

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM CARBOIDRATOS SOBRE A RESPOSTA ENDÓCRINA, HIPERTROFIA E A FORÇA MUSCULAR.

EFFECTS OF CARBOHYDRATE SUPPLEMENTATION ON THE ENDOCRINE RESPONSES, HYPERTROPHY AND MUSCLE STRENGTH.

Girleide Gomes de Lima¹, Josué José de Barros¹.

RESUMO

No meio esportivo, há ainda uma tendência de que o efeito benéfico de uma dieta rica em carboidrato só ocorra em exercícios aeróbios de longa duração. Porém a suplementação com carboidrato em exercícios anaeróbios, como treinamento de força, age como um ergogênico associado com a hipertrofia muscular e aumento da performance. Um aumento na tensão muscular (força) é a exigência primária para dá início ao crescimento do músculo esquelético, ou hipertrofia, pelo treinamento com exercícios. Treinamento de força é definido como: exercícios que apresentam alguma forma de resistência graduável a contração muscular. A ingestão de 6g de aminoácidos essenciais estimulam o balanço protéico tão efetivamente quanto a ingestão de 6g de aminoácidos essenciais + 35g de carboidrato, assim como também aumenta o padrão de síntese de glicogênio. Vários estudos observaram que a ingestão pré-exercício de refeições com carboidrato de baixo índice glicêmico reduziram a oxidação de carboidrato comparado com a ingestão de carboidrato de alto índice glicêmico. Segundo alguns estudos a redução nos níveis de cortisol em resposta a suplementação com carboidrato em exercício resistido ocasionou uma elevação do GH. Isto sugere que o aumento na concentração de insulina e redução de cortisol pode resultar em aumento na concentração de GH o que pode levar a hipertrofia muscular e aumento da performance pelo exercício resistido. As tendências científicas têm demonstrado que a suplementação com carboidrato pode conduzir ao aumento de massa muscular, no entanto, sugerimos mais estudos para esclarecer melhor os mecanismos envolvidos.

PALAVRAS-CHAVE: Hipertrofia, Treinamento de força, Carboidrato, Suplementação.

1- Programa de Pós Graduação Lato Sensu em Fisiologia do Exercício da UGF

ABSTRACT

In the sportive environment, there is a tendency that the benefit effect of a rich diet with carbohydrate just happens in long-term aerobic exercise. However, carbohydrate supplementation in resistance training is one ergogenic aid associated with muscle growth and performance improvement. The increase of tension muscle (force) is a primary requirement to start the skeletal muscle growth, or hypertrophy, by exercise training. Resistance training is defined as exercises which present a form of gradual resistance to muscle contraction. The ingestion of 6g of essential amino acids stimulates net protein synthesis so effectively to the ingestion of 6g of essential amino acids + 35g of carbohydrate and increases the glycogen synthesis rate. It has been demonstrated that preexercise carbohydrate meal ingestion with low glycemic index reduces carbohydrate oxidation when compared with the ingestion of a high glycemic index meal some researchers suggest that the consumption of carbohydrate during resistance training reduces cortisol levels and additionally enhances GH levels. This suggest that elevations in insulin levels and reductions in the cortisol levels can stimulates enhance of GH level that may ultimately lead to increases in muscle hypertrophy and to improve resistance training performance. The Scientifics tendencies have been shown that carbohydrate supplementation can lead to hypertrophy. However, we suggest more studies clarify better these mechanisms.

KEY-WORDS: Hypertrophy, Strength Training, Carbohydrate, Supplementation

Endereço para correspondência:

Rua Leobina Pereira, 357
Jardim São Paulo - Recife – Pernambuco
50910-260.

INTRODUÇÃO

No meio esportivo, há ainda uma tendência de que o efeito benéfico de uma dieta rica em carboidrato só ocorra em exercícios aeróbios de longa duração (Rankin, 2001). Porém a suplementação com carboidrato em exercícios anaeróbios, como treinamento de força, age como um ergogênico associado com a hipertrofia muscular e aumento da performance.

Segundo Hakkinen e colaboradores, (1981) e Yong e colaboradores, (1983) o treinamento de força é uma modalidade de exercícios que tem sido mostrada por estimular aumento na massa muscular esquelética⁵⁰. Porém vários estudos têm reportado que o treinamento de força pode significativamente diminuir os estoques de glicogênio por estimular a glicogenólise (Haff e colaboradores, 2003). A redução do glicogênio nas fibras de contração rápida (tipo II) desempenha um papel importante no processo de instalação da fadiga em exercícios resistidos de alta intensidade (Hargreaves, 2000).

Teoricamente a suplementação com carboidrato elevaria os níveis de glicose sanguínea, tornando-a principal fonte de energia durante o exercício, e com isso reduzindo a utilização do glicogênio muscular (Haff e colaboradores, 2003), insulina (Conley; Stone; 1996) que desempenha um papel importante no aumento da captação de glicose pelo músculo durante o exercício (Hargreaves, 2000), podendo criar um meio anabólico (Chromiak e colaboradores, 2004), que resultaria em melhora da performance e conseqüentemente aumento da massa muscular.

O presente estudo de revisão tem como propósito investigar quais os mecanismos de ação de uma suplementação com carboidrato que levam a hipertrofia muscular e aumento da performance em indivíduos que praticam treinamento de força.

REVISÃO DE LITERATURA

HIPERTROFIA MUSCULAR

Para que o processo de aumento da massa muscular ocorra com eficiência não

basta oferecer apenas o estímulo de treinamento físico. Também é necessário manter o organismo em situação metabólica favorável. Esta situação é a predominância do anabolismo sobre o catabolismo, ou seja, das reações de síntese sobre as reações de degradação de matéria. Quando ocorre mais anabolismo do que catabolismo o balanço nitrogenado torna-se positivo, com retenção de nitrogênio e aumento da massa muscular. Segundo Thyfault, e colaboradores, (2004), o balanço protéico é específico para indivíduos que gostariam de aumentar massa magra, porém para massa magra aumentar em tamanho e produção de força, deve-se aumentar a síntese protéica sem o concomitante aumento na degradação protéica.

Para Fiatarone, e colaboradores, (1994) um aumento na tensão muscular (força) é a exigência primária para dá início ao crescimento do músculo esquelético, ou hipertrofia, pelo treinamento com exercícios. Os aumentos no tamanho do músculo através de uma maior síntese protéica durante o treinamento com pesos constituem uma adaptação biológica fundamental a uma maior carga de trabalho em homens e mulheres, independente da idade.

De acordo com McArdle e colaboradores, (1998) o crescimento muscular em resposta ao treinamento com sobrecarga resulta principalmente de um aumento das fibras musculares individuais. Para esses autores, o processo de hipertrofia muscular está relacionado diretamente à síntese de componentes celulares, particularmente dos filamentos protéicos que constituem os elementos contráteis. Esse crescimento pode envolver a lesão real e repetida das fibras musculares (principalmente com as contrações excêntricas) seguidas por uma supercompensação da síntese protéica, resultando em um efeito anabólico global, o que leva as miofibrilas da célula muscular a sofrerem um espessamento e aumento em seu número, com outros sarcômeros sendo formados pela síntese protéica acelerada e correspondentes reduções no fracionamento protéico.

Para Fleck e Kreamer (1999) o total de crescimento (hipertrofia muscular) depende do tipo de fibra muscular e do padrão de recrutamento. As proteínas contráteis e o fluído (sarcoplasma) nas fibras musculares

estão constantemente mudando e se renovando a cada sete a 15 dias. Segundo eles o treinamento de força influencia este processo afetando a quantidade e qualidade das proteínas contráteis que são produzidas.

Segundo Santarém (1995), hipertrofia muscular é o aumento no tamanho das fibras musculares devido ao acúmulo de substâncias contráteis, actina e miosina, e de substâncias não contráteis, principalmente glicogênio e água, no sarcoplasma das fibras musculares. Os ganhos de massa muscular provenientes do treinamento diferem de indivíduo para indivíduo devido ao potencial individual para o desenvolvimento, estrutura física e composição corporal.

