

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE CARPA COMUM, *Cyprinus carpio*, SUBMETIDA À NATAÇÃO FORÇADA

Eliane Tie Oba^{1*}; Daniel Montagner²; Cheila de Lima Boijink³; Laila Romagueira Bichara dos Santos⁴; Fernanda Garcia Sampaio⁵; Wagner dos Santos Mariano⁶; Francisco Tadeu Rantin⁵

¹Embrapa Amapá, Macapá, AP; ²Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), Macapá, AP; ³Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM; ⁴Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP; ⁵Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP. ⁶Faculdades Anhanguera Dourados, Dourados, MS. * eliane@cpafap.embrapa.br

Resumo: O presente estudo verificou os efeitos fisiológicos da natação forçada em carpa (*Cyprinus carpio*), no Laboratório de Zoofisiologia e Bioquímica Comparativa da UFSCar, São Carlos (SP). As carpas foram divididas em grupos experimentais: grupo Sedentário (n=30) e grupo Exercitado (n=30). Após o período experimental de 90 dias, os animais foram anestesiados para análise biométrica (peso, comprimento padrão, altura e largura) e realizou-se coleta de amostra de sangue para o estudo hematológico (hematócrito, Ht; concentração de hemoglobina, Hb; contagem de eritrócitos, Eri; índices hematimétricos: volume corpuscular médio, VCM; hemoglobina corpuscular média, HCM; concentração de hemoglobina corpuscular média, CHCM) e para obtenção de plasma para determinação das concentrações de glicose e cortisol plasmático. Os índices hepato-somático (IHS) e lipo-somático (ILS) também foram calculados. Determinação da concentração de glicogênio hepático foi realizada. Aumentos ($P < 0,05$) de Hb, Eri, IHS, ILS e cortisol plasmático e diminuições do fator de condição e glicogênio hepático foram observados nas carpas mantidas em natação forçada, resultando em perda de peso, menor crescimento e desempenho. Assim, as carpas apresentaram menor adaptação à natação forçada indicada, principalmente, pela baixa eficiência de crescimento e pela diminuição do fator de condição.

Palavras-chave: Exercício. Crescimento. Hematologia. Cortisol. Intermediários metabólicos.

INTRODUÇÃO

O exercício físico ou treinamento tem mostrado efeitos positivos em relação à eficiência de conversão alimentar, especialmente em salmonídeos (TOTLAND *et al.*, 1987). Peixes treinados em uma velocidade adequada podem apresentar aumento no crescimento devido a diversos fatores como, por exemplo, aumento do consumo do alimento (DAVISON & GOLDSPINK, 1977) e das taxas de síntese protéica (HOULIHAN & LAURENT, 1987) resultando em maior produção de pescado. Entretanto, o efeito promovido pelo exercício depende da espécie, da alimentação, da velocidade de treinamento e do equipamento utilizados (DAVISON, 1997). O hábito da espécie pode alterar as respostas frente à natação como o crescimento, pois espécies tipicamente encontradas em águas paradas ou com pouca correnteza, como o *Carassius auratus*, geralmente crescem menos em qualquer velocidade de natação em relação aos animais mantidos sedentários (DAVISON & GOLDSPINK, 1978). O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos do treinamento nas características fisiológicas e biométricas de carpas, *Cyprinus carpio*, submetidas à natação forçada.

MATERIAL E MÉTODOS

Exemplares de carpas (*Cyprinus carpio*) foram aclimatados e mantidos em água com temperatura constante ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), fluxo e aeração de água contínuos e fotoperíodo de 12h/12h no Laboratório de Zoofisiologia e Bioquímica Comparativa (LZBC), UFSCar, São Carlos, SP. Os animais foram alimentados com ração comercial (35% PB), duas vezes ao dia, até a saciedade aparente.

Carpas (peso médio 33 g; comprimento padrão médio 10 cm) foram aleatoriamente divididas em dois grupos ($n = 30$ cada): grupo Sedentário (sem exercício) e grupo Exercitado (natação forçada). O grupo Exercitado foi mantido em natação contra uma corrente d'água na velocidade de 2 comprimentos corporais. s^{-1} , com o auxílio de uma bomba d'água. Após o período experimental de 90 dias, os animais foram anestesiados para coleta de amostras de sangue por punção da veia caudal para as determinações hematológicas. Os seguintes parâmetros hematológicos foram determinados (HOUSTON, 1990): hematócrito (Ht), concentração de hemoglobina (Hb), contagem de eritrócitos (Eri) e índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

O peso total (g), o comprimento (cm) padrão, a altura e a largura (na região da nadadeira peitoral) das carpas foram determinados. O fígado e a gordura visceral foram retirados e pesados. O fator de condição aparente (LE CREN, 1951) e os índices hepato (IHS) e lipo-somático (ILS) (COLLINS & ANDERSON, 1995) foram calculados a partir dos dados obtidos. O fígado foi congelado em freezer -80°C para posterior realização das análises bioquímicas.

