

# INFLUÊNCIA DA RECUPERAÇÃO NUTRICIONAL SOBRE PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E NUTRICIONAIS DE RATAS SUBMETIDAS AO EXERCÍCIO

Emerson Cruz de Oliveira; Flávia Alves Noujeimi; Maria Lúcia Pedrosa;  
Marcelo Eustáquio Silva

UFOP/NUPEB – OURO PRETO

## RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar os efeitos do treinamento físico de baixo volume e baixa intensidade sobre parâmetros bioquímicos e nutricionais de ratas submetidas à desnutrição protéico-calórica pós-desmame e recuperação nutricional. Foram utilizadas 52 ratas Fischer divididas seis grupos: Controle Sedentário (CS), Controle Treinado (CT), Recuperado Sedentário (RS), Recuperado Treinado (RT), Desnutrido Sedentário (DS) e Desnutrido Treinado (DT). Os animais foram mantidos em gaiolas individuais e receberam água e dieta ad libitum. Ao final de nove semanas os animais foram sacrificados para coleta de material biológico. A análise dos dados foi feita utilizando-se ANOVA Two-way com nível de significância de  $p < 0,05$  seguido de *post hoc* de Bonferroni. O treinamento promoveu maior ganho de peso pelos animais desnutridos. O protocolo de recuperação nutricional foi eficiente em promover a recuperação do peso dos animais recuperados sedentários, mas o treinamento não alterou esse quadro. O maior ganho de peso nos animais recuperados foi gerado pela maior eficiência alimentar. A elevação das concentrações de uréia sérica sugere que tanto os animais desnutridos, quanto os recuperados apresentaram comprometimento da função renal.

**Palavras chave:** Exercício físico, Desnutrição protéico-calórica. Recuperação Nutricional.

## INTRODUÇÃO

Em 2006, Oliveira e colaboradores estudaram os efeitos da desnutrição protéico-calórica sobre parâmetros bioquímicos, órgãos e músculos de ratas submetidas ao treinamento de natação. No presente estudo, além dos grupos experimentais utilizados naquele trabalho, foi acrescentado mais um grupo de animais para formar um grupo recuperado nutricionalmente, assim o foco de estudo agora passa a ser o efeito do treinamento físico em animais recuperados de uma desnutrição protéico-calórica pós-desmame.

Em 1985, Oldfors e Sourander estudando o efeito do exercício no músculo esquelético de ratos desnutridos encontraram evidências contundentes que suportam a hipótese de que o músculo esquelético se adapta ao estado nutricional e que essa adaptação pode ser alterada pela modificação das demandas impostas ao músculo, como acontece no exercício. Essa hipótese já naquela época era um forte argumento para se estudar atividade física e nutrição.

Alguns autores sugeriam que os animais desnutridos apresentam maior capacidade para corrida em função de seu menor peso corporal (Fuge e cols., 1968) e que o exercício acarreta modificações na composição corporal, diminuindo a porcentagem de gordura da carcaça desses animais, com conseqüente aumento da massa magra (Crews e cols., 1969). Foi relatado também que animais desnutridos que permaneceram sedentários sofreram mais atrofia muscular que animais exercitados e que o treinamento impediu a perda de mitocôndrias no sarcolema de animais desnutridos, porém exercitados (Oldfors & Sourander, 1985).

Encontramos dois trabalhos onde o interesse passou a ser o grupo recuperado ao invés do desnutrido. O primeiro foi o de Silva e cols., (1999) que concluíram que o exercício estimulou o crescimento linear sem causar prejuízos na homeostase bioquímica do organismo e o segundo o de Papoti e cols., (2003) que concluíram que os animais em recuperação nutricional apresentaram menores valores de lactato circulante que os animais controle, indicando que a recuperação nutricional altera a cinética de lactato durante exercício de natação em ratos. Entretanto no trabalho de Papoti e cols., (2003) não foi realizado um protocolo de treinamento físico, mas sim quatro testes de esforço de natação para se determinar se a máxima fase estável de lactato sofre influência da recuperação nutricional.

Nosso trabalho centra-se no estudo do efeito do treinamento físico sobre a recuperação nutricional e para conseguirmos ter um experimento devidamente controlado precisamos ter entre os grupos experimentais o grupo desnutrido, haja vista que importantes informações para comparação ainda não existem.