De acordo com Guedes (2003), a hipertrofia muscular ocorre principalmente devido à sobrecarga tensional e metabólica. Sobrecarga tensional causa a hipertrofia miofibrilar devido ao aumento do conteúdo de proteínas contráteis nas miofibrilas, que proporciona o aumento no tamanho e número das miofibrilas (actina e miosina). Isso ocorre principalmente graças ao treinamento com cargas elevadas. Já a sobrecarga metabólica que causa a hipertrofia sarcoplasmática (aumento de glicogênio, água e ATP-CP) ocorre graças ao tempo prolongado de contração, que sugere repetições elevadas e/ou intervalo curtos. Então a hipertrofia máxima será atingida quando se equilibrar peso elevado, repetições altas e intervalos curtos a fim de proporcionar simultaneamente ou alternadamente dentro do processo de treinamento a sobrecarga tensional e metabólica.

Segundo definições de Santos (2003), a hipertrofia muscular, é a principal adaptação que ocorre em resposta a um programa de treinamento com pesos, resultando em um aumento na área de secção transversal do músculo, e na capacidade máxima para gerar força.

De acordo com estudos de Bicas, e colaboradores, (2004), exercícios contra a resistência induzem a hipertrofia muscular, por meio da ativação e proliferação de células satélites, com posterior quimiotaxia e fusão das células satélites nas fibras musculares pré-existentes. Ainda segundo estes autores, exercícios de estiramento também podem levar a hipertrofia muscular, com conseqüente aumento do número de células satélites,

aumento da área seccional da fibra muscular e no número de mionúcleos.

FORÇA

Antes de apresentarmos o que vem a ser treinamento de força, faz-se necessário definir o que vem a ser força na teoria do treinamento.

A força pode ser conceituada como o efeito que um corpo exerce sobre outro na forma de um impulso ou tração, capaz ou não de produzir movimento. Na teoria do treinamento desportivo, o conceito de força parte da capacidade do homem mover uma massa (seu próprio corpo ou um implemento esportivo) e da sua capacidade de opor-se a uma resistência pela ação muscular.

No Treinamento Desportivo, a força apresenta a seguinte classificação:

- 1- Força máxima: é a maior força muscular que um indivíduo pode desenvolver.
- 2- Força estática (contração muscular isométrica): ocorre quando não existe movimento, pois a força se iguala à resistência externa.
- 3- Força dinâmica: ocorre quando a força muscular diferencia-se da resistência produzindo movimento.
- 4- Força dinâmica positiva (contração muscular concêntrica): ocorre quando se verifica uma superação da resistência (peso), a força muscular exercida é maior do que a resistência.
- 5- Força dinâmica negativa (contração muscular excêntrica): ocorre quando a força muscular exercida é menor do que a resistência.
- 6- Força explosiva: é a força executada no menor tempo possível, sendo que o fator se faz presente na velocidade, portanto temos a conjugação da força com a velocidade (potência = força x velocidade). Esse tipo de força está presente na maioria dos esportes, nos quais os movimentos rápidos representam um fator decisivo para o rendimento.
- 7- Resistência de força: é a capacidade de resistência dos músculos ou grupos musculares, contra a fadiga com repetidas contrações dos músculos, ou seja, com o trabalho de duração da força.
- 8- Resistência de força anaeróbia: capacidade dos músculos de resistir à fadiga com débito de oxigênio. Empregada nos exercícios de alta intensidade e curta duração.

9- Resistência de força aeróbia: capacidade dos músculos de resistir à fadiga na presença de uma suficiente provisão de oxigênio. (Weineck, 1999).

TREINAMENTO DE FORÇA

O treinamento de força, também conhecido como treinamento com pesos ou treinamento com cargas, tornou-se uma das formas mais conhecidas de exercícios, tanto para o condicionamento de atletas como para melhorar a forma física de não-atletas. Os termos carga, peso e treinamento de força têm sido usados para descrever um tipo de exercício que requer que os músculos se movam (ou tentem se mover) contra uma força de oposição. O termo treinamento de força abrange uma grande variedade de tipos de treinamento. Treinamento com pesos normalmente é utilizado para se referir aos exercícios com resistência normal que usa pesos livres ou equipamento com resistência. O número crescente de Academias de ginástica com recursos para o treinamento com pesos tem confirmado e afirmado a popularidade cada vez maior desta forma de condicionamento físico. Indivíduos que participam de um programa de treinamento de força esperam que o programa produza alguns benefícios, tais como aumento de força, aumento de tamanho dos músculos (hipertrofia muscular), melhor desempenho esportivos, crescimento da massa livre e diminuição na gordura corporal. Um programa de treinamento de força bem planejado e executado de forma consistente pode produzir todos esses benefícios Fleck e Kreamer (1999).

De acordo com Guedes (2003), há basicamente dois tipos de hipertrofia muscular: a hipertrofia por sobrecarga tensional e a hipertrofia por via metabólica. A sobrecarga tensional é causada pelo aumento no tamanho e das miofibrilas contráteis de actina e miosina. Já a sobrecarga metabólica é causada pelo aumento de água glicogênio e creatina fosfato (ATP-CP) dentro do sarcoplasma. Ainda segundo esse autor a melhor forma para se conseguir bons níveis de hipertrofia com o treinamento, é treinar de três a seis vezes por semana com a intensidade de 60% de 1RM para hipertrofia metabólica, e 85% de 1RM para hipertrofia tensional, dando

intervalos de recuperação de 1min para a sobrecarga metabólica, e de 4min para a sobrecarga tensional.

De acordo com Fleck e Kreamer (1999), um programa de treinamento de força para hipertrofia muscular deve apresentar as seguintes características: grande variedade de escolha de exercícios ou padrões de movimento, incluindo uma quantidade considerável de exercício de isolamento, ações concêntricas e excêntricas, e exercícios de múltiplos ângulos para a articulação utilizada. Deve-se também obedecer à ordem dos exercícios, ou seja, os grandes grupos musculares devem ser enfatizados no início da sessão de treinamento. A intensidade do treino deve ser de alta a moderada (6 a 12 RM) podendo-se usar algumas vezes números de repetições maiores, especialmente com as superséries; períodos de recuperação curtos entre as séries (<1,5 min.) e número total alto de séries por músculo ou grupo muscular (>3).

Para Santarém (2000), treinamento de força é definido como: exercícios que apresentam alguma forma de resistência graduável a contração muscular. Na maioria das vezes a resistência são pesos; tradicionalmente os exercícios com pesos são reconhecidos pela sua grande eficiência em aumentar a massa muscular, sendo, portanto muito utilizado no treinamento de atletas. A sua prática esportiva recebe o nome de musculação, a atividade de academia que mais cresce em número de praticantes nos dias atuais.

De acordo com Bompa e Cornacchia (2000), para adquirir ganho substancial de massa muscular, deve-se planejar pelo menos uma fase de seis semanas de treinamento para hipertrofia, sendo ainda melhor o planejamento de duas fases de seis semanas. Nesse tempo deve-se utilizar os métodos de treinamento de sua preferência (exemplos de métodos: superséries, pirâmides, repetições forçadas, séries negativas e etc.). Ainda segundo esse autor deve-se utilizar nesse programa de treinamento cargas submáximas (com um volume de treino de 6 a 12 RM), ao invés de cargas máximas (100% 1RM). O objetivo do treinamento com cargas submáximas, é contrair o músculo até a exaustão, na tentativa de recrutar todas as fibras musculares. Quando você executa repetições até a exaustão, o recrutamento de fibras musculares aumenta porque assim que

umas fibras entram em fadiga outras começam a funcionar.

Estudos anteriores demonstram que exercícios resistidos melhoram a sensibilidade à insulina por aumentar a quantidade de massa magra devido a um grande abastecimento nos depósitos de glicose disponível em resposta a uma alta ingestão de carboidrato (Thyfault, e colaboradores, 2004) e oxidação dos mesmos.

O exercício resistido aumenta o tamanho do músculo esquelético e produção de força. As adaptações ocorridas que ocorrem seguidas ao exercício são complexas e requerem considerável tempo de treinamento e esforço (Thyfault, e colaboradores, 2004a).