O sangue foi centrifugado para obtenção de plasma e determinação das concentrações de cortisol (ng.mL^{-1}) e glicose ($\mu\text{mol.mL}^{-1}$). O nível do cortisol foi determinado por radioimunoensaio (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, USA) no Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Jaboticabal, SP. A glicose plasmática foi determinada de acordo com Dubois *et al.* (1956). O glicogênio hepático (μmol de

unidades glicosil-glicose.g de tecido⁻¹) foi determinado pela técnica descrita por Bidinotto *et al.* (1997). As determinações espectrofotométricas foram realizadas em 480 nm em espectrofotômetro Spectronic Genesys 5.

Os resultados obtidos estão representados como média \pm desvio médio padrão. A análise estatística foi realizada utilizando-se análise de variância (ANOVA), com teste de Tukey-Kramer (paramétrico) ou Kruskal-Wallis (não-paramétrico). O programa estatístico utilizado foi o GraphPad InStat (versão 3.00).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de peso corpóreo total, comprimento padrão, altura e largura, fator de condição e os índices hepato e lipo-somático dos grupos Sedentário e Exercitado estão apresentados na Tabela 1. As carpas exercitadas apresentaram peso total e altura corporais significativamente menores que as sedentárias. A natação forçada promoveu uma diminuição do peso dos animais do grupo Exercitado, tanto em comparação com o peso inicial ($33,58 \pm 12,57$ g), quanto com o grupo Sedentário. O grupo sedentário também não apresentou crescimento significativo dos animais, em relação ao início do experimento.

Tabela 1. Valores médios (\pm erro médio padrão) da biometria e dos índices somáticos de carpa, *Cyprinus carpio*, dos grupos Sedentário e Exercitado. * indica diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre os grupos experimentais; sd indica $P > 0,05$.

	Sedentário	Exercitado	
Peso total (g)	$35,63 \pm 7,79$	$25,56 \pm 6,94$	*
Comprimento padrão (cm)	$11,44 \pm 1,02$	$11,15 \pm 0,99$	sd
Altura (cm)	$3,63 \pm 0,28$	$3,15 \pm 0,44$	*
Largura (cm)	$2,18 \pm 0,11$	$2,09 \pm 0,23$	sd
Fator de Condição (%)	$2,53 \pm 0,35$	$2,09 \pm 0,20$	*
IHS (%)	$0,56 \pm 0,10$	$0,83 \pm 0,14$	*
ILS (%)	$0,25 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,08$	*

O fator de condição das carpas do grupo Exercitado diminuiu ($P < 0,05$) em relação ao Sedentário, influenciado pela diminuição do peso corporal total (Tabela 1). O IHS e o ILS aumentaram significativamente nos grupos mantidos em natação.

Os valores hematológicos de carpa dos grupos Sedentário e Exercitado estão indicados na Tabela 2. Os resultados obtidos indicam aumentos significativos da concentração de hemoglobina e do número de eritrócitos, que podem ocorrer de modo a possibilitar o aumento da captação de oxigênio e, com isto, aumentar a capacidade de transporte de oxigênio para os tecidos, principalmente, quando em exercício físico.

Tabela 2. Valores hematológicos médios (\pm erro médio padrão) de carpa, *Cyprinus carpio*, dos grupos Sedentário e Exercitado. * indica diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre os grupos experimentais; sd indica $P > 0,05$.

	Sedentário	Exercitado	
Hematócrito (%)	26,11 \pm 3,97	26,62 \pm 3,29	sd
Hemoglobina (g.dL ⁻¹)	6,48 \pm 0,83	7,54 \pm 0,85	*
Eritrócitos (10 ⁶ . μ L ⁻¹)	2,34 \pm 0,29	2,81 \pm 3,47	*
VCM (fL)	102,78 \pm 15,53	95,49 \pm 15,19	sd
HCM (pg.cél ⁻¹)	25,64 \pm 2,39	26,00 \pm 3,87	sd
CHCM (g.dL ⁻¹)	24,91 \pm 1,89	25,89 \pm 3,48	sd

Segundo Randall *et al.* (1967) e Jones & Randall (1978) fatores como aumento do fluxo de água sobre as brânquias, a rigidez das lamelas secundárias (maior recrutamento lamelar) e aumento da frequência cardíaca ou do volume sistólico, possibilitam maior oxigenação dos tecidos dos peixes, quando em natação.