## OBJETIVO

O presente estudo objetivou avaliar os efeitos do treinamento físico de baixo volume e baixa intensidade sobre parâmetros bioquímicos e nutricionais de ratas submetidas à desnutrição protéico-calórica pós-desmame e recuperação nutricional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Animais e grupos experimentais

Cinquenta e seis ratas Fisher foram desmamadas aos 28 dias de idade e distribuídas em dois grupos de acordo com o teor protéico da dieta recebida dos 28 aos 58 dias de vida, caracterizando a primeira etapa do experimento: a) Grupo Controle, contendo 24 animais que receberam dieta AIN-93M (Reeves e cols., 1993) (Tabela I); b) Grupo Desnutrido, contendo 32 animais que receberam dieta Aprotéica (AIN-93M, modificado o teor de caseína para 0%) (Tabela I).

Posteriormente, aos 58 dias de idade, os animais foram subdivididos em seis grupos experimentais de acordo com o teor protéico da dieta e a realização ou não de treinamento físico por nove semanas, o que caracterizou a segunda etapa do experimento. Assim, os grupos ficaram configurados da seguinte forma: Controle Sedentário (CS, n = 12): animais alimentados com dieta controle durante todo o experimento; não realizaram treinamento físico. Controle Treinado (CT, n = 12): animais alimentados com dieta controle durante todo o experimento; realizaram treinamento físico. Recuperado Sedentário (RS, n = 8): animais alimentados com dieta aprotéica durante a primeira etapa (30 dias) e alimentados com dieta controle durante a segunda etapa (9 semanas); não realizaram treinamento físico. Recuperado Treinado (RT, n = 8): animais alimentados com dieta aprotéica durante a primeira etapa (30 dias) e alimentados com dieta controle durante a segunda etapa (9 semanas); realizaram treinamento físico. Desnutrido Sedentário (DS, n = 8): animais alimentados com dieta aprotéica durante a primeira etapa (30 dias) e alimentados com dieta hipoprotéica (AIN-93M, modificado o teor protéico para 5%, Tabela I) durante a segunda etapa (9 semanas); não realizaram treinamento físico. Desnutrido Treinado (DT, n = 8): animais alimentados com dieta aprotéica durante a primeira etapa (30 dias) e alimentados com dieta hipoprotéica durante a segunda etapa (9 semanas); realizaram treinamento físico.

### Dietas

Durante o experimento foi utilizada dieta AIN-93M modificando-se as concentrações protéicas conforme apresentado na Tabela I. A mistura de vitaminas e a mistura de minerais foram manipuladas em nosso laboratório, seguindo as recomendações de (Reeves e cols., 1993). As dietas eram igualmente preparadas em nosso laboratório e armazenadas sob refrigeração (-4 °C), até o momento do uso. Os animais receberam água filtrada e dieta *ad libitum* e foram mantidos em gaiolas individuais em ambiente com ciclos de luz/escurecimento de doze horas e temperatura de 25 ± 1 °C.

### Treinamento físico e avaliação nutricional e bioquímica

O protocolo de treinamento utilizado foi proposto por Oliveira e cols., (2006). O controle da ingestão alimentar foi feito durante as três últimas semanas do experimento. Assim foi possível calcular a Eficiência Alimentar (EA) que corresponde à divisão do valor do ganho de peso pelo valor da ingestão alimentar. Após nove semanas de treinamento os animais foram sacrificados 48 horas após a última sessão de exercício, e estando em jejum de 8 horas. O sangue foi coletado e imediatamente centrifugado para separação do soro. As dosagens bioquímicas foram realizadas de acordo com as orientações do fabricante dos kits (Labtest Diagnóstica). Após a coleta do sangue os abdomens foram abertos para coleta e pesagem do fígado e rim. Os músculos sóleo e extensor longo dos dedos (EDL) também foram localizados, coletados e pesados.