SUPLEMENTAÇÃO COM CARBOIDRATO, BALANÇO PROTÉICO E RESSÍNTESE DE GLICOGÊNIO.

Ao contrário do que ocorre com atletas de endurance, dietas com elevado conteúdo de carboidratos são pouco comuns entre culturistas e outros indivíduos envolvidos em treinamento de força (Mitchell, e colaboradores, 1990).

O aumento na ingestão de carboidratos durante os exercícios provoca também uma elevação na captação de glicose pelos músculos (McConell, e colaboradores, 1994). Essas observações são concordantes, pois durante um exercício extenuante a utilização da glicose aumenta quando a disponibilidade de glicose sangüínea também está aumentada (Hargreaves, 2000).

Existem evidências substanciais na literatura sugerindo que o consumo de uma bebida de carboidrato antes e durante o exercício resistido resulta em elevação nos níveis de glicose sangüínea durante e após o treino (Haff, e colaboradores, 2003). Haff e colaboradores, (2001) investigaram os efeitos da ingestão de carboidrato em 16 séries de 10 repetições cada em extensão e flexão da perna. Significativamente, os níveis de glicose sangüínea foram elevados a partir da 8ª série e imediatamente após o exercício quando os indivíduos consumiram um suplemento de carboidrato (20% maltodextrina) 10 minutos antes e após as séries um, seis e 11 do exercício (Haff, e colaboradores, 2003).

Uma estratégia nutricional utilizada para promover aumento de massa muscular é a ingestão de carboidrato, ou carboidrato mais proteína, antes e ou depois do exercício (Kreamer, e colaboradores, 1998). Borsheim e colaboradores, (2004), observaram o efeito da ingestão de carboidrato na síntese protéica muscular durante a recuperação de uma sessão de exercícios resistidos, e neste estudo mostrou-se que a ingestão de carboidrato sozinho pode melhorar o balanço protéico entre síntese e degradação, principalmente devido à progressiva redução na degradação. Porém, a melhora foi menor comparada com estudos anteriores após a ingestão de aminoácidos ou aminoácidos mais carboidratos.

O modesto efeito da ingestão de apenas carboidratos no balanço protéico confirma um achado anterior que a ingestão de 6g de aminoácidos essenciais estimulam o balanço protéico tão efetivamente quanto a ingestão de 6g de aminoácidos essenciais mais 35 g de carboidrato. A resposta para os aminoácidos não é tão grande quanto a resposta para os carboidratos, porém nos aminoácidos é mais rápida. O atraso na resposta da ingestão dos carboidratos ocorre pelo rápido aumento da glicose plasmática e concentração de insulina após ingestão de carboidrato (Borsheim e colaboradores, 2004) (Figura 1).

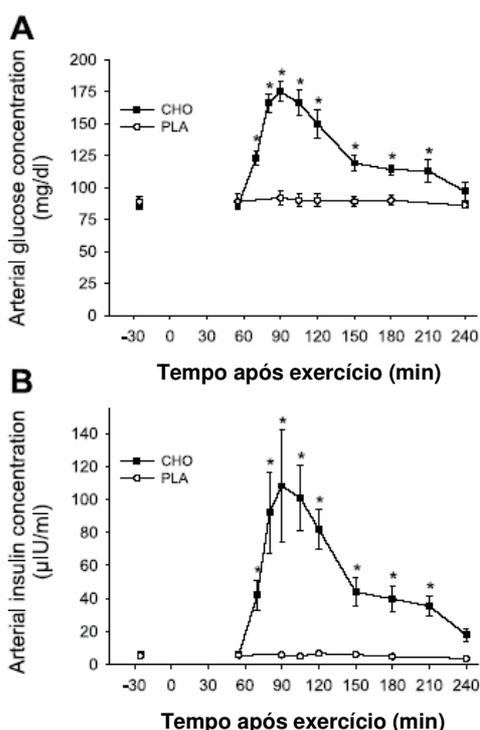
De acordo Roy e colaboradores, (1997) a suplementação com carboidrato (1g/Kg de peso) imediatamente após o treino de resistência reduz a degradação protéica miofibrilar. Eles observaram através da larga fração de síntese protéica muscular padrão no exercício resistido versus recuperação quando 1g/Kg de carboidrato foram oferecidos entre zero e 1 hora após o exercício (extensão unilateral do joelho). A fração de síntese protéica muscular foi medida 10 horas após o exercício. Simultaneamente, a excreção urinária de 3-metilhistidina (marcador para quebra protéica) diminuiu após a ingestão de carboidrato comparado com o grupo placebo (Borsheim e colaboradores, 2004).

Thyfault e colaboradores, (2004a) através de uma pesquisa em relação aos efeitos da ingestão de carboidrato no anabolismo após exercícios resistidos de alta intensidade, observaram que a suplementação com carboidrato não afetou a degradação protéica.

Quando aminoácidos essenciais são ingeridos em combinação com carboidratos de 1 a 3 horas após o exercício, a síntese protéica muscular é estimulada Thyfault e colaboradores, (2004a). O maior efeito da suplementação de proteína mais carboidrato na síntese protéica muscular é esperado quando o suplemento é ingerido imediatamente antes ou após o exercício.

Figura 1.A. Tempo de curso da concentração arterial de glicose. B. Concentração de Insulina sérica. (Grupo Placebo (PLA) e Grupo suplementado com Carboidrato (CHO). A Bebida foi consumida 60 min após o Exercício.)

Borsheim e colaboradores, 2004.



Pesquisas demonstram que a ingestão de proteína sozinha ou proteína + carboidrato antes ou depois de uma sessão de exercício resistido melhora o pool protéico, confirmando a teoria que a suplementação de carboidrato + proteína próximo ao exercício aumenta a massa muscular (Chromiak e colaboradores, 2004).

Porém, não está claro como uma possível mudança no balanço protéico entre

síntese e degradação está relacionada com as mudanças no plasma de concentração de insulina após a ingestão de carboidrato (Borsheim e colaboradores, 2004).

Acredita-se que os efeitos positivos da ingestão de carboidrato durante o exercício sejam consequência da síntese de glicogênio muscular em determinadas fibras durante os intervalos de pausa do exercício intermitente (Kuipers, e colaboradores, 1989).

Segundo Van Loon e colaboradores, (2000), a suplementação pós-exercício com aminoácido mais carboidrato é tão efetiva quanto a suplementação com apenas carboidrato para promoção da síntese de glicogênio muscular.

Uma variável importante na suplementação com carboidrato diz respeito ao tempo de administração desta em relação ao término da atividade física. É digno de nota que imediatamente e até 2 horas após o término da atividade física, a atividade do complexo glicogênio sintetase chega a 7-8mM/Kg/h, índice cerca de 50% maior que o observado no período total de 24 horas, em condições ótimas de disponibilidade de substrato, fazendo, deste período, o ideal para o início da suplementação (Lancha Junior, 2002).

Os estudos de Haff e colaboradores, (2003) sugerem que a suplementação com carboidrato antes e durante uma sessão de exercício resistido pode manter as reservas de glicogênio muscular.

O consumo de carboidrato durante e após o exercício aumenta o padrão de síntese de glicogênio. Costill e colaboradores, (1981) observaram que uma quantidade mínima de síntese de glicogênio ocorre após o exercício quando carboidratos não são consumidos.

É provável que a elevação da glicose sanguínea vista em vários estudos de suplementação com carboidrato na literatura resulta tanto na redução da utilização do glicogênio muscular durante o exercício como a rápida ressíntese de glicogênio após o mesmo (Haff, e colaboradores, 2003).

Kimber e colaboradores, (2003) reportaram que quando os indivíduos são bem treinados e consomem carboidrato 1 hora antes do exercício, ocorre na recuperação um aumento no padrão de ressíntese de glicogênio pela presença de altas concentrações na circulação de glicose e insulina.

Porém, um atraso na ingestão de carboidratos após o exercício em um pouco mais de 2 horas pode significativamente diminuir a ressíntese de glicogênio (Haff, e colaboradores, 2003).

