

A INFLUÊNCIA DAS CATECOLAMINAS CIRCULANTES NO EXERCÍCIO FÍSICO

Ana Maria Pimenta Moraes¹
 Fernanda Vanessa Silva Marques¹
 Maria Eliza de Lacerda Lobato¹

RESUMO

Para a realização de qualquer movimento ou função biológica é necessária a produção de energia, que é fornecida a partir da degradação de carboidratos, lipídeos e proteínas. A glicose é o principal carboidrato necessário à produção de energia. À medida que a intensidade do exercício é aumentada e a glicemia começa a cair, há um aumento da concentração plasmática das catecolaminas e glicorticóides. Estudos realizados com ratos adrenalectomizados e normais mostram resultados diferentes com relação à duração do tempo total de exercício. Assim, o objetivo deste estudo é comparar o tempo total de um exercício até a exaustão realizado em ratos machos adultos (330 ± 20 g), não treinados intactos (n=9) e adrenalectomizados (ADM) (n=10), observando a importância e participação das catecolaminas na determinação deste tempo. O teste realizado foi através da natação, no qual o rato iniciava com uma carga de 2% do seu peso corporal tendo um incremento de 2% na carga a cada 3 minutos até a exaustão. Pode-se observar que o peso corporal dos animais ADM foi menor (316,5 g ± 4,4 N=10) quando comparado com o peso dos ratos normais (338,8 g ± 6,3 N=8). O tempo total de exercícios dos ADM (542,0 seg ± 24,36) foi menor que os ratos normais (656,3 seg ± 25,64), pelo fato do teste levar em consideração o peso corporal. Com isso, pode-se concluir que o tipo de teste realizado não foi ideal para avaliar animais com peso corporal diferente.

Palavras chave: exercício físico, catecolaminas

1 - Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho – Belo Horizonte, MG

ABSTRACT

The influence of the circulating catecholamine in the physical exercise

For the accomplishment of any movement or biological function the energy production is necessary, that is supplied from the degradation of carbohydrates, lipids and proteins. The glucose is the main necessary carbohydrate to the energy production. To the measure that the intensity of the exercise is increased and the glycemia it starts to fall, it has an increase of the plasmatic concentration of the catecholamine and glicorticóides. Studies carried through with adrenalectomized and intact rats show resulted different with relation to the duration of the total time of exercise. Thus, the objective of this study is to compare the total time of an exercise until the exhaustion carried through in adult male rats (330 ± 20 g), no trained (n=9) and adrenalectomized (ADM) (n=10), observing the importance and participation of the catecholamine in the determination of this time. The carried through test was through swimming, in which the rat initiated with a load of 2% of its corporal weight having an increment of 2% in the load to each 3 minutes until the exhaustion. It can be observed that the corporal weight of animals ADM lesser (316.5 g ± 4.4 N=10) when was compared with the weight of the normal rats (338.8 g ± 6.3 N=8). The total time of exercises of the ADM (542.0 second ± 24.36) lesser than the normal rats (656.3 second ± 25.64), for the fact of the test to take in consideration the corporal weight. With this, it can be concluded that the type of carried through test was not ideal to evaluate animal with different corporal weight.

Key words: Physical Exercise, Catecholamines

Endereço para correspondência:
 aninhapmoraes@pop.com.br
 fefemarques@yahoo.com.br
 elizauni@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Para a realização de qualquer movimento ou função biológica é necessária a produção de energia, que é fornecida a partir da degradação dos substratos energéticos, carboidratos, lipídeos e proteínas (Armstrong e Welsman, 1997).

As respostas metabólicas durante o exercício envolvem mobilização e reposição dos substratos energéticos. O substrato mais importante para o metabolismo energético durante os exercícios é o carboidrato. A glicose é o principal carboidrato utilizado pelo metabolismo do músculo esquelético, fígado, tecido adiposo e sistema nervoso (Galbo, 1983).