**Tabela I.** Composição das dietas, quantidade de cada componente para cada 1000g de dieta. Dieta AIN-93M, contendo 12% de proteína (Dieta Controle); Dieta AIN-93M modificada, contendo 6% de proteína (Dieta Hipoprotéica); e Dieta AIN-93M modificada, contendo 0% de proteína (Dieta Aprotéica).

| Composição                        | Dieta Controle | Dieta Hipoprotéica | Dieta Aprotéica |
|-----------------------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Colina                            | 2,5g           | 2,5g               | 2,5 g           |
| Mistura de Vitaminas <sup>1</sup> | 10,0g          | 10,0g              | 10,0g           |
| Mistura de Minerais <sup>2</sup>  | 35,0g          | 35,0g              | 35,0g           |
| Fibra                             | 50,0g          | 50,0g              | 50,0g           |
| Caseína                           | 147,0g         | 60,0g              | 0,0g            |
| Óleo                              | 40,0g          | 40,0g              | 40,0g           |
| Amido de milho                    | 715,5g         | 802,5g             | 862,5g          |

<sup>1</sup>Mistura de vitaminas (g/Kg de mistura): Acetato de retinol – 2.000.000IU / Colecalciferol – 200.000IU / Ácido p-aminobenzóico – 10,00 / I-Inositol – 10,00 / Niacina – 4,00 / Pantotenato de cálcio – 4,00 / Riboflavina – 0,80/ Tiamina HCL – 0,50 / Piridoxina HCL – 0,50 / Ácido fólico – 0,20 / Biotina – 0,04 / Vitamina B12 – 0,003 / Sacarose – q.s.p. 1000. / Colina – 200,0 /  $\alpha$ -Tocoferol – 10.000IU. <sup>2</sup>Mistura de minerais (g/Kg de mistura): NaCl – 139,3 / KI – 0,79 / MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O – 57,3 / CaCO<sub>3</sub> – 381,4 / MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O – 4,01 / FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O – 27,0 / ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O - 0,548 / CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O – 0,477 / CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O – 0.023 / KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 389,0

#### Tratamento estatístico

A comparação entre os grupos foi feita utilizando-se ANOVA *Two-way* ao nível de significância de  $p < 0,05$  seguida de *post hoc* de Bonferroni.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às médias de peso corporal final foi observada diferença significativa em função do estado nutricional. Os animais do grupo controle apresentaram os maiores valores, seguidos dos animais do grupo recuperado e os animais do grupo desnutrido apresentaram os menores valores. Não foi observada diferença significativa em função do treinamento. Entretanto, ocorreu uma interação entre estado nutricional e treinamento, assim, os animais CS, CT e RS apresentaram os maiores valores. Os grupos RS e RT foram semelhantes e os menores valores foram dos animais DT e DS, respectivamente (Tabela II). Para ganho de peso, ingestão alimentar e eficiência alimentar os animais se diferiram significativamente apenas em função do estado nutricional. Os animais do grupo recuperado apresentaram uma maior ingestão alimentar e conseqüentemente maior ganho de peso, seguidos dos animais do grupo controle e os animais do grupo desnutrido apresentaram os menores valores (Tabela II). Os animais do grupo controle apresentaram os maiores valores para ingestão alimentar, seguidos dos animais do grupo recuperado e os animais do grupo desnutrido apresentaram os menores valores (Tabela II).

O maior peso corporal dos animais controle, seguidos dos recuperados e dos desnutridos era um resultado esperado em função do estado nutricional. Esperávamos também que os valores do peso corporal dos animais dos grupos RS e RT fossem estatisticamente semelhantes aos grupos CS e CT, fato que ocorreu somente em parte, pois os valores dos animais RT foram ligeiramente menores que do RS. Se for considerado apenas o peso corporal, podemos observar que os animais do grupo RS alcançaram uma recuperação nutricional, entretanto, o efeito do exercício nos animais do grupo RT não pode ser considerado ruim porque, estatisticamente, esse grupo foi igual ao grupo RS. Os animais desnutridos apresentaram uma resposta diferente dos demais grupos e nesse caso, apesar da igualdade estatística, os valores médios dos animais exercitados foram superiores aos dados dos animais sedentários.