RESPOSTA ENDÓCRINA À SUPLEMENTAÇÃO COM CARBOIDRATO.

INSULINA

A adição de um regime de suplementação com carboidrato em um programa de exercício resistido deve resultar em um aumento no meio anabólico. Esse aumento pode potencialmente elevar a hipertrofia muscular e performance em exercícios resistidos (Hargreaves, 2000).

O consumo de carboidrato durante o exercício apresenta efeitos na concentração plasmática de insulina, um hormônio polipeptídico produzido pelas Ilhotas de Langerhans do pâncreas, importante na promoção das adaptações decorrentes do treinamento de força (Conley; Stone; 1996), pois pode criar um positivo meio anabólico (Chromiak, e colaboradores, 2004).

O aumento nas concentrações de insulina, que ocorre quando se ingere carboidrato, também desempenha um papel importante no aumento da captação de glicose pelo músculo durante a atividade física (Hargreaves, 2000).

Aumento nas concentrações de insulina pós-exercício em resposta a ingestão de carboidrato pode resultar em elevação na síntese de glicogênio e um estado hormonal anabólico que potencialmente pode resultar um efeito ergogênico (Haff, e colaboradores, 2003).

Submetidos ao mesmo esforço físico, os atletas suplementados têm concentrações plasmáticas de insulina ligeiramente acima das encontradas em não-suplementados. A insulina, em virtude de sua característica anabólica facilita a síntese de glicogênio pós-atividade desde que o montante de carboidrato necessário esteja disponível (Pascoe, e colaboradores, 1993).

Elevação na concentração de insulina é freqüentemente associada com aumento no transporte de aminoácidos que potencialmente estimula o aumento no padrão de síntese protéica muscular e síntese de proteína total do corpo (Bennet, e colaboradores, 1990).

Thyfault e colaboradores, (2004), reportaram que o grupo suplementado com carboidrato 1g/Kg de peso (Gatorade – 20% maltodextrina), teve a concentração de insulina aumentada em até 1 hora e 30 minutos após o exercício, ao contrário do grupo placebo, o que pode confirmar o anabolismo após uma sessão de exercício, pois a insulina tem um significativo impacto no metabolismo protéico. Este achado dá suporte aos estudos de Chandler e colaboradores, (1994), onde observaram que a suplementação com carboidrato imediatamente após 1 hora de uma sessão de exercício resistido resultou na elevação da concentração de insulina plasmática comparado com o grupo placebo.

Chandler e colaboradores, (1994), também observaram que a ingestão de uma bebida de carboidrato imediatamente antes e 2 horas após uma sessão de exercício resistido resultou em um significativo aumento na concentração de insulina quando comparado com uma bebida placebo. Essas concentrações de insulina teoricamente deveriam resultar em aumento nos estoques de glicogênio muscular, anabolismo protéico e hipertrofia muscular.

O influxo de glicose no período pós-prandial provoca um aumento na sua concentração plasmática, com o conseqüente aumento na disponibilidade de glicose para os hepatócitos. Também é induzido o aumento na secreção de insulina e ocorre redução daquela de glucagon. As alterações hormonais observadas levam a um aumento na captação de glicose pelo músculo e tecido adiposo, assim como na síntese de glicogênio muscular via redução das concentrações intracelulares nos níveis de AMPc e a conseqüente redução na atividade da glicogênio sintetase.

Após o período absorptivo, a glicemia retorna aos níveis normais e as alterações hormonais são revertidas com a queda na secreção de insulina e aumento na de glucagon. Nesta fase ocorre mobilização dos estoques de glicogênio hepático para manutenção da glicemia (via aumento dos níveis de AMPc) e síntese de enzimas relacionadas com a gliconeogênese, caso ocorra necessidade de maior aporte de glicose num período não absorptivo (Lancha Junior, 2002).

Resultados oriundos de estudos científicos indicam que a ingestão de

carboidrato ou carboidrato + proteína antes do exercício pode aumentar os níveis de insulina, portanto, diminuindo o catabolismo promovido pela realização do exercício (Bacurau, 2001).

A atividade física realizada durante um quadro de hiperinsulinemia leva a elevado consumo de glicose e rápida mobilização de grandes quantidades de glicogênio (Lancha Junior, 2002).

A quebra da proteína muscular pós-exercício foi melhorada pela insulina, deste modo melhorando o balanço protéico. Por outro lado, considerando que a infusão local de insulina efetivamente isola o efeito da insulina por si só, a resposta é diferente quando a insulina liberada é estimulada pela ingestão de carboidrato (Borsheim, e colaboradores, 2004). A ingestão de carboidrato ou carboidrato + proteína após o exercício impõe um padrão hormonal mais anabólico, acelerando a recuperação (Chandler, e colaboradores, 1994).

O aparente atraso da ação da insulina no anabolismo protéico muscular, como também o atraso no rápido efeito do aminoácido sugere que a ingestão de aminoácido + carboidrato pode amplificar o efeito interativo. Com isso, o aminoácido deve ser ingerido no pico da ação da insulina no músculo, e o efeito da ingestão do carboidrato após o exercício seria fisiologicamente significativo. Porém, quando oferecido sozinho ou ao mesmo tempo com aminoácidos essenciais livre, o carboidrato terá pequeno efeito na síntese protéica (Borsheim, e colaboradores, 2004).

Investigações prévias em humanos demonstraram que o aumento na concentração de insulina estimula o aumento no pool de aminoácido esquelético e síntese protéica, e reduz a atividade proteolítica associada à degradação protéica Thyfault e colaboradores, (2004).

Em uma investigação, indivíduos consumiram 1g de glicose/Kg de peso imediatamente após o exercício e 1 hora depois. A suplementação com carboidrato resultou em um significativo aumento na concentração de insulina e glicose no plasma quando comparado ao grupo placebo. Este achado foi associado a que suplementação de carboidrato reduz significativamente a excreção de uréia nitrogenada e 3-metilhistidina, o que sugere a redução na ocorrência de transaminação e desaminação

oxidativa dos aminoácidos. Adicionalmente, a suplementação de carboidrato resultou em um pequeno aumento no nível da síntese protéica (Jentjens, e colaboradores, 2004).

O aumento nas concentrações de insulina após uma sessão de exercício resistido pode deter o rápido fluxo da degradação protéica e permitir o balanço protéico positivo Thyfault e colaboradores, (2004).

CORTISOL

Pesquisas anteriores têm mostrado que exercícios resistidos de alta intensidade podem causar aumento na concentração plasmática de cortisol. O cortisol é um hormônio produzido pelo córtex da adrenal, é catabólico e eleva o padrão de degradação protéica após realização de exercícios resistidos (Borsheim, e colaboradores, 2004).

Uma redução na concentração plasmática de cortisol após realização de exercícios resistidos pode conduzir a um meio favorável anabólico, resultando em redução do nível de degradação protéica muscular e aumento total de síntese protéica (Borsheim, e colaboradores, 2004), confirmado também por Thyfault e colaboradores, (2004) onde observaram que a redução na concentração plasmática de cortisol após o exercício resistido é favorável ao anabolismo, resultando na redução da degradação protéica no músculo e um aumento na síntese protéica.

A inclusão do regime de suplementação de carboidrato pode resultar redução na demanda da gliconeogênese e concomitantemente redução nas concentrações de cortisol (Haff, e colaboradores, 2003).

Hipoteticamente a ingestão de carboidrato diminuiria a concentração de cortisol, elevaria a concentração de insulina, e reduziria a excreção de Nitrogênio Urinário (NH₃) que seria um indicativo de balanço nitrogenado positivo. Esta possibilidade poderia ser o meio de aumentar a síntese protéica, e crescimento do músculo esquelético (Thyfault, e colaboradores, 2004).

Poucos estudos têm demonstrado o efeito da suplementação de carboidrato nos níveis de cortisol em exercícios resistidos. Porém, vários estudos demonstraram que o consumo de carboidrato durante exercícios aeróbios reduzem os níveis de cortisol pós-exercício. Respostas similares são esperadas

na suplementação de carboidrato em exercícios resistidos (Haff, e colaboradores, 2003).