Além disso, a maior porcentagem de células vermelhas no sangue permite que menor quantidade de sangue seja desviada para o intestino, permitindo suprimento tanto para os tecidos em trabalho como os músculos, quanto para a digestão do alimento, importante para os animais em natação contínua (THORARENSEN *et al.*, 1993; GALAUGHER *et al.*, 1995). Com o processo de digestão não impedido, o fluxo sanguíneo chega a órgãos, como estômago, intestino e fígado, possibilitando a absorção de substâncias no intestino e armazenamento destas no fígado (FARRELL *et al.*, 2001). Assim, pode-se supor que o aumento do valor de IHS ocorreu em consequência do aumento da hemoglobina e do número de eritrócitos das carpas, devido à melhor absorção de nutrientes.

Em estudo realizado por Oba (2006) com matrinxã, *Brycon amazonicus*, submetida à natação forçada (1,5-2,0 comprimentos corporais.s⁻¹) por 90 dias, foi verificado aumento dos valores de hematócrito, do número de eritrócitos e diminuição da concentração de hemoglobina, e dos índices hematimétricos. Assim, temos que matrinxãs se adaptam às condições de natação, ao contrário da carpa do presente estudo. A diminuição da concentração de hemoglobina em matrinxãs mantidas em natação forçada pode ser compensada pelo relatado por Randall (1982) e Steffensen (1985). Segundo estes autores, peixes podem deixar de realizar batimento opercular, apenas aproveitando a corrente de água para realizar a ventilação branquial, com economia de energia e com menor concentração de hemoglobina no sangue.

O nível de cortisol plasmático nas carpas em natação aumentou significativamente (Tabela 3), indicando que a atividade física para a carpa é um fator estressante. Em peixes, o hormônio cortisol apresenta efeitos sobre o metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios (WENDELAAR BONGA, 1997). Entretanto, as concentrações de glicose plasmática não se alteraram ($P > 0,05$). Já a concentração de glicogênio no fígado diminuiu significativamente nas carpas submetidas à natação forçada, em consequência ao maior gasto de energia. Esta diminuição pode ter ocorrido em consequência ao aumento do nível plasmático de cortisol detectado (glicogenólise). Entretanto, o aumento do IHS observado nas carpas submetidas à natação forçada (Tabela 1) não ocorreu em consequência ao aumento do depósito de glicogênio hepático, como esperado (Tabela 3) mas, muito

provavelmente, devido ao aumento de depósito de gordura no fígado, refletido pelo valor de ILS. De acordo com Vijayan *et al.* (1990) a severa demanda metabólica (com mobilização de importantes reservas energéticas, como lipídios), pode modificar a composição corporal dos peixes com subsequente perda de peso, causando mudanças significativas no crescimento e no desempenho. Todas essas alterações podem levar a uma redução da condição física, da eficiência alimentar e ao aumento da heterogeneidade no tamanho (ELLIS *et al.*, 2002).

Tabela 3. Valores médios (\pm erro médio padrão) da concentração de cortisol e glicose plasmáticos e de glicogênio no fígado de carpa, *Cyprinus carpio*, dos grupos Sedentário e Exercitado. * indica diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre os grupos experimentais; sd indica $P > 0,05$.

	Sedentário	Exercitado	
Cortisol plasmático (ng.mL ⁻¹)	43,05 \pm 13,82	69,99 \pm 12,16	*
Glicose plasmática (μ mol.mL ⁻¹)	0,51 \pm 0,13	0,42 \pm 0,05	sd
Glicogênio hepático (μ mol.g ⁻¹)	51,62 \pm 7,22	20,57 \pm 2,54	*

Ao contrário do que ocorreu com carpas do presente estudo, o exercício físico em matrinxãs (OBA, 2006) promoveu diminuição do nível de cortisol plasmático e também do ILS, com manutenção dos níveis de glicogênio hepático e aumento do IHS e do fator de condição em consequência ao exercício físico. Estes resultados indicam melhor adaptação dos matrinxãs ao exercício físico em comparação às carpas.