**Tabela II** – Médias de peso corporal final (Peso Final); Médias de ganho de peso semanal (GP); Médias de ingestão alimentar semanal (IA) e Médias de eficiência alimentar (EA) de animais dos grupos: Controle Sedentário (CS); Controle Treinado (CT); Recuperado Sedentário (RS); Recuperado Treinado (RT); Desnutrido Sedentário (DS); e Desnutrido Treinado (DT), obtidos durante ou após nove semanas de experimento<sup>1</sup>.

| Grupos\Parâmetros | Peso Final (g)                | GP (g)       | IA (g)        | EA (*)      |
|-------------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------|
| CS                | 206,83 ± 13,68 <sup>a</sup>   | 9,58 ± 4,41  | 106,77 ± 6,17 | 0,08 ± 0,03 |
| CT                | 201,17 ± 13,18 <sup>a</sup>   | 9,42 ± 2,33  | 117,51 ± 7,91 | 0,07 ± 0,02 |
| RS                | 186,17 ± 15,38 <sup>a,b</sup> | 15,15 ± 3,32 | 95,06 ± 8,80  | 0,15 ± 0,04 |
| RT                | 170,29 ± 7,18 <sup>b</sup>    | 15,45 ± 2,02 | 85,02 ± 8,42  | 0,18 ± 0,03 |
| DS                | 55,14 ± 16,31 <sup>c</sup>    | 1,38 ± 2,66  | 68,37 ± 26,97 | 0,02 ± 0,04 |
| DT                | 74,14 ± 19,63 <sup>c</sup>    | 1,67 ± 2,67  | 62,38 ± 23,76 | 0,04 ± 0,05 |

  

| Valor de p (Anova Two Way) |         |         |         |         |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Estado Nutricional         | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Treinamento                | NS      | NS      | NS      | NS      |
| Interação                  | 0,0080  | NS      | NS      | NS      |

<sup>1</sup>Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão. Valor de p < 0,05 = diferença significativa em função das fontes de variação que são o estado nutricional, o treinamento ou ainda interação entre estado nutricional e treinamento. NS = não significativo. Letras diferentes, sobrescritas na mesma coluna indicam as diferenças significativas ao nível de p < 0,05 para os parâmetros onde foi encontrada uma interação entre as fontes de variação estado nutricional e treinamento após a realização do pós teste de Bonferroni. \* Eficiência Alimentar (EA) corresponde à divisão do valor médio do ganho de peso (GP) pelo valor médio da ingestão alimentar (IA), e pode ser calculada pela fórmula: EA = (GP)/ (IA).

O nosso resultado é oposto ao que havia sido observado por outros autores (Oldfors & Sourander, 1985) que encontraram diferença por efeito do treinamento entre animais controle sedentários e controle treinados. Essa diferença ocorreu em função do protocolo de treinamento que era de corrida a 18 metros/minutos, durante 12 semanas naquele experimento, portanto, com uma maior duração. Ao contrário do observado por eles, para animais desnutridos, os animais do presente estudo, em média, ganharam peso durante o experimento, inclusive os valores do grupo desnutrido treinado foram maiores do que os valores do grupo desnutrido sedentário, apesar de não existir diferença significativa conforme descrito na literatura (Galdino e cols., 2000). Ainda assim, concordamos que esse efeito do exercício é positivo e ressaltamos que o mecanismo que gerou esse resultado precisa ser estudado.

O maior ganho de peso nos animais recuperados era um resultado esperado em função do déficit protéico (30 dias recebendo dieta aprotéica) na primeira etapa do experimento e a retomada do crescimento possibilitada pela troca da dieta aprotéica pela dieta controle na segunda etapa. Ashworth (1969) estudou a recuperação nutricional em oito crianças entre 10 meses e 3 anos que apresentaram pesos variando de 50% a 70% do peso normal para altura. Durante a recuperação nutricional, a taxa de crescimento de crianças foi 15 vezes maior do que a das crianças normais da mesma idade e 5 vezes maior do que outras crianças com altura e peso semelhantes. Após atingirem o peso normal para altura, a ingestão alimentar das crianças caiu para um nível aproximado ao das crianças normais de mesma altura e peso, porém mais novas.

A ingestão alimentar não justifica o ganho de peso se forem considerados apenas os valores absolutos, uma vez que os animais do grupo controle são maiores e por isso apresentam uma maior capacidade de ingerir alimentos. A ingestão alimentar maior no grupo controle, seguido do grupo recuperado e desnutrido, respectivamente, está de acordo com dados de outro grupo (Hansen-Smith e cols., 1977), para animais controle e desnutrido, ambos sedentários durante o período de oito semanas e contraria aos resultados obtidos por outros pesquisadores (Oldfors & Sourander, 1985) que observaram uma maior ingestão alimentar nos animais controle nas quatro primeiras semanas e uma igualdade na ingestão alimentar entre controle e desnutrido, tanto sedentários quanto exercitados, ao final do

experimento (12 semanas). Alguns autores (Ocken & Grunewald, 1988; Papoti e cols., 2003) não encontraram diferença entre o grupo controle e o grupo recuperado para ingestão alimentar.