Porém, Thyfault e colaboradores, (2004), observaram que o consumo de 1g/Kg de massa magra de carboidrato (Gatorade – 20% Maltodextrina) antes e depois de uma sessão de exercício resistido de alta intensidade elevou a concentração de insulina no plasma tanto imediatamente após o exercício como 1 hora e 30 minutos após, sem afetar a concentração de cortisol plasmático.

Como um hormônio catabólico, o cortisol estimula a degradação protéica muscular e inibe a síntese protéica nas fibras musculares do tipo I e II (Kazarian, e colaboradores, 1983), com um maior efeito catabólico nas fibras do tipo II e menor nas fibras do tipo I (Kelly; McGrath, 1986). Esses efeitos negativos do cortisol nas fibras musculares podem predominar em atletas que treinam exercícios de força explosiva ou participam de esportes que requerem força, potência e velocidade pela relação das fibras do tipo II (Tesch, 1988) com essas atividades.

GH

O hormônio do crescimento é um hormônio polipeptídico envolvido em processos de crescimento do músculo esquelético e outros tecidos Kraemer e colaboradores, (1998).

Elevações nas concentrações de GH associados com treinos de exercícios resistidos são freqüentemente relacionadas com o aumento de massa magra e redução de massa gorda (Crist, e colaboradores, 1988).

Kraemer e colaboradores, (1998) observaram a redução nos níveis de cortisol em resposta a três dias de suplementação com carboidrato em exercício resistido intenso. Adicionalmente, uma elevação do GH foi observada em conjunto com redução nos níveis de cortisol. Isto sugere que o aumento na concentração de insulina e redução de cortisol pode resultar em aumento na concentração de GH e conduzir a um efeito ergogênico.

Kraemer e colaboradores, (1998) também reportaram que o GH e a insulina foram significativamente elevados de um a três dias de suplementação de carboidrato e exercícios resistidos, o que confirma que a

insulina induz a elevações do GH pós-exercício.

A suplementação com carboidrato que induz picos de insulina pode potencialmente conduzir aumentos do GH que pode elevar a hipertrofia induzida pelo exercício resistido. Chandler e colaboradores, (1994) reportaram que suplementos que promovem elevação no pico de insulina pós-exercício conduzem a aumentos significativos nas concentrações de GH 5 -6 horas após o exercício, o que pode levar a hipertrofia muscular e aumento da performance em exercícios resistidos. Normalmente, o aumento na concentração de insulina plasmática ocorre em resposta à elevação de glicose, aminoácidos e ácidos graxos (Haff, e colaboradores, 2003).

TIPOS DE CARBOIDRATOS E SEUS ÍNDICES GLICÊMICOS

Como referência de consumo dos alimentos e seus respectivos índices glicêmicos, a ingestão alimentar precedente à atividade física deve respeitar o consumo dos alimentos de médio a baixo índice glicêmico. (Figura 2) Isto se deve por agir de forma preventiva a um súbito aumento da concentração de glicose circulante. Conseqüentemente haverá aumento da insulinemia que, em combinação com a contração muscular, poderá gerar um quadro de hipoglicemia reativa. Essa ocorrência se dá pela combinação de captação de glicose via insulina mais a via de contração muscular.

Já após a atividade física acontece o oposto. Por estar o organismo extremamente estimulado para a captação de glicose resultante da contração muscular, o consumo de alimentos de alto índice glicêmico poderá favorecer a recuperação do esforço. Isto significa que alimentos de alto índice glicêmico promovem maior incorporação de glicose como glicogênio muscular (Hirschbruch; Carvalho; 2002).

Outra questão importante no tocante à suplementação com carboidratos para atletas diz respeito ao tipo de carboidrato utilizado. Com relação aos dissacarídeos, a sacarose (digerida a uma glicose e uma frutose) tem capacidade semelhante à glicose de induzir o aumento da síntese de glicogênio, embora seu índice glicêmico seja da ordem de 0,7 o da glicose. A frutose, porém, apresenta uma capacidade muito baixa de indução da síntese

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpex.com.br

de glicogênio por apresentar índice glicêmico baixo (0,2 – 0,3 o da glicose) e ser processada lentamente pelo fígado (Lancha Junior, 2002).

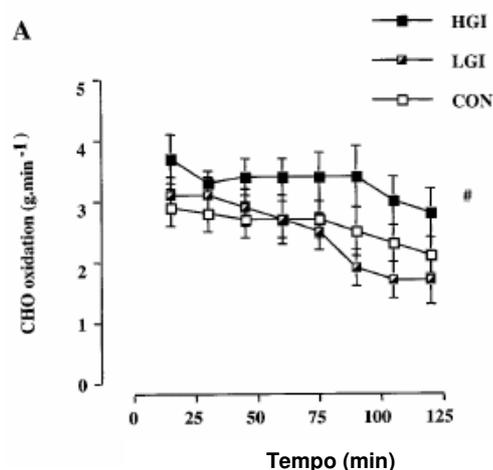
Tabela de Índice Glicêmico (I.G.)		
I.G.	baixo	I.G.
< 60		
Suco de maçã		58
Ervilha seca		56
Frutose		32
Grão de bico		47
Grão de cevada		49
logurte com açúcar		48
logurte com adoçante		27
Leite integral		39
Lentilha		38
Maçã		52
Nozes		21
Pêra		54
Soja		23
60 - 85		
Aveia		78
Arroz branco		81
Laranja		62
Suco de laranja		74
Batata doce		77
Banana		83
Chocolate		84
Ervilha fresca		68
Feijão cozido		69
Grão de centeio		71
Inhame		73
Macarrão		64
Manga		80
> 85		
Batata assada		121
Mel		104
Bolo		87
Biscoitos		90
Pão branco		101
Tapioca		115
Milho		98
Trigo branco		101
Sacarose		87
Farinha integral		99
Fubá		98

Fonte: Adaptação FAO/WHO (1998).

Glicose, sacarose e maltodextrina apresentam efeitos semelhantes no metabolismo e no desempenho durante a prática de exercícios (Hargreaves, 2000).

Por outro lado, a frutose isoladamente não é tão eficazmente oxidada como as outras fontes de carboidratos (Massicote, e colaboradores, 1989), devido à sua baixa velocidade de absorção que pode causar um mal-estar gastrointestinal e conseqüentemente prejudicar o desempenho (Murray, e colaboradores, 1989). A frutose não causa nenhum efeito adverso quando é administrada em pequenas quantidades junto com outros carboidratos como a glicose e a maltodextrina (Hargreaves, 2000).

Figura 3. Padrão de Oxidação de Carboidrato. HGI (Carboidrato de alto índice glicêmico), LGI (Carboidrato de Baixo índice glicêmico) e Con (Placebo). Febbraio e colaboradores, (2000)



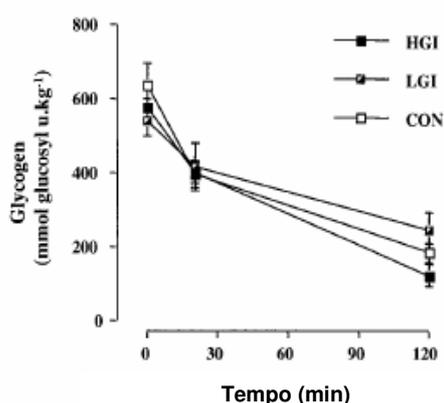
Quanto à galactose, comparativamente com a glicose, sacarose e as maltodextrinas, também sua disponibilidade para a oxidação é mais lenta, quando ingerida durante a atividade física (Leijssen, e colaboradores, 1995). A forma física de ingestão dos carboidratos não exerce uma grande influência, isto porque tanto na forma líquida como na sólida os suplementos alimentares de carboidratos apresentam uma resposta metabólica semelhante (Lugo, e colaboradores, 1993).

Vários estudos observaram a ingestão pré-exercício de refeições com carboidrato de baixo índice glicêmico para reduzir a oxidação de carboidrato quando comparado com a ingestão de carboidrato de alto índice

glicêmico. Claramente, a hipótese da ingestão de carboidrato com baixo índice glicêmico seria vantajosa por reduzir a oxidação de carboidrato durante o exercício (Febbraio e colaboradores, (2000).

