

Relação entre Comportamento Glicêmico e Lactacidêmico no Exercício Resistido

Relationship Between Glycemic and Lactacidemic Behavior in the Resistance Exercise

ALEXANDRE SÉRGIO SILVA¹
GISELE AUGUSTA MACIEL FRANCA²
LUCIANA MAGALHÃES GRISI²
LUCIANO DE OLIVEIRA³
MARCOS ANTÔNIO PEREIRA DOS SANTOS⁴

RESUMO

Objetivo: Investigar a relação entre o comportamento glicêmico e a produção de lactato no exercício de musculação. **Material e Métodos:** Cinco homens (18 e 25 anos), realizaram dois treinamentos com três séries de 10 exercícios para membros inferiores, com intensidade elevada (SI), utilizando-se 08 a 12 repetições máximas; e moderada (SM), com cargas equivalentes a 50% da utilizada em SI. Coletas sanguíneas foram tomadas antes e ao final de cada dois exercícios. As concentrações séricas de lactato e glicemia foram feitas em analisadores portáteis. Os dados foram tratados pelo teste de Wilcoxon e pela correlação de Spearman ($p < 0,05$). **Resultados:** Em SI, a glicemia mostrou-se sempre mais elevada (98, 93.4, 100, 103 e 104 mg/dl) que em SM (95.6, 90.6, 93.8, 90.2 e 92.4 mg/dl), com $p < 0,05$ nos dois últimos exercícios. Os maiores valores glicêmicos foram acompanhados de concentrações séricas de lactato mais elevadas em SI (7.08, 8.40, 9.12, 7.66, 8.82 mM), comparado com SM (6.12, 7.54, 6.06, 5.22 e 6.70 mM), com $p < 0,05$ nas três últimas medidas. Observou-se correlação entre lactato e glicemia em SI ($r^2 = 0,839$) e SM ($R^2 = 0,873$), indicando relação de causa e efeito entre lactacidemia e glicemia. **Conclusão:** A maior produção de lactato em exercícios de alta intensidade pode ser entendido como um dos fatores envolvidos nos maiores valores glicêmicos encontrados nestes exercícios.

DESCRIPTORIOS

Musculação. Exercício resistido. Lactato. Glicemia. Intensidade do Exercício.

SUMMARY

Objective: To investigate the relationship between behavior glycemic and lactate production in the resistance training. **Material and methods:** Five males (age 18 to 25), performed two sessions with three series of 10 exercises for the lower limbs, with intensity high (SI), using 08 to 12 maximal repetitions; and moderate (SM), with loads equivalent to 50% of SI. Blood samples were taken before and at the end of every two exercises. The serum concentrations of lactate and glucose were made in portable analyzers. The Data were treated by the Wilcoxon test and by Spearman's correlation ($p < 0.05$). **Results:** In SI, glycemia was always higher (98, 93.4, 100, 103 and 104 mg/dl) than SM (95.6, 90.6, 93.8, 90.2 and 92.4 mg/dl), with $p < 0.05$ in the last two exercises. The highest glycemic values were accompanied by serum higher concentrations of lactate in SI (7.08, 8.40, 9.12, 7.66, 8.82 mM), compared with SM (6.12, 7.54, 6.06, 5.22 and 6.70 mM), with $p < 0.05$ in the last three measures. It was observed correlation between lactate and glycemia in both SI ($r^2 = 0.839$) and SM ($r^2 = 0.873$), indicating a cause-effect relationship between lactacidemia and glycemia. **Conclusion:** The greater lactate production in exercises of the high intensity may be understood as one of the factors involved in the largest glycemic values encountered in these exercises.

DESCRIPTORS

Resistance exercise. Lactate. Glycemia.

- 1 Professor do Departamento de Educação Física - Centro de Ciências da Saúde - Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa - Paraíba - Brasil.
- 2 Nutricionista.
- 3 Professor da Faculdade de Ciências Médicas-PB.
- 4 Professor do Departamento de Educação Física- CCS/UFPI.

A prática de exercício físico é respondida pelo organismo com profundas alterações em quase todos os sistemas. Respostas hormonais, cardiovasculares, respiratórias e imunológicas visam garantir a manutenção de um meio interno adequado, a despeito de modificações desafiadoras como aumento da acidose, da concentração de dióxido de carbono e depleção de substratos importantes para manutenção do funcionamento celular.

Além disso, a maior necessidade de produção de energia para suprir a demanda do exercício é acompanhada por uma facilitação da captação periférica de nutrientes que serão utilizados como fonte de energia para a ressíntese de ATP, especialmente os ácidos graxos e a glicose plasmática (MAUGHAN *et al.*, 2000).

Na vigência de uma sessão de exercício, a captação de glicose é facilitada por um aumento da atividade das proteínas transportadoras GLUT's em resposta ao aumento da concentração de AMP (MAUGHAN *et al.*, 2000), de modo que mesmo com manutenção ou redução da concentração sérica de insulina, a captação periférica de glicose fica aumentada (ROBERGS e ROBERTS, 2000).