A eficiência alimentar calculada indica que o maior ganho de peso desses animais ocorre em função de um melhor aproveitamento do alimento, corroborando dados da literatura (Silva e cols., 1999; Ocken & Grunewald, 1988). O ganho de peso seguiu o resultado da eficiência alimentar, assim, o grupo recuperado apresentou maior eficiência alimentar e, como consequência, maior ganho de peso, sendo seguido pelo grupo controle e desnutrido.

A eficiência alimentar nos animais desnutridos deve ser analisada com cautela para efeitos de comparação do resultado dos desnutridos com os controles e recuperados em função da diferença no conteúdo protéico das dietas, 6% no caso dos desnutridos e 12% nos controles e recuperados. Os animais DT apresentaram valores duas vezes maiores do que DS, mas a variação dentro do grupo é maior que as diferenças médias encontradas, o que impossibilitou encontrar diferença estatística. Essa variação é esperada, pois em uma situação desfavorável prevalece a variação individual onde os mais adaptados sobrevivem.

O maior ganho de peso e eficiência alimentar mostram que os animais recuperados estão com uma taxa metabólica aumentada, o que resultou numa maior retenção de nutrientes, como pode ser observado pelos valores de peso do sóleo e ELD apresentados na Tabela III.

Para peso do fígado e rim houve diferença significativa devido ao estado nutricional. Os animais do grupo controle apresentam maiores valores seguidos dos animais do grupo recuperado, os menores valores foram dos animais do grupo desnutrido. Não foi observada diferença significativa em função do treinamento. Entretanto, houve uma interação entre estado nutricional e treinamento, para o peso do fígado, desta forma, os animais CS, CT e RS foram semelhantes e apresentaram os maiores valores quando comparados aos demais grupos. Os animais do grupo RT também apresentaram diferença em relação ao grupo DT e esse, por sua vez, foi diferente do grupo DS que apresentou os menores valores (Tabela III). No caso do rim a interação mostrou que os animais dos grupos CS, CT, RS e RT apresentaram os maiores valores e diferiram dos animais DT que apresentaram valores intermediários, enquanto os animais DS apresentaram os menores valores (Tabela III).

Para as médias de peso do músculo sóleo foi observada uma diferença significativa em função do estado nutricional. Os animais do grupo recuperado apresentaram os maiores valores seguidos dos animais do grupo controle e o menor valor foi dos animais do grupo desnutrido. Não foi observada diferença significativa por efeito do treinamento. Houve uma interação entre estado nutricional e treinamento, assim os animais RS, RT e CS apresentaram os maiores valores, seguidos dos CT, que foram semelhantes à CS. Os menores valores foram dos grupos DT e DS (Tabela III). Para as médias de peso do músculo extensor longo dos dedos foi observada uma diferença significativa apenas em função do estado nutricional. Os animais do grupo recuperado apresentaram os maiores valores, sendo os valores intermediários apresentados pelos animais do grupo controle e os menores valores pelos animais do grupo desnutrido (Tabela III).

Olfors & Sourander (1985) estudaram o efeito do exercício na prevenção da atrofia dos músculos sóleo e EDL em ratos submetidos à desnutrição. Eles observaram que a diferença no tamanho dos dois músculos quando comparados em si, foram menores nos animais desnutridos exercitados e a diferença foi mais evidente nas fibras tipo 2 do que nas fibras tipo 1, tanto no ELD (contração rápida) quanto no sóleo (contração lenta). Houve também uma maior perda de peso no ELD, que tem predominância de fibras do tipo 2, diferente do sóleo, que é composto principalmente por fibras do tipo 1. Os ratos sedentários também apresentaram perdas de mitocôndrias. Portanto, a predominância do tipo de fibra determina qual músculo vai atrofiar mais na desnutrição. A explicação para a diferença seria a tonicidade do sóleo, que o protegeria da atrofia e também a sobrecarga do peso corporal do animal durante a corrida. O exercício não só protegeu o músculo da atrofia, como também da perda de mitocôndrias, que já foi descrita em animais desnutridos (Hansen-Smith e cols 1977). O exercício também protege os músculos da perda de enzimas respiratórias em animais desnutridos (Fuge e cols 1968).