Febbraio e colaboradores, (2000) indicaram que a ingestão pré-exercício de carboidrato com diferentes índices glicêmicos tem alterado as respostas glicêmicas e insulinêmicas durante o exercício. A ingestão de carboidrato de alto índice glicêmico resultou em hiperinsulinemia que aumentou a captação de glicose e diminuiu a disponibilidade de ácido graxo livre. Isto resultou em um aumento no padrão de oxidação de carboidrato, e conseqüentemente aumento do uso do glicogênio. Em contraste, a ingestão de carboidrato com baixo índice glicêmico resultou em resposta glicêmica e insulinêmica estável. (Figura 3 e 4).

Figura 4. Glicogênio Muscular antes (0 min), durante (20 min), e depois (120 min) do Exercício Submáximo com a Ingestão de Carboidrato de Alto índice Glicêmico, Baixo índice Glicêmico, e Placebo. HGI (Carboidrato de alto índice glicêmico), LGI (Carboidrato de Baixo índice glicêmico) e Con (Placebo). Febbraio e colaboradores, (2000)



SUPLEMENTAÇÃO COM CARBOIDRATO E PERFORMANCE

O consumo de suplemento de carboidrato antes e durante os exercícios melhora o rendimento em esportes intermitentes e de alta intensidade (Rankin, 2001). Refeições mistas, ingeridas até 4 horas antes da atividade física, não apresentaram nenhum efeito no que diz respeito ao

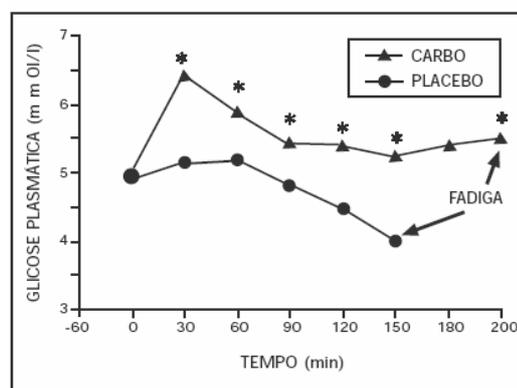
rendimento. Já a utilização de compostos ricos em carboidratos tem apresentado boa resposta em termos de desempenho (Lancha Junior, 2002).

A presença de carboidrato é importante para manter a resistência muscular em condições de balanço energético negativo, ou seja, quando a ingestão energética é menor do que a utilizada (Walberg, e colaboradores, 1988).

É consenso no meio científico que a ingestão de uma alimentação rica em carboidrato por vários dias melhora o desempenho dos atletas em programas de treinamento que exigem a repetição de exercícios de alta intensidade e curta duração. Este efeito pode ser atribuído a um aumento inicial das reservas musculares de glicogênio, caso que não ocorre quando a alimentação é pobre em carboidrato (Rankin, 2001).

Segundo, Jeukendrup e colaboradores, (1999) o primeiro mecanismo que explica a melhora da performance com a ingestão de carboidrato durante o exercício é a manutenção de altos níveis de glicose sanguínea, especialmente ao final do exercício quando as concentrações de glicogênio muscular são reduzidas. O segundo mecanismo poderia ser a redução nos níveis de utilização do glicogênio muscular, que reduziria a depleção dos estoques de glicogênio e atrasaria a fadiga. (Figura 5)

Figura 5. Glicose plasmática, antes e após o exercício até a fadiga a 69% do VO₂ pico, quando ingeriram PLACEBO ou uma solução contendo 8% de carboidrato (CARBO). Os valores representam a média de 8 sujeitos. * Diferente do PLACEBO (P<0,05). Modificado de McConell e colaboradores, (1999).



A ingestão de carboidrato imediatamente após o exercício promove a síntese de glicogênio. Isto pode diminuir o tempo de recuperação do exercício de força, permitindo um aumento do volume de treinamento, que deve aumentar o ganho de massa magra e força Chromiak e colaboradores, (2004).

Chromiak e colaboradores, (2004) observaram que o conteúdo de glicogênio muscular 6 horas após o exercício tinha retornado a 91% do valor inicial quando uma solução de carboidrato foi consumida imediatamente após o exercício e 1 hora depois. Enquanto o grupo placebo só atingiu 75% do valor inicial. Além do conteúdo inicial de glicogênio, considerado fator limitante do desempenho de força, o carboidrato também poderia afetar a produção de força por meio da alteração da glicemia (Aoki, e colaboradores, 2003).

É importante lembrar que o aumento na eficiência da utilização de carboidratos durante a atividade física deve ser compatível com os aumentos na quantidade de substrato estocado, assim como também é importante se considerar a capacidade das refeições ricas em carboidrato no período pré-exercício elevarem a insulinemia, resposta capaz de reduzir a mobilização dos estoques de glicogênio muscular, podendo ocasionar um quadro de hipoglicemia e conseqüentemente, fadiga.

Para se contornar este problema tem-se suplementado os atletas até 6 a 4 horas antes do período de atividade. Este período permite que a glicemia e a insulinemia retornem a seus valores normais, mesmo após refeições de até 150g de carboidrato com alto índice glicêmico.

Esta manipulação, porém, tem sido vista com algum ceticismo, uma vez que alguns autores têm demonstrado que mesmo em intervalos de até 2 horas pré-exercício, a hiperinsulinemia e conseqüentemente hipoglicemia durante o exercício podem ser evitadas se o atleta passar por um período de "aquecimento" suficiente para aumentar a liberação hepática de glicose, capaz de garantir o suprimento para os primeiros momentos de atividade até que, sem mais o estímulo da sobrecarga glicêmica, e sob ação dos mecanismos contraregulatorios característicos do exercício, a insulinemia sofra redução e permita a utilização dos estoques

musculares de glicogênio. Os dados referentes à possível melhora do desempenho promovida por essas dietas são contraditórios, havendo, porém consenso quanto ao tipo de suplementação a ser utilizada (Lancha Junior, 2002).

Muitos estudos demonstram os efeitos benéficos de uma dieta rica em carboidrato, comparativamente com uma dieta pobre, no desempenho de atletas em atividades intervaladas repetidas de alta intensidade. Em uma série de exercícios de alta intensidade (~ 200% do $VO_{2máx}$) e curta duração (6 segundos), Balsom et al observaram que uma dieta rica em carboidrato promovia melhora no desempenho na ordem de 265% na indução da fadiga, quando comparada com uma dieta pobre em carboidrato.

Lambert e colaboradores, (1991) reportaram que a suplementação com carboidrato antes e durante o exercício resistido pode melhorar a performance. Similarmente, Haff, e colaboradores, (2001) reportaram que a suplementação com carboidrato pode aumentar a quantidade de trabalho e conseqüentemente a performance.

O resultado desses dois estudos parecem hipotetizar que a suplementação com carboidrato aumenta a performance em exercícios resistidos. No entanto, é importante notar que esses estudos utilizaram os indivíduos que treinam com altos volumes, um trabalho similar com os programas de culturistas na fase de hipertrofia.

Contrariamente, duas investigações (Conley e colaboradores, 1995; Vincent e colaboradores, 1993) reportaram que a suplementação com carboidrato não teve efeito ergogênico durante exercícios resistidos. A discrepância entre essas investigações não está clara. Várias possibilidades podem explicar essas diferenças. É possível que a duração da atividade influenciou o efeito ergogênico da suplementação com carboidrato, como também o volume de trabalho realizado com uma duração acima de 40 minutos aumenta o estresse no sistema glicolítico. Nos dois estudos que demonstraram um efeito ergogênico da suplementação com carboidrato o tempo do treinamento foi maior que 55 minutos e utilizaram indivíduos que treinam com cargas de alto volume, que pode levar a depleção nos estoques de glicogênio (Yaspelkis e colaboradores, 1993) ou tornar a glicose

sangüínea como fonte de combustível predominante para o exercício (Haff, e colaboradores, 2003).