CONCLUSÃO

As carpas não apresentam habilidade de natação frente a um treinamento físico, característica inerente da natureza da espécie, indicada principalmente, pela perda de peso, diminuição do fator de condição e aumento dos níveis de cortisol plasmáticos.

Agradecimentos: CNPq, Capes.

REFERÊNCIAS

- BIDINOTTO, P.M.; SOUZA, R.H.S.; MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. Bol. Tec. Cepta, v. 10, p. 53-60, 1997.
- COLLINS, A.L.; ANDERSON, T.A. The influence of changes in food availability on the activities of key degradative and metabolic enzymes in the liver and epaxial muscle of the golden perch. J. Fish Biol., v. 50, p. 1158-1165, 1997.
- DAVISON, W. The effects of exercise training on teleost fish, a review of recent literature. Comp. Biochem. Physiol., v. 117A (1), p. 67-75, 1997.

DAVISON, W.; GOLDSPINK, G. The effect of training on the swimming muscles of the goldfish (*Carassius auratus*). J. Exp. Biol., v. 74, p. 115-122, 1978.

DAVISON, W.; GOLDSPINK, G. The effect of prolonged exercise on the lateral musculature of the brown trout (*Salmo trutta*). J. Exp. Biol., v. 70, p. 1-12, 1977.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem., v. 28 (3), p. 350- 356, 1956.

ELLIS, T.; NORTH, B.; SCOTT, A.P.; BROMAGE, N.R.; PORTER, M.; GADD, D. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. Journal of Fish Biology, v.61 (3), p.493-531, 2002.

FARRELL, A.P.; THORARENSEN, H.; AXELSSON, M.; CROCKER, C.E.; GAMPERL, A.K.; CECH Jr., J.J. (2001). Gut blood flow in fish during exercise and severe hypercapnia (review). Comp. Biochem. Physiol., v. 128 A, p. 551-563.

GALLAUGHER, P.; THORARENSEN, H.; FARRELL, A.P. Hematocrit in oxygen transport and swimming in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Respir. Physiol., 102, 279-292, 1995.

HOULIHAN, D.F.; LAURENT, P. Effect of exercise training on the performance, growth, and protein turnover of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., v. 44, p. 1614-1621, 1987.

HOUSTON, A.H. Blood and circulation. In: Methods of fish biology. Schreck, C.B.; Moyle, P.B. (Editors.), American Fisheries Society; Maryland, USA, 1990, p. 273-334.

JONES, D.R.; RANDALL, D.J. (1978). The respiratory and circulatory systems during exercise. In: Hoar, W.S.; Randall, D.J. (Editors), Fish Physiology, New York & London, Academic Press, 1978, v. 8, p. 425-492.

LE CREN, E.D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J. Anim. Ecol., v. 20, p. 201-219, 1951.

OBA, E.T. Efeitos do exercício físico moderado e da suplementação da dieta com vitamina C no crescimento e no metabolismo de matrinxã, *Brycon amazonicus* (Günther, 1869) (Teleostei: Characidae). Tese (Doutorado), São Carlos, SP: UFSCar, 2006, 99p.

RANDALL, D. The control of respiration and circulation in fish during exercise and hypoxia. J. Exp. Biol., v. 100, p. 275-288, 1982.

RANDALL, D.; HOLETON, G.F.; STEVENS, E.D. The exchange of oxygen and carbon dioxide across the gills of rainbow trout. J. Exp. Biol., v. 6, p. 339-348, 1967.

STEFFENSEN, J.F. The transition between branchial pumping and ram ventilation in fishes: energetic consequences and dependence on water oxygen tensions. J. Exp. Biol., v. 114, p. 141-150, 1985.

THORARENSEN, H.; GALLAUGHER, P.E.; KIESSLING, A.K.; FARRELL, A.P. . Intestinal blood flow in swimming chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* and the effects of haematocrit on blood flow distribution. J. Exp. Biol., v. 179, p. 115-129, 1993.

TOTLAND, G.K.; KRYVI, H.; JØDESTØL, K.A.; CHRISTIANSEN, E.N.; TANGERÅS, A.; SLINDE, E. Growth and composition of the swimming muscle of adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during long-term sustained swimming. Aquaculture, v. 66, p. 299-313, 1987.

VIJAYAN, M.M.; BALLANTYNE, J.S.; LEATHERLAND, J.F. High stocking density alters the energy metabolism of brook charr, *Salvelinus fontinalis*. Aquaculture, v.88, p.371-381, 1990.

WENDELAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. Physiol. Rev., v. 77, p. 591-625, 1997.