**Tabela III** – Médias de peso do Fígado (Fígado); Médias de peso do Rim (Rim); Médias de peso do Sólido (Sólido) e Média de peso do ELD (EDL) de animais dos grupos: Controle Sedentário (CS); Controle Treinado (CT); Recuperado Sedentário (RS); Recuperado Treinado (RT); Desnutrido Sedentário (DS); e Desnutrido Treinado (DT), obtidos durante ou após nove semanas de experimento<sup>1</sup>.

| <b>Grupos\ Parâmetros</b>         | <b>Fígado (g)</b>        | <b>Rim (g)</b>           | <b>Sólido (g)</b>          | <b>ELD (g)</b> |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| <b>CS</b>                         | 5,87 ± 0,52 <sup>a</sup> | 0,65 ± 0,06 <sup>a</sup> | 0,08 ± 0,01 <sup>a,b</sup> | 0,08 ± 0,02    |
| <b>CT</b>                         | 5,79 ± 0,55 <sup>a</sup> | 0,58 ± 0,08 <sup>a</sup> | 0,07 ± 0,02 <sup>b</sup>   | 0,09 ± 0,02    |
| <b>RS</b>                         | 5,84 ± 0,45 <sup>a</sup> | 0,57 ± 0,05 <sup>a</sup> | 0,09 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,11 ± 0,02    |
| <b>RT</b>                         | 4,84 ± 0,46 <sup>b</sup> | 0,55 ± 0,03 <sup>a</sup> | 0,09 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,09 ± 0,02    |
| <b>DS</b>                         | 2,00 ± 0,61 <sup>d</sup> | 0,24 ± 0,05 <sup>c</sup> | 0,03 ± 0,01 <sup>c</sup>   | 0,02 ± 0,01    |
| <b>DT</b>                         | 3,04 ± 0,66 <sup>c</sup> | 0,31 ± 0,05 <sup>b</sup> | 0,04 ± 0,02 <sup>c</sup>   | 0,03 ± 0,02    |
| <b>Valor de p (Anova Two Way)</b> |                          |                          |                            |                |
| <b>Estado Nutricional</b>         | <0,0001                  | <0,0001                  | <0,0001                    | <0,0001        |
| <b>Treinamento</b>                | NS                       | NS                       | NS                         | NS             |
| <b>Interação</b>                  | <0,0001                  | 0,0016                   | 0,0175                     | NS             |

<sup>1</sup>Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão. Valor de p < 0,05 = diferença significativa em função das fontes de variação que são o estado nutricional, o treinamento ou ainda interação entre estado nutricional e treinamento. NS = não significativo. Letras diferentes, sobrescritas na mesma coluna indicam as diferenças significativas ao nível de p < 0,05 para os parâmetros onde foi encontrada uma interação entre as fontes de variação estado nutricional e treinamento após a realização do pós teste de Bonferroni.

Como nossos resultados são semelhantes para animais desnutridos e controles, somos levados a acreditar que o aumento no metabolismo geral, imposto pela atividade, pode ser o fator gerador da proteção, mais do que a participação do músculo no movimento da natação ou o fato de suportar a sobrecarga do peso corporal na corrida.

A diferença em função do estado nutricional e a diferença em função da interação para peso dos rins mostram que os rins dos animais recuperados são menores que dos controles e que os rins dos animais desnutridos são menores que os demais grupos. Os animais DT, entretanto, apresentam maiores valores do que os animais DS. Nossos dados estão de acordo com Ocken & Grunewald (1988) para animais controle e recuperados.

Para as médias das concentrações séricas de uréia foi observada uma diferença significativa em função do estado nutricional. Os animais do grupo recuperado apresentaram os maiores valores, seguidos dos animais do grupo desnutrido e animais do grupo controle, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas por efeito do treinamento. Também não houve interação entre estado nutricional e treinamento (Tabela IV). Para as médias das concentrações séricas de creatinina foi observada uma diferença significativa em função do estado nutricional. Os animais do grupo desnutrido apresentaram os maiores valores, seguidos dos animais do grupo recuperado e os animais do grupo controle, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas por efeito do treinamento. Também não houve interação entre estado nutricional e treinamento (Tabela IV).