Uma depleção seletiva de glicogênio nas fibras do tipo II pode contribuir para a diminuição na potência muscular durante o esforço despendido (Rankin, 2001).

Normalmente, o exercício resistido de alto volume, que envolve cargas de moderada a intensa, parece preferencialmente depletar fibras do tipo II, porque as fibras do tipo II geralmente expressam uma alta atividade da enzima glicolítica do que as fibras do tipo I, onde uma depleção no glicogênio muscular não é esperada. A preferencial depleção nas fibras do tipo II durante exercícios de alta intensidade, como exercícios resistidos, pode comprometer a performance (Haff, e colaboradores, 2003).

Se ocorrer uma depleção significativa de glicogênio do retículo sarcoplasmático (mesmo quando o total de glicogênio muscular não diminui substancialmente), este fato pode alterar o fluxo de íons de cálcio e, desta maneira, alterar o processo contrátil.

Segundo os últimos estudos realizados, há hipótese de que uma alimentação rica em carboidrato promova a manutenção do glicogênio muscular em níveis elevados nas fibras de contração rápida ou em compartimentos celulares específicos de cada fibra muscular. Conseqüentemente, uma boa manutenção do nível de glicogênio nessas fibras explicaria a melhora do desempenho em exercícios de alta intensidade (Rankin, 2001).

Existem evidências que a ingestão de uma alimentação com baixo teor de carboidrato promove a acidose metabólica e reduz a capacidade tamponante ácida, como já foi demonstrado em diversos estudos. Embora essa teoria pareça promissora, Ball e colaboradores, (1996) demonstraram que a correção do estado de acidose não normaliza o desempenho. Em seu estudo, observaram que o consumo de bicarbonato de sódio (0,3g/Kg de peso corporal), por atletas que ingeriram alimentação pobre em carboidrato, promove normalização da acidose, mas não ocorre melhora no desempenho a 100% do $VO_{2máx}$ em ciclistas.

De fato, uma redução na concentração de glicogênio muscular tem resultado numa acentuada fraqueza muscular induzida pelo exercício, e redução na produção de força isocinética (Yaspelkis e colaboradores, 1993)

Teoricamente, a implementação de uma suplementação com carboidrato pode prevenir queda na performance e estimular o aumento da ressíntese do glicogênio muscular (Rankin 2001). Isto pode permitir que atletas que realizam exercícios resistidos treinem em maiores intensidades, potencializando as adaptações fisiológicas que estão associadas com exercícios resistidos (Haff e colaboradores, 2003).

Adicionalmente sabe-se que a elevação da glicose sangüínea afeta diretamente a resposta hormonal em exercícios resistidos, que pode aumentar o glicogênio e uma possível síntese protéica que pode conduzir a melhora da performance (Haff e colaboradores, 2003).

CONCLUSÃO

De acordo com os estudos aqui apresentados pode-se concluir que a suplementação com carboidrato pode conduzir a hipertrofia em indivíduos que praticam treinamento de força devido à interação de vários fatores como: Balanço nitrogenado positivo, Rápida ressíntese de glicogênio muscular e Resposta Endócrina.

REFERÊNCIAS

- 1- Aoki, M.S.; Pontes Júnior, F.L.; Navarro, F.; Uchida, M.C.; Bacurau, R.F.P. Suplementação de Carboidrato não Reverte o Efeito Deletério do Exercício de Endurance sobre o Subseqüente Desempenho de Força. Rev. Bras. Med. Esporte. São Paulo. 9: 282-287. 2003.
- 2- Bacurau, R.F. Nutrição e Suplementação Esportiva. 1ªEd. São Paulo. Phorte. 2001.
- 3- Ball, D.; Greenhaff, P.L.; Maughan R.J. The acute reversal of a diet-induced metabolic acidosis does not restore endurance capacity during high intensity exercise in man. Eur. J. Appl. Physiol. 66: 49-54.1996.
- 4- Balsom, P.D.; Gaitanos, G.C.; Soderlund, K.; Ekblom, B. High-Intensity Exercise and Muscle Glycogen availability in humans. Acta Physiol. Scand. 168: 345-357. 1999.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpfe.com.br / www.rbpfe.com.br

- 5- Bennet, W.M.; Connacher, A.A.; Scrimgeour, C.M.; Jung, R.T.; Rennie, M.J. Euglycemic Hyperinsulinemia Augments Amino Acid Uptake by Human Leg Tissues during Hyperaminoacidemia. *Am. J. Physiol.* 259: E185-E194.1990.
- 6- Bicas, H.E.A.; Foschini, R.M.S.; Ramalho, F.S. Células Satélites Musculares. II Congresso dos Centros de Ensino em Oftalmologia do Paraná e Reunião do Capítulo Brasileiro da Associação Pan-Americana de Oftalmologia, 18 a 20 de Nov. de 2004.
- 7- Bompa, T.O.; Cornacchia, L.J. Treinamento de Força Consciente: Estratégias para Ganho de Massa Muscular. 1ªEd. São Paulo. Phorte. 2000.
- 8- Borsheim, E.; Cree M.G.; Tipton, K.D.; Elliott, T.A.; Aarstrand, A.; Wolfe, R.R. Effect of Carbohydrate Intake on Net Muscle Protein Synthesis during Recovery from Resistance Exercise. *J. Appl. Physiol.* 96: 674-678. 2004.
- 9- Chandler, R.M.; Byrne, H.K.; Patterson, J.G.; Ivy, J.L. Dietary Supplements Affect the Anabolic Hormones after Weight-Training Exercise. *J. Appl. Physiol.* 76: 839-845. 1994.
- 10- Chromiak, J.A.; e colaboradores. Effect of a 10-Week Strength Training Program and Recovery Drink on Body Composition, Muscular Strength and Endurance, and Anaerobic Power and Capacity. *J. Nutrition* 20: 420-427. 2004.
- 11- Conley, M.S., e colaboradores. Effects of Carbohydrate Ingestion on Resistance Exercise. *J. Strength Cond. Res.* 9: 20. 1995.
- 12- Conley, M.S.; Stone, M.H. Carbohydrate Ingestion/Supplementation for Resistance Exercise and Training. *Sports Med.* 21: 7. 1996.
13. Costill, D.L.; Sherman, W.M.; Fink, W.J.; Maresh, C.; Wrrten, M.; Miller, J.M. The Role of Dietary Carbohydrates in Muscle Glycogen Resynthesis after Strenuous Running. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 1831-1836. 1981.
14. Crist, D.M.; Peake, G.T.; Egan, P.A.; Waters, D.L. Body Composition Responses to Exogenous GH during Training in Highly Conditioned Adults. *J. Appl. Physiol.* 65: 579-584. 1988.
15. FAO/WHO, 1998. Tabela de Índice Glicêmico. Available from: URL: <http://www.saudeemovimento.com.br>.
16. Febbraio, M.A.; Keenan, J.; Angus, D.J.; Campbell, S.E.; Garnham, A.P. Preexercise Carbohydrate Ingestion, Glucose Kinetics, and Muscle Glycogen Use: Effect of the Glycemic Index. *J. Appl. Physiol.* 89: 1845-1851. 2000.
17. Fiatarone, M.A., e colaboradores, Exercise Training and Nutritional Supplementation for Physical Frailty in Very Elderly People. *N. Engl. J. Med.* 330: 1769. 1994.
18. Fleck, S.J.; Kraemer, W.J. Fundamentos do Treinamento de Força Muscular. 2ª Ed. Porto Alegre. Cecy Ramires Maduro. 1999.
- 19- Goldberg, A.L.; e colaboradores, Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Med. Sci. Sports.* 7:185,1975.
- 20- Guedes, D.P. Treinamento de Força. Centro de Estudos em Fisiologia do Exercício/UNIFESP. 2003.
21. Haff, G.G.; Schroeder, C.A.; Koch, A.J.; Kuphal, K.E.; Comeau, M.J.; Potteiger, J.A. The Effects of Supplemental Carbohydrate Ingestion on Intermittent Isokinetic Leg Exercise. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 41: 216-222. 2001.
22. Haff, G.G.; Lehmkuhl. M.J.; McCoy, L.B.; Stone, M.H. Carbohydrate Supplementation and Resistance Training. *J. Strength Cond. Res.* 17(1): 187-196. 2003.
23. Hakkinen, K.; Komi, P.V.; Tesch, P.A. Effects of combined concentric and eccentric strength training and detraining on forcetime, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scand. J. Sports Sci.* 3:50-58, 1981.
24. Hargreaves, M. Ingestão de Carboidratos durante os Exercícios: Efeitos no Metabolismo e no Desempenho. *Nutrição no Esporte.* Nº 25. 2000.
25. Hirschbruch, M.D.; Carvalho, J.R Nutrição

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpex.com.br

Esportiva: Uma Visão Prática. 1ªEd. São Paulo. Manole. 2002.