A manutenção deste estado poderia conduzir o organismo a um processo de hipoglicemia, mas adaptações contra-reguladoras são ativadas com vistas a induzir uma produção hepática de glicose e dificultar a captação periférica em exercícios, especialmente quando prolongado e intenso (DAVIS e CHERRINGTON, 1993; GALASSETTI e DAVIS, 2000). Isto é feito por meio de ativação de processos de glico-genólise e gliconeogênese, mediados primariamente por ação dos hormônios insulina e glucagon e com participação do cortisol, GH e das catecolaminas, que favorecem um aumento da atividade lipolítica e proteo-lítica, para que aminoácidos e o glicerol dos triglicerídeos sejam utilizados pelo fígado para a síntese de glicose, que garantirá o suprimento sanguíneo para o adequado funcionamento do sistema nervoso central (COKER e KJAER, 2005). Embora exista uma rede de vias nervosas que medeiam a atividade hepática, durante o exercício a regulação da liberação hepática de glicose independe da atividade simpática (COKER, 1997).

Como resultado, o comportamento típico da curva glicêmica durante o exercício é uma rápida diminuição nos momentos iniciais do exercício, que pode atingir valores próximos a hipoglicêmicos, com aumentos posteriores a valores próximos ao estado de repouso. (SILVA e AZEVEDO, 2007).

Apesar do comportamento glicêmico no exercício ser bem estudado desde o final da década de 80, somente em estudos mais recentes é que se têm

The practice of physical exercise is answered by the organism with profound changes in almost all systems. Hormonal, cardiovascular, respiratory and immune answers are designed to ensure the maintenance of an adequate internal environment despite challenging changes such as increased acidosis, the concentration of carbon dioxide and depletion of important substrates for maintaining the functioning of the cell.

Moreover, the increased need for energy production to supply the demand of the exercise is accompanied by a facilitation of peripheral capture of nutrients that will be used as an energy source for resynthesis of ATP, especially fatty acids and glucose plasma (MAUGHAN *et al.*, 2000).

During a session of exercise, the uptake of glucose is facilitated by an increase of the GLUT's carriers proteins activity in response to the increased concentration of AMP (Maughan *et al.*, 2000), so that even with maintenance or reduction of the serum concentration of insulin, the peripheral glucose uptake is increased (ROBERGS and ROBERTS, 2000).

The maintenance of this state could lead the organism in a process of hypoglycemia, but counter-regulatory adjustments are activated in order to induce a liver production of glucose and to make peripheral capture in exercises difficult, especially when they are prolonged and intense (DAVIS and CHERRINGTON, 1993; GALASSETTI and DAVIS, 2000). This is done through activation of glycogenolysis and gluconeogenesis process, primarily mediated by an action of the insulin and glucagon hormones and with participation of cortisol, GH and catecholamines, which favors an increase in lipolytic and proteolytic activity, so that the aminoacids and glycerol of the triglycerides are used by the liver for the synthesis of glucose, which ensure the blood supply to the proper functioning of the central nervous system (COKER and KJAER, 2005). Although there is a network of nerve pathways that mediate the liver activity, during the exercise regulation of the liver release of glucose is independent from the sympathetic activity (COKER, 1997).

As a result, the typical behavior of the glycemic curve during the exercise is a rapid decrease in the initial moments of the exercise, which can reach values close to hypoglycemic, with subsequent increases in the values close to the state of rest. (SILVA and AZEVEDO, 2007).

Despite the glycemic behavior in the exercise is studied since the end of the 80s, only more recent studies have shown that differences in the glycemic responses

mostrado que diferenças nas respostas glicêmicas em exercícios aeróbios e de musculação (exercícios resistidos-ER). Estes estudos mostram uma queda é bem menos pronunciada da glicemia, e valores sempre mais elevados ao longo de toda a sessão de ER em comparação com os aeróbios (SILVA *et al.*, 2006). Apenas as fontes de aminoácidos e glicerol podem não ser suficientes para explicar esta maior glicemia nos ER, uma vez que estes substratos são disponibilizados tanto em exercícios aeróbios quanto anaeróbios.

Já é bem estabelecido que exercícios realizados com maior intensidade resultam em uma maior produção de lactato (MAUGHAN *et al.*, 2000). Desta maneira, pode ser plausivelmente postulado que a maior produção de lactato em exercícios de maior intensidade, como nos ER, possa estar contribuindo com a maior glicemia nesta modalidade em relação a exercícios aeróbios, já que o lactato também pode ser utilizado pelo fígado na neoglicogênese, através do ciclo de Cori (MAUGHAN *et al.*, 2000).

No entanto a literatura ainda permanece carente de demonstrações experimentais de que uma maior produção de lactato possa estar associada aos maiores valores de glicemia em exercícios mais intensos (com maior produção de lactato). Além disso, trabalhos investigando as diferenças glicêmicas e lactacidêmicas em exercícios de mesma modalidade e intensidades diferentes são difíceis de serem encontrados nas bases de dados disponíveis atualmente. Para minimizar esta lacuna, neste trabalho vai ser testada a hipótese de que em uma mesma modalidade de exercício realizada com intensidades alta e moderada, ocorrem diferentes comportamentos glicêmicos e a concentração sérica de lactato está associada com a glicemia nestes exercícios.

Tanto para atletas quanto para praticantes recreacionais de ER, estas informações são importantes, na medida em que o conhecimento dos mecanismos determinantes da glicemia durante o exercício fornece dados fundamentais a educadores físicos e outros profissionais que lidam com treinamento físico, no sentido de melhor gerenciar os parâmetros da prescrição do exercício, sobretudo considerando que percas de massa muscular podem ocorrer diante da necessidade do organismo de manter a glicemia na vigência do exercício, especialmente quando intensos e prolongados (DAVIS e CHERRINGTON, 1993; GALASSETTI e DAVIS, 2000; SILVA *et al.*, 2006).