A energia necessária para a contração muscular no início do exercício provém da glicólise, a via metabólica de quebra de glicose (glicólise) e do glicogênio muscular (glicogenólise) (Maughan, Gleeson e Greenhalf, 2000). À medida que aumenta a intensidade do exercício a necessidade de carboidrato pelos músculos aumenta e a fonte extra muscular de glicose também passa a ser utilizada.

Segundo Winder e colaboradores (1983), durante exercícios intensos a glicose é fornecida pela glicogenólise hepática. Estudos em ratos mostraram que o aumento da concentração plasmática de glucagon, de adrenalina e de glicocorticóides ocorre à medida que o glicogênio hepático é depletado e a glicemia começa a cair (Winder, Boullier e Fell, 1979). Isto mostra que, com o prolongamento e aumento da intensidade dos exercícios, as necessidades metabólicas são acompanhadas também de alterações nas concentrações hormonais para promover a mobilização de estoques intracelulares de glicogênio (Galbo, 1992).

Existem três processos de fornecimento de glicose pelo fígado:

1- mediado pelo glucagon ou pelas catecolaminas adrenais que interagem com os receptores β adrenérgicos nos hepatócitos e ativam a adenilciclase com conseqüente aumento da adenosina monofosfato cíclico (AMPC) e ativação da fosforilase b inativa em fosforilase a ativa (Richter, 1984; Hems e Whitton, 1980);

2- Independente do AMPc, envolvendo a interação das catecolaminas adrenais com receptores β adrenérgicos levando ao aumento da concentração de cálcio livre no citoplasma e conseqüente ativação de ambas as formas da fosforilase quinase (Exton, 1980).

3- Por meio da inervação simpática do fígado (Shimazu e Amakanwa, 1975), via receptores β adrenérgicos (Proost, Carton e Dewulf, 1979).

De acordo com os estudos de Van Dijk e colaboradores (1994), o glucagon e as catecolaminas adrenais são os fatores predominantes na resposta glicêmica durante o exercício, enquanto que o papel da inervação simpática para o fígado torna-se evidente quando se suprime a secreção de glucagon.

À medida que a intensidade do exercício e aumentada as concentrações sanguíneas de adrenalina e noradrenalina também aumentam (Sonne, Galbo e Christensen, 1981). Segundo Galbo (1992), em humanos, o aumento da concentração plasmática de catecolaminas está diretamente relacionado com o aumento do consumo de oxigênio. Ainda, de acordo com alguns autores, há um aumento na concentração plasmática de catecolaminas adrenais associado a maior produção hepática de glicose (Galbo, 1983; Sigal e colaboradores, 1994). Mas, de acordo com Marker e colaboradores (1986), a glicogenólise muscular parece ser mais sensível à regulação pelas catecolaminas adrenais do que a glicogenólise hepática. E assim, é possível que a função da glicogenólise muscular estimulada pela adrenalina seja fornecer lactato como substrato para a gliconeogênese hepática (Kjaer, 1995; Amal e colaboradores, 1986). A partir desta afirmação e de acordo com outros autores que afirmam que com a adrenodemedulação há uma menor utilização de glicogênio muscular durante o exercício e conseqüente diminuição da liberação de lactato (Armall e colaboradores, 1986; Richter e colaboradores, 1981a; 1980) a glicogenólise muscular parece realmente ser mais sensível à regulação pelas catecolaminas adrenais.

Com isso, a adrenalina passa a ser importante na regulação da produção hepática da glicose na fase final do exercício prolongado ou durante o exercício intenso (Wasserman e colaboradores, 1990).

Nos estudos realizados por Winder e colaboradores (1985, 1987), ratos adrenodemedulados foram submetidos ao exercício de intensidade moderada até a exaustão apresentando redução no tempo total de exercício em relação ao controle sendo que, esta resposta foi corrigida pela reposição endovenosa de adrenalina.