As médias das concentrações séricas de proteínas totais revelaram uma diferença significativa devido ao estado nutricional. Os animais do grupo recuperado apresentaram maiores valores, seguidos dos animais do grupo controle e os menores valores foram observados nos animais do grupo desnutrido. Não houve diferença significativa por efeito do treinamento. Todavia houve interação entre estado nutricional e treinamento, onde os animais dos grupos RT, CS e RS apresentaram os maiores valores, seguidos dos animais CT que foram semelhantes a RS e os menores valores foram dos grupos DS e DT (Tabela IV). Em relação às médias das concentrações séricas de albumina todos os grupos são estatisticamente semelhantes e não foi observada diferença significativa em função do estado nutricional, como efeito do treinamento e não houve interação entre estado nutricional e treinamento (Tabela IV).

**Tabela IV** – Médias das concentrações séricas de Uréia (Uréia); Médias das concentrações séricas de Creatinina (Creatinina); Médias das concentrações séricas de Proteínas totais (Proteínas Totais) e Média das concentrações séricas de Albumina (Albumina) de animais dos grupos: Controle Sedentário (CS); Controle Treinado (CT); Recuperado Sedentário (RS); Recuperado Treinado (RT); Desnutrido Sedentário (DS); e Desnutrido Treinado (DT), obtidos durante ou após nove semanas de experimento<sup>1</sup>.

| Grupos\ Parâmetros         | Uréia (mmol/L) | Creatinina (µmol/L) | Proteínas Totais (g/L)      | Albumina (µmol/L) |
|----------------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| CS                         | 4,21 ± 0,84    | 15,36 ± 6,99        | 69,75 ± 3,75 <sup>a</sup>   | 491,54 ± 74,47    |
| CT                         | 4,19 ± 0,79    | 32,10 ± 19,59       | 63,64 ± 4,74 <sup>b</sup>   | 487,89 ± 57,8     |
| RS                         | 8,93 ± 1,78    | 75,07 ± 4,49        | 69,72 ± 3,68 <sup>a,b</sup> | 488,95 ± 9,99     |
| RT                         | 9,31 ± 0,94    | 77,54 ± 7,05        | 71,37 ± 4,04 <sup>a</sup>   | 489,65 ± 34,75    |
| DS                         | 6,64 ± 2,15    | 99,44 ± 27,81       | 60,90 ± 4,78 <sup>c</sup>   | 520,45 ± 31,31    |
| DT                         | 6,82 ± 1,40    | 86,91 ± 25,60       | 60,34 ± 5,26 <sup>c</sup>   | 496,10 ± 69,52    |
| Valor de p (Anova Two Way) |                |                     |                             |                   |
| Estado Nutricional         | <0.0001        | <0.0001             | <0.0001                     | NS                |
| Treinamento                | NS             | NS                  | NS                          | NS                |
| Interação                  | NS             | 0,0524              | 0,0299                      | NS                |

<sup>1</sup>Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão. Valor de p < 0,05 = diferença significativa em função das fontes de variação que são o estado nutricional, o treinamento ou ainda interação entre estado nutricional e treinamento. NS = não significativo. Letras diferentes, sobrescritas na mesma coluna indicam as diferenças significativas ao nível de p < 0,05 para os parâmetros onde foi encontrada uma interação entre as fontes de variação estado nutricional e treinamento após a realização do pós teste de Bonferroni.

Os animais recuperados apresentam maiores valores de proteínas totais que os demais grupos. A recuperação nutricional gera um maior crescimento (Ashworth, 1969), o que nos leva a acreditar que a velocidade metabólica nos animais recuperados estava aumentada, justificando os valores de proteínas totais que encontramos. Os animais desnutridos, por sua vez, apresentaram valores abaixo do normal, porque que a dieta que eles receberam continha quantidades inferiores ao requerimento do animal, que é de 12%. Nos animais desnutridos faltam enzimas e substratos para síntese protéica, resultando em prejuízo dessa síntese. Os animais do grupo CT apresentaram valores inferiores a CS, possivelmente em função de um maior gasto energético imposto pela atividade.