Desta forma, os objetivos deste estudo foram comparar as respostas glicêmicas a duas sessões de ER com intensidades alta e moderada, e investigar a relação destas respostas glicêmicas com a concentração sérica de lactato resultante destes exercícios.

in aerobic exercises and weight training (resistance exercises-RE). These studies show a much less pronounced decrease of glycemia, and values consistently higher throughout the session of RE compared with the aerobic exercises (SILVA *et al.*, 2006). Only the sources of aminoacids and glycerol may not be sufficient to explain this increased blood glucose in the RE, since these substrates are available both in aerobic exercises as anaerobic ones.

It is well established that exercises performed with greater intensity result in a greater production of lactate (MAUGHAN *et al.*, 2000). Thus, it can be reasonably postulated that the increased production of lactate in exercises with greater intensity, as in the RE, may be contributing to the higher blood glucose in this mode in relation to aerobic exercises, since the lactate can also be used by the liver in gluconeogenesis through the cycle of Cori (MAUGHAN *et al.*, 2000).

However the literature is still destitute of experimental demonstrations that an increased production of lactate may be associated with higher values of glycemia in more intense exercises (with higher production of lactate). Moreover, studies investigating the glycemic and lactacidemic differences in exercises of the same type and different intensities are difficult to be found in the currently available databases. To minimize this gap, it will be tested in this work the hypothesis that in the same mode of exercise performed with high and moderate intensities, different glycemic behaviors occur and serum lactate concentration is associated with blood glucose in these exercises.

This information is important both for athletes and for RE recreational practitioners in the sense that the knowledge of determining mechanisms of blood glucose during exercise provides fundamental data to physical educators and other professionals who deal with physical training in order to better manage the parameters of the exercise prescription, especially considering that loss of muscle mass can occur before the need for the body to keep blood glucose during the exercise, especially when intense and prolonged (DAVIS and CHERRINGTON, 1993; GALASSETTI and DAVIS, 2000; SILVA *et al.*, 2006).

Thus, the objectives of this study were to compare the glycemic responses to two sessions of RE with high and moderate intensities, and to investigate the relationship of these glycemic answers with the serum concentration of lactate resulting from these exercises.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos do estudo: O estudo foi realizado com cinco praticantes assíduos de exercícios resistidos (ER), idade entre 18 e 25 anos ($21,3 \pm 2,6$), massa corporal de $79,5 \pm 7$ Kg. Eles deveriam ser praticantes desta modalidade há pelo menos dois anos, estar treinando de forma ininterrupta há pelo menos seis meses e usar em seus treinamentos os exercícios de leg 45°, extensora, flexora, panturrilha e agachamento. Deveriam ainda estar treinando com objetivos de hipertrofia muscular e estarem realizando entre 08 e 12 repetições máximas nos exercícios selecionados.

Para cumprir este critério, os pesquisadores observaram a carga e a velocidade de execução que os sujeitos utilizam em seus treinamentos habituais. Numa sessão seguinte, solicitou-se aos sujeitos que, na primeira série de cada exercício para membros inferiores, realizassem o máximo possível de repetições (até falha concêntrica), utilizando a carga e a velocidade de execução habituais. Os que realizaram entre 08 e 12 repetições neste procedimento foram classificados aptos a participar do estudo.

Como resultado deste processo, cinco sujeitos com idade média de 22,3 anos ($\pm 2,1$), IMC médio de $23,4 \text{ Kg/m}^2$ ($\pm 1,2$) tempo médio de prática da modalidade de 12 meses foram selecionados para prosseguir no estudo.

O projeto deste estudo foi submetido ao comitê de ética em pesquisa (CEP) com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (CEP/CCS/UFPB), e aprovado sob o protocolo nº 889/07. Todos os participantes foram esclarecidos quanto aos propósitos do estudo e solicitados a assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, conforme resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, antes que qualquer tomada de dados ou procedimento fosse realizado.

Desenho experimental: O procedimento experimental consistiu de duas sessões de ER para membros inferiores, sendo uma sessão considerada intensa (SI) e outra considerada moderada (SM).

Em SI, os sujeitos realizaram três séries de 08 a 12 repetições máximas, em dez exercícios, realizados em cinco máquinas, na seguinte ordem: Extensora, leg 45°, flexão, agachamento e panturrilha. Eles fizeram os cinco primeiros exercícios nesta ordem e, após o último aparelho repetiram os exercícios na mesma seqüência. O intervalo foi de 01 minuto e 30 segundos entre os exercícios e de dois minutos entre as séries. A velocidade de execução determinada foi a mesma que cada sujeito vinha habitualmente utilizando em seus treinamentos.

MATERIAL AND METHODS

Subjects of the study: The study was conducted with five assiduous practitioners of resistance exercises (RE), aged between 18 and 25 years (21.3 ± 2.6), body mass of 79.5 ± 7 kg. They should be practicing this modality for at least two years, be training on an ongoing basis for at least six months and use in their training the leg 45° exercises, extension, flexor, calf and squat. They should still be coaching with goals of muscle hypertrophy and performing between 08 to 12 maximum repetitions in the selected exercises.

To reach this criterion, the researchers observed the load and speed of execution that the subjects used in their usual trainings. In a following session, it was asked to the subjects that in the first set of each exercise for the lower limbs, they should do the maximum number of repetitions (up to concentric failure), using the load and speed of usual execution. Those who made between 08 and 12 repetitions in this procedure were classified able to participate in the study.

As a result of this process, five subjects with medium age of 22.3 years old (± 2.1), average BMI of 23.4 kg/m^2 (± 1.2) average time of this modality practice of 12 months were selected to continue in study.