Já no estudo de Lima e colaboradores (1998), ratos adrenodemedulados não mostraram diferenças no tempo total de exercício em relação ao animal intacto realizando exercício de mesma intensidade até a exaustão.

Assim, o objetivo deste estudo é comparar o tempo total de um exercício até a exaustão realizado por ratos não treinados intactos e previamente adrenodemedulados observando a importância e participação das catecolaminas na determinação deste tempo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

No experimento foram utilizados ratos machos adultos com peso corporal de 330 ± 20 g procedentes do Biotério Central ICB/USP. Durante o período de adaptação às novas condições ambientais, os animais permaneceram em gaiolas coletivas e fotoperíodo de 14h claro/10h escuro, tendo livre acesso à água de torneira e ração granulada.

Os animais foram divididos em dois grupos: normais ($n=9$) e adrenodemedulados

(ADM) ($n=10$), nos quais todos eram sedentários, porém, um dos ratos do grupo normal não completou o teste.

Adrenodemedulação Bilateral

Para verificar a participação da secreção da medula adrenal, os animais foram previamente submetidos à adrenodemedulação bilateral segundo Zarrow, Yochim e McCarty (1964), sendo anestesiados com o uso de éter. A medula de cada adrenal foi comprimida e retirada por um corte na cápsula. Todos os animais passaram pelo estresse cirúrgico, porém apenas dez animais tiveram a medula da supra-renal retirada. Após a cirurgia os animais tiveram livre acesso a solução fisiológica (cloreto de sódio a 0,9%) por um período de 24 horas. A ingestão de ração foi normal. Os animais foram submetidos aos experimentos 66 dias após as cirurgia.

Protocolo do Teste

A natação foi utilizada como exercício físico, no qual os ratos começavam nadando com uma carga de 2% do seu peso corporal, tendo um incremento desta à cada três minutos até à exaustão. O tempo total do exercício foi cronometrado. O exercício foi realizado numa piscina com 50 cm de profundidade e dividida em 12 raias individuais de acrílico com 20 cm x 20 cm cada, como mostra a figura abaixo. A temperatura da água para o exercício foi de 33 ± 2 graus.



Figura 1: Piscina na qual os ratos realizaram a natação como exercício.

Análise Estatística

A média do peso corporal e do tempo total de exercício foi calculado segundo o Student t-test com índice de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS

O gráfico 1 mostra que o peso corporal dos animais adrenodemedulados foi menor ($316,5 \text{ g} \pm 4,4 \text{ N}=10$) quando comparado com o peso dos ratos normais ($338,8 \text{ g} \pm 6,3 \text{ N}=8$) sendo esta diferença considerada estatisticamente significativa com $p < 0,05$.

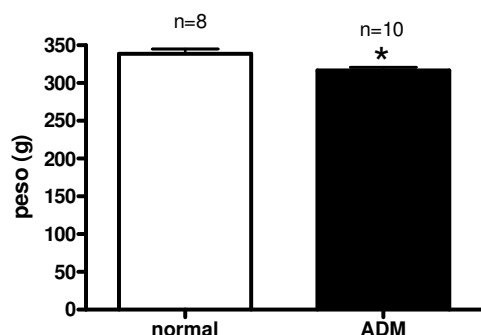


Gráfico 1: Alteração do peso corporal (g) dos ratos normais e adrenodemedulados (ADM). (normais = 8 e ADM = 10). * $p < 0,05$ em relação ao grupo normal.

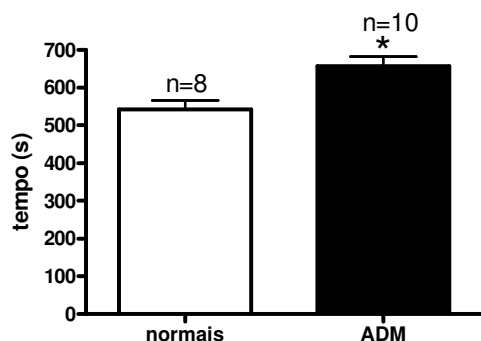


Gráfico 2: Variação do tempo total de exercício nos ratos normais e adrenodemedulados submetidos ao protocolo de carga progressiva até a exaustão. (normais = 8 e ADM = 10) * $p < 0,05$ em relação ao grupo normal.

