
- [23] Carter C G, Houlihan D F, Brechin J, Braefield A E. The relationship between protein intake and protein accretion, synthesis and retention efficiency for individual grass carp, *Ctenopharyngodon idella* [J]. *Canada Journal of Zoology*, 1993, **71**: 392—400

EFFECT OF FEEDING ON OXYGEN CONSUMPTION AND AMMONIA EXCRETION IN *SILURUS MERIDIONALIS* CHEN

LI Zhi¹, XIE Xiao-Jun¹ and CAO Zhen-Dong²

(1. Institute of Fisheries Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715

2. Department of Biology, Chongqing Normal University, Chongqing 400047)

Abstract : The postprandial rates of oxygen consumption and ammonia excretion in the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen) were measured by a continuous-flow respirometer at 27.0 ± 0.5 °C. The results showed that the standard oxygen consumption rate and ammonia excretion rate were 116.4 ± 6.4 mgO₂/ kg/ h and 6.9 ± 1.4 mgNH₄⁺/ kg/ h, respectively. The postprandial changing patterns in oxygen consumption and ammonia excretion were similar each other. After the tested fish ate its food the both rates increased drastically, and reached their maximum levels (358.8 ± 11.4 mgO₂/ kg/ h and 76.1 ± 2.5 mgNH₄⁺/ kg/ h) in a short time (10.8 ± 1.4 h and 10.1 ± 0.9 h), then decreased slowly towards to their resting levels. The duration for the postprandial changes were 36.0 ± 2.3 h and 37.2 ± 2.8 h; the increased magnitude of oxygen consumption and ammonia excretion were 88.3 ± 2.7 mgO₂ and 23.1 ± 1.7 mgNH₄⁺ compared with the standards, respectively. This study suggests that response in the rate of ammonia excretion to post-feeding should be relative closely to that in the oxygen consumption. And 79.4 % of energy expenditure for the specific dynamic action (SDA) in postprandial metabolism might be due to protein catabolism in the catfish.

Key words : Ammonia excretion rate ; Oxygen consumption rate ; Fish energetics : *Silurus meridionalis* Chen