26. Jentjens, R.L.P.G.; Moseley, L.; Waring, R.H.; Harding, L.K.; Jeukendrup, A.E. Oxidation of Combined Ingestion of Glucose and Fructose during Exercise. *J. Appl. Physiol.* 96: 1277-1284. 2004.

27. Jeukendrup, A.E.; Wagenmakers, A.J.M.; Stegen, J.H.C.H.; Gijzen, A.P.; Brouns, F.; Saris, W.H.M. Carbohydrate Ingestion can Completely Suppress Endogenous Glucose Production during Exercise. *J. Appl. Physiol.* 1999.

28. Kazarian, V.A.; Shchelkunov, A.V.; Raport, E.A. Effect of Hydrocortisone on Protein Metabolism in Skeletal Muscles. *Zh. Neuropatol. Psikhiatr.* 83: 1654-1659. 1983.

29. Kelly, F.J.; McGrath, J.A. Morphological/Biochemical Study on the Action of Corticoids on Rat Skeletal Muscle. *Muscle Nerve.* 9: 1-10. 1986.

30. Kimber, N.E.; Heigenhauser, G.J.F.; Spriet, L.L.; Dyck, D.J. Skeletal Muscle Fat and Carbohydrate Metabolism during Recovery from Glycogen-depleting Exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* 548 (3): 919-927. 2003.

31. Kraemer, W.J.; Volek, J.S.; Bush, J.A.; Putukian, M.; Sebastianelli, W.J. Hormonal Responses to Consecutive Days of Heavy-Resistance Exercise with or without Nutritional Supplementation. *J. Appl. Physiol.* 85: 1544. 1998.

32. Kuipers, H.; Saris, W.H.M.; Brouns, F.; Keizer, H.A.; Bosch, C. Glycogen Synthesis during Exercise and Rest with Carbohydrate Feeding in Males and Females. *In. J. Sports Med.* 10: 563. 1989.

33- Lambert, C.P.; Flynn, M.G.; Boone, J.B.; Michaud, T.J.; Rodriguez-Zayas, J. Effects of Carbohydrate Feeding on Multiple-Bout Resistance Exercise. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5:192-97.1991.

34- Lancha Junior, A.H. *Nutrição e Metabolismo Aplicados à Atividade Motora.* 1ª Ed. São Paulo. Atheneu. 2002.

35- Leijssen, D.P.C.; Saris, W.H.M.; Jeukendrup, A.E.; Wagenmakers, A.J.M. Oxidation of Exogenous [13 C] Galactose and [13 C] Glucose during Exercise. *J. Appl. Physiol.* 79:720-725. 1995.

36- Lugo, M.W.; Sherman, M.; Wimer, G.S.; Garleb, K. Metabolic Responses when Different Forms of Carbohydrate Energy are Consumed during Cycling. *Int. J. Sport. Nutr.* 3:398-407.1993.

37- Massicote, D.; Peronnet, F.; Brisson, G.; Bakkouch, K.; Hillaire-Marcel, C. Oxidation of a Glucose Polymer during Exercise: Comparison with Glucose and Fructose. *J. Appl. Physiol.* 66:179-183.1989.

38- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho.* 4ª Ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 1998.

39- McConell, G.K.; Fabris, S.; Proietto, J.; Hargreaves, M. Effect of Carbohydrate Ingestion on Glucose Kinetics during Exercise. *J. Appl. Physiol.* 77:1537-1541.1994.

40- Mitchell, J.B.; Costill, D.L.; Houmard, J.A. Influence of Carbohydrate Ingestion on Counter Regulatory Hormones during Prolonged Exercise. *Int. J. Sport Med.* 11:33.1990.

41- Murray, R.; Paul, G.L.; Seifert, J.G.; Eddy, D.E.; Halaby, G.A. The Effects of Glucose, Fructose, and Sucrose Ingestion during Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21:275-282.1989.

42- Pascoe, D.D.; Costill, D.L.; Fink, N.J.; Zachwieja, R.A. Glycogen Resynthesis in Skeletal Muscle Following Resistive Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 3:349.1993.

43- Rankin, J.W. *Efeito da Ingestão de Carboidratos no Desempenho de Atletas em Exercícios de Alta Intensidade.* Gatorade Sports Science Institute. 2001.

44- Roy, B.D.; Tarnopolsky, M.A.; Macdougall, J.D.; Fowles, J.; Yarasheski, K.E. Effect of Glucose Supplement Timing on Protein Metabolism After Resistance Training. *J. Appl. Physiol.* 82:1882-1888.1997.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpfe.com.br / www.rbpfe.com.br

45- Santarém, J.M. Qualidades dos Exercícios Resistidos. Centro de Estudos em Ciências da Atividade Física/FMUSP. 1995.

46- Santarém, J.M. O que são Exercícios Resistidos. Centro de Estudos em Ciências da Atividade Física/FMUSP. 2000.

47- Santos, P.J.M. Fisiologia do Músculo Esquelético/FCDEF-UP. Regente da Cadeira de Fisiologia Geral. 2003.

48- Tesch, P.A. Skeletal Muscle Adaptations Consequent to Long-Term Heavy Resistance Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20:5132-5134.1988.

49- Thyfault, J.P.; Carper, M.J.; Richmond, S. R.; Hurver, M.W.; Potteiger, J. A. Effects of Liquid Carbohydrate Ingestion on Marker of Anabolism Following High-intensity Resistance Exercise. *J. Strength Cond. Res.* 18(1):174-179.2004a.

50- Thyfault, J.P.; Richmond, S.R.; Carper, M.J.; Potteiger, J.A.; Hurver, M.W. Postprandial Metabolism in Resistance-trained versus Sedentary Males. *Am. C. Sports Med.* 709-716.2004.

51- Van Loon, L.J.; Saris, W.H.; Kruijshoop, M.; Wagenmakers, A.J. Maximizing postexercise Muscle Glycogen Synthesis: Carbohydrate Supplementation and the Application of Amino Acid or Protein Hydrolysate Mixtures. *Am. J. Clin. Nutr.* 72:106.2000.

52- Vincent, K.R.; Clarkson, P.M.; Freedson, P.S.; Decheke, M. Effect of Pre-Exercise Liquid, High Carbohydrate Feeding on Resistance Exercise Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:S194.1993.

53- Walberg, J.; Leidy, M.; Sturgill, D.; Hinkler, D. Ritchey, S.; Sebolt, D. Macronutrient Content of a Hypoenergy Diet affects Nitrogen Retention and Muscle Function in Weight Lifters. *Int. J. Sports Med.* 4:261-266.1988

54- Weineck, J., *Treinamento Ideal: Instruções Técnicas sobre o desempenho Fisiológico, incluindo considerações específicas de*

Treinamento Infantil e Juvenil. 1ªEd. São Paulo. Manole. 1999.

55- Yaspelkis, B.B.D.; Patterson, J.G.; Anderla, P.A.; Ding, Z.; Ivy, J.L. Carbohydrate Supplementation Spares Muscle Glycogen during variable-intensity exercise. *J. Appl. Physiol.* 75:1477-1485.1993.

56. Young, A.M.; Stokes, J.M.; Round, R. H. Edwards. The effect of high-resistance training on the strength and cross- sectional area of the human quadriceps. *Eur. J. Clin. Invest.* 13:411– 417, 1983.