The design of this study was submitted to the ethics in research committee (CEP) with human beings at the Center for Health Sciences at the Federal University of Paraíba (CEP/CCS/UFPB), and approved under the Protocol No. 889/07. All participants were informed about the purposes of the study and asked to sign the free and informed consent, according to Resolution 196/96 of the National Health Council, before any collection of data or procedure was performed.

Experimental design: The experimental procedure consisted of two sessions of RE to the lower limbs, one session considered intense (IS) and another one considered moderate (MS).

In IS, the subjects performed three sets of 08 to 12 maximum repetitions, in ten exercises, performed in five machines, in the following order: extension, leg 45°, flexor, squat and calf. They did the first five exercises in this order and, after the last equipment they repeated the exercises in the same sequence. The interval was 01 minute and 30 seconds between exercises and two minutes between sets. The execution speed determined was the same each subject was usually using in their trainings.

Em SM, todos os procedimentos de SI repetiram-se, com a variação de que nesta ocasião os exercícios foram realizados com uma carga equivalente a 60% da utilizada em SI. Ordem dos exercícios, velocidade de execução, número de séries e intervalos, se mantiveram constantes.

SM ocorreu 48 horas após SI. Os sujeitos foram instruídos a não realizarem exercícios físicos e nem utilizarem qualquer suplemento nutricional no dia da coleta. Da mesma forma, foram instruídos a se absterem de qualquer prática de exercício entre SI e SM. Os dois treinamentos foram precedidos de uma sessão de cinco minutos de alongamento. Antes da execução da primeira série de cada exercício, tanto em SI quanto em SM, os sujeitos realizaram 15 a 20 repetições com uma carga que eles consideraram mínima, como forma de aquecimento específico.

Mensuração da glicemia: Para mensuração da glicemia, o instrumento utilizado foi um aparelho glicosímetro portátil modelo Acucheck, da marca Roche, com precisão de 1 mg/dl, o qual se utiliza de reagentes enzimáticos para determinação da concentração do substrato no sangue. Para aquisição desta gota de sangue utilizou-se um aparelho lancetador, também da marca Roche, o que tornou o processo praticamente indolor e garantiu a higiene do procedimento.

Para evitar que procedimentos alimentares distintos entre os sujeitos interferissem no comportamento glicêmico durante as sessões de exercícios, os sujeitos foram instruídos a realizarem um almoço contendo cereais, massas, carnes e verduras/legumes entre 12:00 e 13:00h. Além disso, eles foram instruídos a chegarem no local de coleta dos dados antes das 14:30h. Nesta exata hora, foi realizada uma primeira monitoração da glicemia e, em seguida eles realizaram um lanche que consistiu de duas torradas com geléia e uma maçã. Estes alimentos contêm 25 g de carboidratos e índice glicêmico de 56.

Trinta minutos após este lanche, eles tiveram a glicemia novamente medida e iniciaram a sessão de treinamento. Outras cinco medidas glicêmicas foram efetuadas durante as sessões de treinamento, que ocorreram imediatamente ao final da terceira série do 2º, 4º, 6º, 8º e 10º exercícios.

A coleta sanguínea para determinação da glicemia foi feita pela tomada de uma gota de sangue a partir da região digital do dedo indicador direito. Para isto, o sujeito continuou no aparelho ao final da 3ª série, enquanto os pesquisadores faziam uma assepsia no dedo com algodão embebido em álcool a 70% e secavam rapidamente com outro algodão seco. Após isso,

In MS, all procedures of IS were repeated, with a variation on this occasion that the exercises were carried out with a load equivalent to 60% of that used in IS. Order of exercises, speed of execution, number of runs and intervals, remained constant.

MS occurred 48 hours after IS. The subjects were instructed not to carry out physical exercises and not to use any nutritional supplement on the day of data collection. Similarly, they were instructed to refrain any practice of exercise between IS and MS. The two training sessions were preceded by a five minutes session of stretching. Before the implementation of the first set of each exercise, both in IS as in MS, the subjects performed 15 to 20 repetitions with a load they considered minimal, as a means of specific warm up.

Measurement of blood glucose: To measure the blood glucose, the instrument used was a portable device model Acucheck, from Roche's brand, with precision of 1 mg/dl, which uses enzyme reagents for determining the concentration of substrate in blood. It was used a lancetator device to collect this drop of blood, also from Roche's brand, which made the process painless and ensured the hygiene of the procedure.

To prevent that different food procedures among the subjects interfere with glycemic behavior during the sessions of exercises, the subjects were instructed to have for lunch cereals, pasta, meat and vegetables between 12:00 pm and 13:00 pm. Moreover, they were instructed to arrive at the site of data collection before 14:30 pm. In this exact hour, a first monitoring of blood glucose was held, and then they ate two toasts with jam and an apple each. These food contain 25 grams of carbohydrates and glycemic index of 56.

Thirty minutes after eating, they had blood glucose measured again and started the training session. Five other glucose measures were performed during the training sessions, which occurred immediately at the end of the third series of the 2nd, 4th, 6th, 8th and 10th exercises.

The blood collected for blood glucose determination was made by taking a drop of blood from the digital region of the right pointing finger. For this, the subject remained in the equipment at the end of 3rd session, while the researchers sterilized the finger with cotton soaked in alcohol at 70% and dried quickly with another dry cotton. After this, the lancetator was used for obtaining the drop of blood, which was placed in

utilizou-se o lancetador para obtenção da gota de sangue, que foi colocada na tira reagente do instrumento, conforme indicação do fabricante.