No gráfico mostrado anteriormente(2) houve uma diferença significativa no tempo total de exercício realizado, sendo maior para os ratos adrenodemedulados ($542,0 \text{ seg} \pm 24,36$) em relação aos normais ($656,3 \text{ seg} \pm 25,64$).

Nesse gráfico (3) verifica-se que os ratos adrenodemedulados realizaram o teste com menor intensidade quando comparados com os ratos normais, sendo a intensidade de

$8,8\% \pm 1,2$ e $7,3\% \pm 1,2$ para os ratos normais e ADM respectivamente.

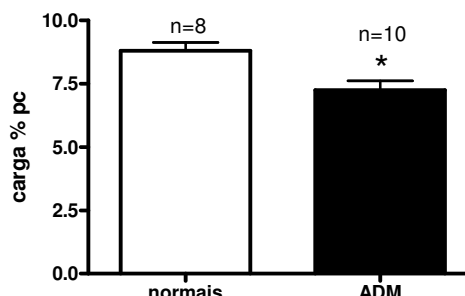


Gráfico 3: diferenças na carga máxima obtida durante um teste de exaustão. * $p < 0,05$ em relação ao grupo normal (normais=8 e ADM=10)

DISCUSSÃO

No presente estudo foi mostrado pela primeira vez o teste de sobrecarga progressiva em ratos submetidos à natação. Este teste foi utilizado por ser uma ferramenta barata e de grande eficácia.

Um dos principais achados deste estudo foi a redução do peso corporal nos ratos adrenodemedulados quando comparados ao grupo normal, mostrando assim a participação das catecolaminas circulantes no metabolismo de repouso destes animais.

Estudos de Navegantes e colaboradores (2003) mostraram que em ratos submetidos a adrenodemedulação, a síntese protéica era menor e estava associada com valores elevados de glicocorticóides, indicando então o papel das catecolaminas como um fator anabólico por sua ausência ter acentuado a liberação de glicocorticoide. Além do aumento da concentração de glicocorticoide, pode-se confirmar nesse estudo uma diminuição das concentrações de glicose. Isso pode ter acontecido, pois com a ausência das catecolaminas circulantes a glicogenólise muscular diminui, diminuindo assim as concentrações de glicose no organismo.

Nos estudos de Gomes-filho (2000), foi observado que em ratos adrenodemedulados além da redução do peso corporal, foi verificado também uma redução do consumo de oxigênio em repouso. Nossos estudos mostraram ainda que o tempo total de exercício dos animais adrenodemedulados foi maior quando comparados aos do grupo

normal. A principal razão para isto é que este tipo de teste leva em consideração o peso corporal dos animais, ou seja, os animais adrenodemedulados possuíam um peso corporal menor que os animais normais fazendo com que a carga na qual estes eram submetidos ao exercício fosse menor. Porém, mesmo tendo tempo total de exercício diferentes não significa que o VO_2 máximo seja menor.

Nos estudos realizados por Winder e colaboradores (1985, 1987), ratos adrenodemedulados foram submetidos ao exercício de intensidade moderada até a exaustão apresentando redução no tempo total de exercício em relação controle sendo que, esta resposta foi corrigida pela reposição endovenosa de adrenalina. Já no estudo de Lima e colaboradores (1998), ratos adrenodemedulados não mostraram diferenças no tempo total de exercício em relação ao animal intacto realizando exercício de mesma intensidade até a exaustão.