Essa resposta dos recuperados para proteínas totais não ocorreu em outro trabalho (Silva e cols., 1999), entretanto, a ausência de diferença significativa para concentrações séricas de albumina do nosso estudo reproduziu o observado por eles.

A análise da uréia e creatinina, aliadas ao peso do rim, indicam uma disfunção renal. Stephen & Waterlow (1968) demonstraram que a atividade da enzima arginino succinase, uma enzima chave do ciclo da uréia, encontra-se com a atividade diminuída na desnutrição. Esses dados nos levam a concluir que os animais desnutridos e recuperados não conseguem eliminar a uréia excedente produzida.

## CONCLUSÕES

O treinamento promoveu maior ganho de peso pelos animais desnutridos. O protocolo de recuperação nutricional foi eficiente em promover a recuperação do peso dos animais recuperados sedentários, mas o treinamento não alterou esse quadro. O maior ganho de peso nos animais recuperados foi gerado pela maior eficiência alimentar. A elevação das concentrações de uréia sérica sugerem que tanto os animais desnutridos, quanto os recuperados apresentaram comprometimento da função renal.

## REFERÊNCIAS

- ASHWORTH A. (1969) Growth rates in children recovering from protein-calorie malnutrition. *Br.J Nutr.* 23, 835-845.
- CREWS E.L.I., FUGE K.W., OSCAI L.B., HOLLOSZY J.O. & SHANK R.E. (1969) Weight, food intake, and body composition: effects of exercise and of protein deficiency. *Am.J.Physiol* 216, 359-363.
- FUGE K.W., CREWS E.L.I., PATTENGAL P.K., HOLLOSZY J.O. & SHANK R.E. (1968) Effects of protein deficiency on certain adaptive responses to exercise. *Am.J.Physiol* 215, 660-663.
- GALDINO R., ALMEIDA C.C.S., LUCIANO E. & MELLO M.A.R. (2000) Protein malnutrition does not impair glucose metabolism adaptations to exercise-training. *Nutrition Research* 20, 527-535.
- HANSEN-SMITH F.M., MAKSUD M.G. & VANHORN D.L. (1977) Influence of chronic undernutrition on oxygen consumption of rats during exercise. *Growth* 41, 115-121.
- LATNER A.L. & SKILLEN A.W. (1961) Clinical applications of dehydrogenase isoenzymes. *Lancet* 2, 2186-2188.
- MELLO M.A.R. (1994) Effects of intrauterine and postnatal protein-calorie malnutrition on metabolic adaptations to exercise in young rats. *Braz.J.Med.Biol.Res.* 27, 2461-2466.
- OCKEN D.A. & GRUNEWALD K.K. (1988) The effects of exercise on catch-up growth of rats recovering from early undernutrition. *J.Nutr.* 118, 1410-1416.
- OLDFORS A. & SOURANDER P. (1985) Effects of training on skeletal muscle in protein-deprived rats. *J.Neurol.Sci.* 69, 1-8.
- OLIVEIRA, Emerson Cruz de ; GONÇALVES, Allan Cristian ; FARIA, Wanda Maria de ; PEDROSA, Maria Lúcia ; SILVA, Marcelo Eustáquio . Efeito da desnutrição protéico-calórica sobre parâmetros bioquímicos, órgãos e músculos de ratas submetidas ao treinamento de natação. In: Paula Fontoura. (Org.). Coleção Pesquisa em Educação Física. 2006, v. 4, p. 358-362.
- PAPOTI M., ALMEIDA P.B.L., PRADA F.J.A., ELENO T.G., HERMINI H.A., GOBATTO C.A. & MELLO M.A.R. (2003) Máxima fase estável de lactato durante a natação em ratos recuperados de desnutrição protéica. *Motriz* 9, 103-110.
- REEVES P.G., NIELSEN F.H. & FAHEY G.C., Jr. (1993) AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J.Nutr.* 123, 1939-1951.
- SILVA M.P., STEVANATO E., MOREIRA V.M., PORTO M. & MELLO M.A.R. (1999) Efeitos da desnutrição intra-uterina e da recuperação nutricional sobre respostas metabólicas ao exercício crônico em ratos jovens. *Motriz* 5, 152-159.
- STEPHEN J.M. & WATERLOW J.C. (1968) Effect of malnutrition on activity of two enzymes concerned with aminoacid metabolism in human liver. *Lancet* 1, 118-119.