Mensuração do lactato: A mensuração do lactato foi realizada por meio de um lactímetro portátil modelo Accutrend lactate com precisão de 1 mmol/litro de sangue. Medidas do lactato foram feitas concomitantemente com as mensurações da glicemia, mas apenas durante o exercício (no final da terceira série do 2º, 4º, 6º, 8º e 10º exercícios). Imediatamente após a realização da coleta sanguínea para a glicemia, foi realizada assepsia nos mesmos moldes da realizada para a coleta para obtenção da glicemia, e uma punção na região digital do dedo indicador esquerdo. Uma gota de sangue foi colocada na tira reagente do instrumento de medida conforme indicação do fabricante.

Análise dos dados: Os dados foram tratados descritivamente, por meio das médias da glicemia e do lactato em cada um dos cinco exercícios realizados. Estes valores médios foram dispostos em gráficos de linha para observação comparativa do comportamento destas variáveis nas sessões SI e SM. A normalidade dos dados foi analisada por meio do teste de Kolmogov-Smirnov, tendo sido indicado que os dados obedeciam à curva Gauseana. Diante disto, utilizou-se dos testes não-paramétricos de Wilcoxon para determinar possíveis diferenças entre os valores de glicemia e lactato nas duas sessões de treinamento e o teste de Spearman para testar a correlação entre o comportamento glicêmico e a lactacidemia. Para estes testes foi assumido nível e confiança de 0,05. O software Excel 2003 foi utilizado para a confecção dos gráficos, enquanto que os testes estatísticos foram realizados pelo software SPSS, versão 12.0.

RESULTADOS

Nos dois dias de coleta de dados, os sujeitos chegaram com valores glicêmicos médios semelhantes (93,2 e 91,8 mg/dl para SI e SM respectivamente, com $p=0,715$). As medidas realizadas após o lanche e imediatamente antes do início do treinamento revelaram glicemias de 102,4 mg/dl para SI e 106,60 mg/dl para SM ($p=0,500$). Isto mostra que, nos dois procedimentos, os sujeitos iniciaram o exercício com estados glicêmicos semelhantes.

A Figura 1 apresenta o comportamento glicêmico em respostas aos exercícios SI e SM. Nas duas primeiras medidas durante o treinamento, observou-se uma queda da glicemia tanto para SI quanto para SM. Chama-se

the reagent strip of the instrument, as required by the manufacturer.

Measurement of lactate: The measurement of lactate was performed using a portable lactimeter model Accutrend lactate with accuracy of 1 mmol / liter of blood. Measures of lactate were made concurrently with the measurements of blood glucose, but only during exercise (at the end of the third series of the 2nd, 4th, 6th, 8th and 10th exercises). Immediately after the blood collection to the glycemia, it was held asepsia in the same way as the one for the collection of the glycemia, and a puncture in the digital region of the left pointing finger. A drop of blood was placed on the reagent strip of the instrument as required by the manufacturer.

Data Analysis: Data were descriptively treated, through the average of blood glucose and lactate in each of the five performed exercises. These values were arranged in line graphs for comparative observation of the behavior of these variables in the IS and MS sessions. The normality of the data was analyzed by the Kolmogov-Smirnov test, showing that the data followed the Gauseana curve. From this, non-parametric Wilcoxon tests were used to determine possible differences between the values of blood glucose and lactate in the two sessions of training and Spearman test to test the correlation between the glycemic behavior and lactacidemia. For these tests it was assumed level and confidence of 0.05. The software Excel 2003 was used to make the graphics, while the statistical tests were performed by SPSS software, version 12.0.

RESULTS

Within two days of data collection, the subject came with similar average blood glucose values (93,2 and 91,8 mg/dl for IS and MS respectively, with $p = 0,715$). The measures taken after the subjects had eaten and immediately before the start of training showed glycemia of 102,4 mg/dl for IS and 106,60 mg/dl for MS ($P = 0,500$). This shows that, in both procedures, the subjects started the exercises with similar glycemic states.

The Figure 1 shows the glycemic behavior in response to the exercises in IS and MS. In the first two measures during the training, there was a drop in blood glucose both for IS and for MS. It is called attention to

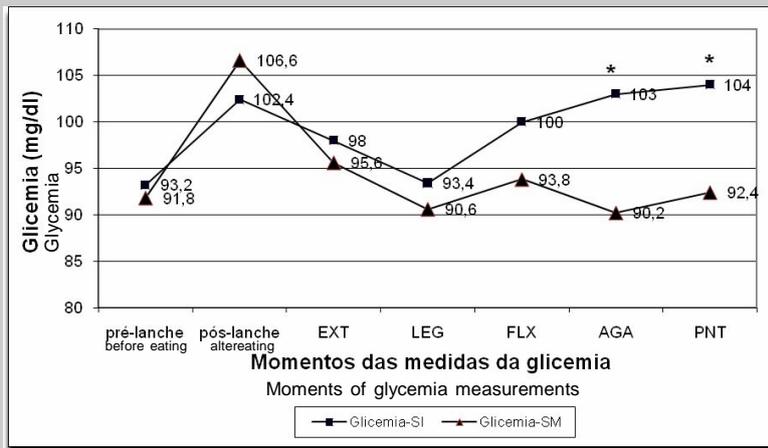


Figura 1 - Médias da glicemia no momento em que os sujeitos chegaram para o procedimento (pré-lanche), 30 minutos após o lanche (pós-lanche), e ao final da terceira série do 2º (EXT), 4º (LEG), 6º (FLX), 8º (AGA) e 10º (PNT) exercícios.