De acordo com os estudos de Lima e colaboradores (1998) e nos estudos de Gomes-Filho (2000) foi observado que o VO_2 máximo não foi diferente dos animais normais quando comparados com os animais adrenodemedulados em diferentes intensidades de exercício. Porém, o tempo total de exercício foi diferente somente na intensidade elevada de exercício 90-100% do VO_2 máximo, mostrando assim que diferentes tempos de exercícios não significam ter diferenças estatísticas no VO_2 máximo.

CONCLUSÃO

De acordo com este estudo, pode-se concluir que os ratos adrenodemedulados apresentaram maior rendimento durante o teste de sobrecarga máxima, quando comparados com os ratos normais, provavelmente porque esse tipo de teste leva em consideração o peso corporal e os ratos adrenodemedulados por possuírem menor peso, realizaram o teste com menor carga.

Porém, essa perda de peso dos ratos adrenodemedulados pode estar associada com as altas concentrações de cortisol, pois como se descreve na literatura, durante o exercício físico e na ausência das catecolaminas circulantes, o cortisol aparece em altas concentrações, sendo este o principal responsável pela diminuição da síntese

protéica e aumento do catabolismo protéico.

Com isso, essas alterações fisiológicas causadas pelo cortisol podem estar associadas com a diminuição na massa muscular, fazendo com que ocorra diminuição no peso corporal.

Por fim, pode-se dizer que o teste de sobrecarga realizado nesse estudo não foi ideal para avaliar animais com peso corporal diferente. O teste foi realizado com intensidade acima 85% por começar com 20% e terminar com 100% (média 60%), sendo que as catecolaminas circulantes somente são importantes em intensidades elevadas de exercícios (acima de 85% do VO_2 máximo).

Recomenda-se que outros estudos sejam realizados com este tipo de protocolo afim de que novos resultados possam ser comparados.

REFERÊNCIAS

- 1- Armstrong, N.; Welsman, J. Children in sport and exercise I: Bioenergetics and anaerobic exercise. 1997; 28 (1): 30-32.
- 2- Arnal, D.A.; Marke, J.C.; Conlee, R.K.; Winder, W.W. Effect of infusing epinephrine on liver and muscle glycogenolysis during exercise in rats. Am. J. Physiol. 250 (Endocrinol. Metab. 13) 1986: E641-E649.
- 3- Extron, J.H. Mechanisms involved in a β adrenergic phenomena: Role of calcium ions in actions of catecholamines in liver and other tissues. Am. J. Physiol. 238 (Endocrinol. Metab. 1)1980: E3-E12.
- 4- Galbo, H. Exercise Physiology: Humoral function. Sport Sci. Ver. 1992 (1): 65-93.
- 5- Galbo, H. Hormonal and Metabolic Adaptation to exercise. 1-116, 1983 Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- 6- Gomes-Filho, A. Efeito da intensidade do exercício e da adrenodemedulação sobre as respostas metabólicas de ratos não treinados. Belo Horizonte: Brasil; 2000.
- 7- Hems, D.A.; Whitton, P.D. Control of hepatic glycogenolysis. Physiol. Rev. 1980. 60 (1): 2-50.