* = Valores significantes

Exercícios realizados:

EXT=máquina extensora;

LEG=leg-press;

FLX=máquina flexora;

AGA=agachamento;

PNT= panturrilha.

Figure 1 - Averages of glucose when the subject came to the procedure (before eating), 30 minutes after eating (after eating), and at the end of the third series of 2nd (EXT), 4th (LEG), 6th (FLX), 8th (SQU) and 10th (CAL) exercises.

* = Significant values

Performed exercises: EXT = extension machine; LEG = leg-press; FLX = flexor machine; SQU= squat; CAL= calf-press.

atenção para que a partir da 3ª medida o comportamento foi praticamente oposto, com o treinamento de mais alta intensidade promovendo elevação da glicemia, enquanto que no treinamento menos intenso a glicemia praticamente se manteve nos valores até onde havia caído no início do treinamento.

Também se salienta que durante todo o procedimento, as médias glicêmicas de SI foram maiores que as de SM. O teste estatístico revelou que esta diferença passou a ser significativa à medida que o treinamento se encaminhava para o final (valores de Z e p de -0,135 e 0,893; -0,542 e 0,588; -1,483 e 0,138; -2,023 e 0,043; -2,023 e 0,043 para as 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª medidas respectivamente).

A Figura 2 apresenta o comportamento lactacidêmico durante as sessões SI e SM. Observa-se que em todos os momentos, a concentração de lactato foi superior no procedimento SI, com esta diferença se acentuando e mostrando-se estatisticamente significativa nas últimas três mensurações (a partir do sexto exercício).

Para determinar a correlação entre os valores médios de glicemia e lactacidemia, as médias destas variáveis foram expostas ao teste de correlação de Spearman. Observou-se uma boa correlação entre os comportamentos da glicemia com a concentração sérica de lactato em SI ($r^2 = 0,839$). Estas variáveis também se correlacionaram no procedimento SM ($r^2 = 0,873$).

that from the 3rd measurement the behavior was almost opposite, with the training of the highest intensity promoting the elevation of blood glucose, while in less intense training blood glucose remained in the values in which it had dropped at the start of the training.

It also shows that during the whole procedure, the glycemic average of IS were higher than those of MS. The statistical test showed that this difference had become significant as the training moved towards the end (Z and p values of -0,135 and 0,893; -0,542 and -0,588, -1,483 and 0,138; -2,023 and 0,043; and -2,023 and 0,043 for the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th measures respectively).

The Figure 2 shows the lactacidemic behavior during the IS and MS sessions. It is observed that in all moments, the concentration of lactate was higher in the IS procedure, with this difference being accentuated and showing statistically significant in the last three measurements (from the sixth exercise).

To determine the correlation between the average levels of blood glucose and lactacidemia, the averages of these variables were exposed to Spearman's correlation test. There was a good correlation between the behavior of blood glucose with the serum concentration of lactate in IS ($r^2 = 0,839$). These variables are also correlated with MS procedure ($r^2 = 0,873$).

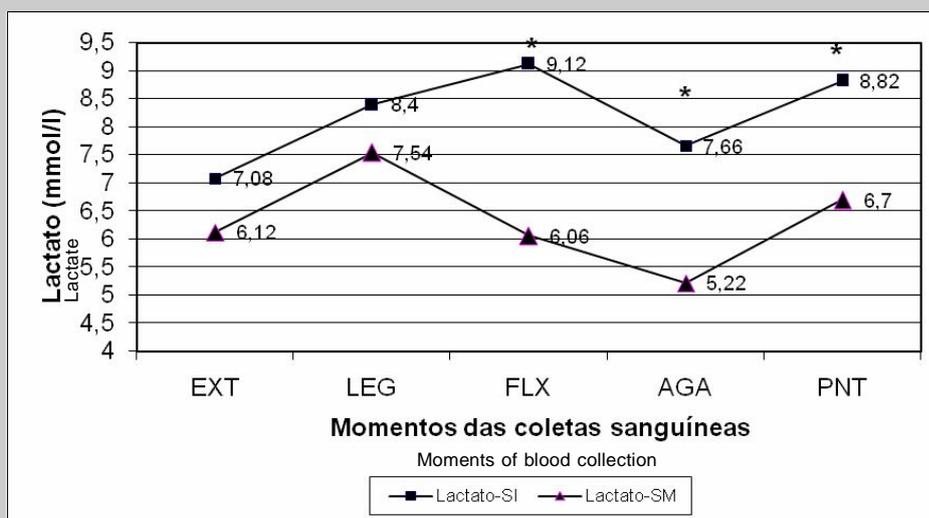


Figura 2 - Concentrações séricas de lactato durante as sessões de exercício SI e SM ao final da terceira série do 2º (EXT), 4º (LEG), 6º (FLX), 8º (AGA) e 10º (PNT) exercícios.

* = Valores significantes
Exercícios realizados:
EXT=máquina extensora;
LEG=leg-press;
FLX=máquina flexora;
AGA=agachamento;
PNT= panturrilha.

Figure 2 - Concentrations of serum lactate during exercise sessions of the IS and MS at the end of the third series of the 2nd (EXT), 4th (LEG), 6th (FLX), 8th (SQU) and 10th (CAL) exercises.

* = Significant values

Performed exercises:

EXT = extension machine; LEG = leg-press; FLX = flexor machine; SQU= squat; CAL= calf-press.

DISCUSSÃO

Os comportamentos glicêmicos observados em SI e SM confirmam dados da literatura precedente, onde se observa redução nos primeiros momentos do exercício, seguida de manutenção ou elevação logo em seguida, que se mantém até o final do treinamento (SILVA *et al.*, 2006; FRANCA *et al.*, 2007; SILVA e AZEVEDO, 2007). A elevação em plena vigência do exercício ocorre de forma mais prevalente e pronunciada em exercícios anaeróbios comparados aos aeróbios (SILVA *et al.*, 2006).

É sabido que a atividade dos hormônios insulina e glucagon medeiam primariamente esta cinética da glicose durante o exercício, com participação adicional das catecolaminas e do GH (GALASSETTI e DAVIS, 2000; PENCE *et al.*, 2005; COKER e KJAER, 2005). No entanto, esta atividade hormonal explica com clareza apenas a disponibilização do glicerol dos triglicerídeos e de aminoácidos do tecido muscular como substratos para a produção hepática de glicose.

As diferenças encontradas nos comportamentos glicêmicos entre exercícios de intensidades diferentes não podem ser esclarecidas apenas hormonalmente. KJAER (1998) associa a glicogenólise e gliconeogênese apenas a exercícios ao mesmo tempo intensos e prolongados (superiores a 90 minutos). Mas os dados do presente estudo indicam evidente atividade neoglicó-

DISCUSSION

The glycemic behavior observed in IS and MS confirm data from previous literature, in which reduction is observed in the first moments of exercise, followed by maintenance or lifting, which is maintained until the end of training (SILVA *et al.*, 2006; FRANCA *et al.*, 2007; SILVA and AZEVEDO, 2007). The increase during the exercise occurs in a more prevalent and pronounced way in anaerobic exercises compared to aerobic exercises (SILVA *et al.*, 2006).

It is known that the activity of the insulin and glucagon hormones mediate the kinetics of glucose during the exercise, with additional participation of catecholamine and GH (GALASSETTI and DAVIS, 2000; PENCE *et al.*, 2005; COKER and KJAER, 2005). However, this hormone activity explains with clarity only the release of glycerol from triglycerides and aminoacids in the muscle tissue as substrates for the liver production of glucose.

The differences found in glycemic behaviors among exercises of different intensity can not only be explained hormonally. KJAER (1998) associates glycogenolysis and glycogenesis with only to intense and prolonged exercises (over to 90 minutes). But the data from this study clearly indicate glyconeogenic

gênica em uma sessão de exercícios com menos de 60 minutos de duração e intensidades diferentes. Além disso, participação do lactato neste contexto ainda precisa ser melhor esclarecida.

Os dados do presente estudo indicam claramente que uma mesma modalidade de exercício realizada com intensidades diferentes resultou em diferenças na produção de lactato. Ao mesmo tempo, observou-se que uma relação entre a maior concentração sérica de lactato com valores glicêmicos mais elevados, particularmente na metade final da sessão de exercício. A correlação encontrada entre glicemia e lactacidemia nas duas intensidades de exercício, reforça a possibilidade de que a produção de lactato esteja envolvida na neoglicogênese nestes exercícios. Estes dados em conjunto indicam uma importante influência do lactato com maior produção deste metabólito relacionando-se com maior atividade neoglicogênica, e conseqüente maiores valores glicêmicos em exercícios de maior intensidade.

A participação do lactato como precursor da neoglicogênese é conhecida desde muito tempo atrás (GERICH, 1993). Mais recentemente, em estudo de MILLER *et al.* (2002) ficou demonstrado que a infusão de lactato foi capaz de diminuir a oxidação de glicose e poupar a glicose sérica. Por outro lado, LOMBARDI *et al.* (1999), demonstraram que a infusão de lactato por um período de 24 horas resultou em diminuição da atividade da GLUT-4 mRNA em ratos. Portanto, estes dados experimentais suportam a evidência colocada no presente estudo de que maiores produções de lactato em exercícios de maior intensidade oferece um efeito protetor sobre a glicemia.

A partir desta demonstração, estudos adicionais são interessantes no sentido de elucidar os possíveis benefícios da maior glicemia em exercícios de maior intensidade. Considerando que BERGMAN *et al.* (2000) demonstraram ocorrer adaptação crônica ao exercício, onde corredores apresentavam maior capacidade neoglicogênica que sedentários, deve-se estudar uma possível preservação dos estoques de glicogênio, com conseqüente retardamento da fadiga em exercícios prolongados.

Além disso, a manutenção dos maiores valores glicêmicos pode contribuir para uma diminuição da magnitude da atividade hormonal no controle da glicemia durante o exercício. Isto é particularmente importante ao se considerar que quando ocorre participação hormonal no controle da glicemia durante o exercício, o cortisol contribui para a neoglicogênese fornecendo aminoácidos derivados de proteólise ao fígado, à custa de catabolismo muscular. Portanto, uma

activity in a session of exercises with less than 60 minutes in length and different intensities. Moreover, involvement of lactate in this context still needs to be better informed.

The data from this study clearly indicate that the same type of exercise performed with different intensities resulted in differences in the production of lactate. At the same time, it was observed that a relationship between the highest serum concentration of lactate with higher blood glucose values, particularly in the final half of the session of exercise. The correlation found between blood glucose and lactacidemia in both intensities of exercise, reinforces the possibility that the production of lactate is involved in the gluconeogenesis in these exercises. These data together suggest that an important influence of lactate with increased production of this metabolite is related to increased glyconeogenic activity, and consequently higher glycemic values in exercises of higher intensity.