- 8- Kjaer, M. Hepatic fuel metabolism during exercise. In: Exercise Metabolism. Human Kinetics Publishers, 73-97, 1995.
- 9- Lima, N.R.V.; Coimbra, C.C.; Marubayashi, U. Effect of intracerebroventricular injection of atropine on metabolic responses during exercise in untrained rats. *Physiol. Behav.* 1998; 64(1): 69-74.
- 10- Marker, J.C.; Arnall, D.A.; Colee, R.K.; Winder, W.W. Effect of adrenodemedullation on metabolic responses to high-intensity exercise. *Am. J. Physiol.* 251 (Regulatory Integrative comp. *Physiol.* 20) 1986; R552-R559.
- 11- Maughan, R.; Gleeson, M.; Greenhaff, P.L. *Bioquímica do Exercício e do treinamento*. 1. ed, Manole, São Paulo, 2000, 240 p.
- 12- Navegantes, L.C.C.; Resano, N.M.Z.; Baviera, A.M.; Migliorini, R.H.; Kettelhut, I.C. Effect of sympathetic denervation on the rate of protein synthesis in rat skeletal muscle. *Am. J. Physiol.* 2003; 286: 642-647.
- 13- Proost, C.; Carton, H.; Dewulf, H. The β adrenergic control of rabbit liver glycogenolysis. *Biochem. Pharmacol.* 1979; 28: 2187-2191.
- 14- Richter, E.A. Influence of the sympathoadrenal system on metabolic and hormonal responses to exercise in the rat. *Acta Physiol. Scand.* 1984; 528: 7-41.
- 15- Richter, E.A.; Galbo, H.; Sonne, B.; Holst, J.J.; Christensen, N.J. Adrenal Medullary control of muscular and hepatic Glycogenolysis and of pancreatic hormonal secretion in exercising rats. *Acta Physiol. Scand.* 1980; 108: 235-242.
- 16- Richter, E.A.; Sonne, B.; Christensen, N.J.; Galbo, H. Role of epinephrine for muscular glycogenolysis by adrenal medullary hormones in rats. *J. Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 1981a; 50(1): 21-26.
- 17- Shimazu, T.; Amakawa, A. Regulation of glycogen metabolism in liver by autonomic nervous system: Possible Mechanism of phosphorilase activation by the splanchnic nerve. *Biochimica et Biophys. Acta.* 1975; (385): 242-256.
- 18- Sigal, R.J.; Purdon, C.; Bilinski, D.; Vranic, M.; Halter, J.B.; Martins, E.B. Glucoregulation during and after intense exercise effects of \square Blockade. *J. Clin. Endocrinol and Metab.* 1994; (2):78.
- 19- Sonne, B.; Galbo, H.; Christensen, N.J. Sympathoadrenal and metabolic responses to graded exercise in rats. *Int. J. Sports Medicine* 2. 1981; (4): 212-215.
- 20- Van Dijk, G.; Balkan, Lindfeld, J.; Bouws G.; Scheurink, A.J.W.; Ahren, B.; Steffens, A.B. Contribution Of liver nerve, glucagon and adrenaline to the glycaemic response to exercise in rats. *Acta Physiol. Scand.* 1994; 150: 305-313.
- 21- Wasserman, D.H.; Williams, P.E.; Brooks, Lacy, D.; Bracy, D.; Cherrington, A.D. Hepatic nerves are not essential to the increase in hepatic glucose production during muscular work. *Am J. Physiol.* 259 (Endocrinol. *Matab.* 22) 1990; E195-E203.
- 22- Winder, W.W. Control of hepatic glucose production during exercise. *Med. Sic Sports. Exerc.* 1985; 17 (1).
- 23- Winder, W.W.; Beattie, M.A.; Fuller, E.D. Glicogenolic rates and cAMP in levers of rats running at different treadmill speeds. *Am. J. Physiol.* 245 (Regulatory Integrative Comp. *Physiol.*, 14) 1983 a; R353-R356.
- 24- Winder, W.W.; Boullier, J.; Fell, R.D. Liver Glycogenolysis during exercise without a significant increase in cAMP. *Am. J. Physiol.* 1979; 237: R147-R152.
- 25- Winder, W.W.; Yang, H.T.; Jaussi, A.W.; Hopkins, C.R. Epinephrine, glucose, and lactate infusion in exercising adrenodemedullated rats. *J. Appl. Physiol.* 1987; 62(4): 1442-1447.
- 26- Zarrow, M.X.; Yochim, M.; McCarty, J.L. *Adrenal Medullation. Experimental Endocrinology* Academic Press, New York. 1964; 166-1967.

Recebido para publicação em 20/07/2008

Aceito em 05/09/2008