The participation of lactate as a precursor to gluconeogenesis is known for a long time (GERICH, 1993). More recently, in a study of MILLER *et al.* (2002) it was demonstrated that the infusion of lactate was able to reduce the oxidation of glucose and save the serum glucose. Moreover, LOMBARDI *et al.* (1999) demonstrated that the infusion of lactate for a period of 24 hours resulted in a decrease of the activity of GLUT-4 mRNA in rats. Therefore, these experimental data support the evidence placed in the present study that higher production of lactate in exercises with greater intensity offers a protective effect on blood glucose.

From this demonstration, additional studies are interesting in order to elucidate the possible benefits of higher blood glucose in exercises with greater intensity. Considering that BERGMAN *et al.* (2000) demonstrated the occurrence of chronic adaptation to exercise, where runners had greater glyconeogenic ability than sedentary people, a possible conservation of glycogen stocks with consequent delay of fatigue in prolonged exercises must be studied.

Moreover, the maintenance of higher glycemic values can contribute to a reduction of the magnitude of hormonal activity in the control of blood glucose during exercise. This is particularly important when considering that when hormonal participation occurs in the control of blood glucose during exercise, the cortisol contributes to gluconeogenesis providing aminoacids derived from the liver proteolysis at the expense of muscle catabolism. Therefore, a less hormonal involvement in the control of blood glucose can provide a protective factor against the catabolism induced by

menor participação hormonal no controle da glicemia pode oferecer um fator protetor contra o catabolismo induzido pelo exercício. Para elucidar estas questões, propõe-se a realização de estudos que monitorem o comportamento das catecolaminas, GH, glucagon e cortisol em concomitância com a glicemia e lactato em exercícios com diferentes intensidades.

REFERÊNCIAS

Reference

- BERGMAN BC, HORNING MA, CASAZZA GA, WOLFEL EE, BUTTERFIELD GE, BROOKS GA. Endurance training increases gluconeogenesis during rest and exercise in men. *Am J Physiology Endocrinol Metab.* 278(2): E244-251, 2000.
- COKER RH, KRISHNA MG, LACY DB, BRACY DP, WASSERMAN DH. Role of hepatic alpha- and beta-adrenergic receptor stimulation on hepatic glucose production during heavy exercise. *Am J Physiol.* 273(5 Pt 1): E831-838, 1997.
- COKER RH, KJAER M. Glucoregulation during exercise: the role of the neuroendocrine system. *Sports Med.* 35(7):575-583, 2005.
- DAVIS SN, CHERRINGTON AD. The hormonal and metabolic responses to prolonged hypoglycemia. *J Lab Clin Med.* 121(1):21-23, 1993.
- FRANCA GAM, GRISI LM, OLIVEIRA L, SILVA AS. Glycemic behavior in resistance exercise accomplished in two different intensities. *The FIEP Bulletin*, 77(special edition): 185-187, 2007.
- GALASSETTI P, DAVIS SN. Effects of insulin per se on neuroendocrine and metabolic counter-regulatory responses to hypoglycaemia. *Clin Sci (Lond).* 99(5):351-362, 2000.
- GERICH JE. Control of glycaemia. *Baillieres Clin Endocrinol Metab.* 7(3):551-586, 1993.
- KJAER M. Hepatic glucose production during exercise. *Adv Exp Med Biol.* 441 (s.n.):117-127, 1998.
- LOMBARDI AM, FABRIS R, BASSETTO F, SERRA R, LETURQUE A, FEDERSPIL G, GIRARD J, VETTOR R. Hyperlactatemia reduces muscle glucose uptake and GLUT-4 mRNA while increasing (E1alpha)PDH gene expression in rat. *American Journal of Physiology* 276 (sn): E922-929, 1999.
- MAUGHAN R, GLEESON M, GREENHAFF P. *Bioquímica do exercício e do treinamento.* Barueri: Manole, 2000.
- MILLER BF, FATTOR JA, JACOBS KA, HORNING MA, NAVAIZO F, LINDINGER MI, BROOKS GA. Lactate and glucose interactions during rest and exercise in men: effect of exogenous lactate infusion. *J Physiol.* 544(3):963-975, 2002.
- PENCEK RR, FUEGER PT, CAMACHO RC, WASSERMAN DH. Mobilization of glucose from the liver during exercise and replenishment afterward. *Can J Appl Physiol.* 30(3):292-303, 2005.
- ROBERGS RA, ROBERTS SO. *Fundamental principles of exercise physiology: for fitness, performance and health.* Boston: McGraw-Hill, 2000.
- SILVA AS, AZEVEDO WKC. COMPORTAMENTO GLICÊMICO EM TREINAMENTO DE NATAÇÃO COM CARÁTER AERÓBIO E ANAERÓBIO. *Rev Educ. Fis. Exercito.* 137 (s.n.): 26-32, 2007.
- SILVA AS, SILVA OFA, SILVA JMFL. Glycemic behavior within resistance exercises in different moments after ingesting carbohydrates. *The FIEP Bulletin.* 76 (special edition): 392-395, 2006.

CORRESPONDÊNCIA

Correspondence

Alexandre Sérgio Silva
R. Monteiro Lobato, 501, apto. 408 – Tambaú
João Pessoa-PB 58039-170

E-mail
ass974@yahoo.com.br
rebrasa@ccs.ufpb.br