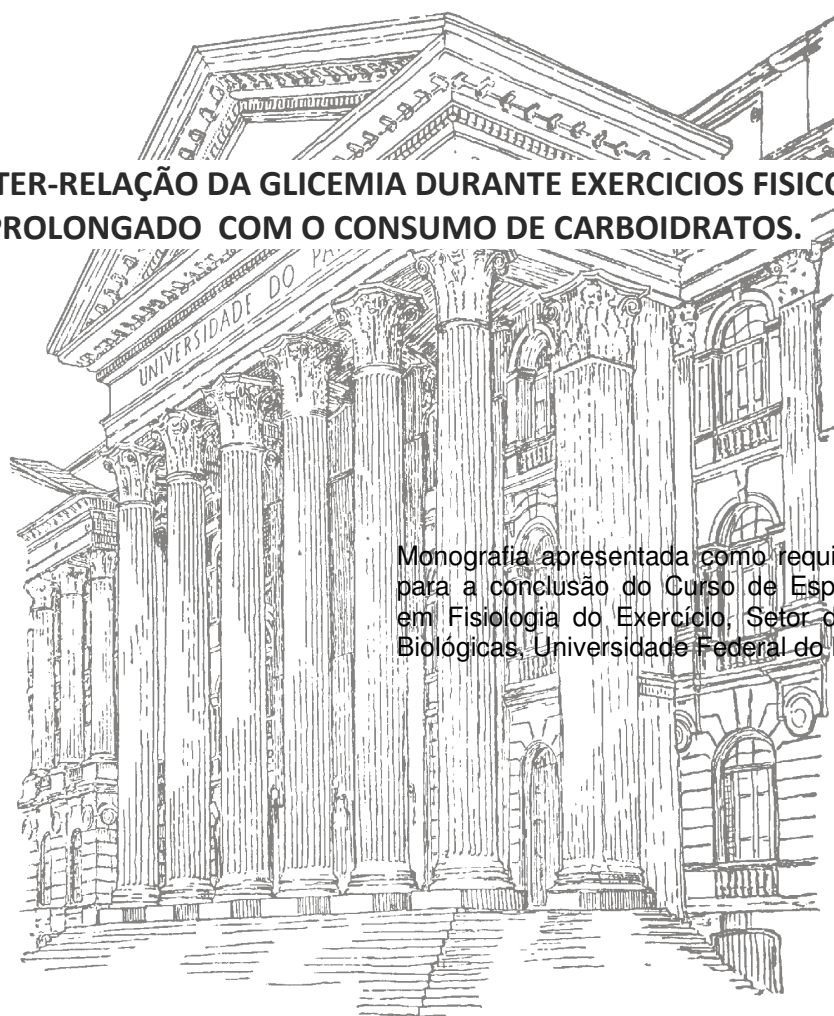


YANA BARCIK GLASER

**A INTER-RELAÇÃO DA GLICEMIA DURANTE EXERCÍCIOS FÍSICOS
PROLONGADO COM O CONSUMO DE CARBOIDRATOS.**



Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA
2013**

YANA BARCIK GLASER

**A INTER-RELAÇÃO DA GLICEMIA DURANTE EXERCÍCIOS FÍSICOS
PROLONGADO COM O CONSUMO DE CARBOIDRATOS.**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. **Orientador:** Professor Tácito Pessoa de Souza Junior, PhD

**CURITIBA
2013**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu concluísse o Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício.

RESUMO

Os carboidratos desempenham várias funções no organismo: fonte de energia, preservam a massa muscular, previnem a fadiga muscular, facilitam o metabolismo das gorduras, garantem o bom funcionamento do sistema nervoso central além de serem facilmente metabolizados. Ingerir o carboidrato certo, em quantidade adequada, no horário apropriado, garante um melhor resultado do exercício. Ao lado da água, os CHOs dividem o posto de nutriente mais importante para manutenção e aumento do desempenho em atividades físicas. Os inúmeros tipos de carboidrato, em geral, são convertidos em glicose no organismo e, daí por diante, esta pode ser armazenada (na forma de glicogênio no músculo e fígado) ou utilizada (como glicose). A forma com que tais estoques influenciarão no exercício esta associada a diversos fatores ligados tanto ao esforço quanto ao próprio indivíduo que o realiza. Ainda que o consumo de carboidratos antes, durante e depois do exercício seja uma estratégia consagrada para o aumento do desempenho, tal consumo só será suficiente se obedecer às diversas recomendações, específicas para o tipo de exercício e duração. A manutenção da glicemia por meio do consumo de CHOs durante o exercício intermitente, além de fornecer substrato para o músculo no período ativo, permite que nos momentos nos quais a demanda energética é menor (período passivo), glicose captada pelo músculo seja desviada para resíntese de glicogênio. Para obter melhores resultados, esse consumo também deve observar algumas orientações quanto à quantidade e à qualidade dos CHOs.

ABSTRACT

The carbohydrates perform many functions in the organism: source of energy, preserve muscular mass, prevent muscular fatigue, help metabolism of fat and insure the good functioning of the central nervous system, besides being easily metabolized. To ingest the right carbohydrate, in adequate quantity and in the right time, guarantees a better result of the exercise. Together with water, the CHO's share the most important place for maintenance and increase of performance in physical activities. The many types of carbohydrates, in general, are converted in glucose in the organism and, thereafter, it can be stored (in the form of glycogen in the muscles and liver) or used (as glucose). The manner in which such stocks will influence in the exercise is associated to many factors connected as much as the effort as the person that performs it. Even that the consumption of carbohydrates before, during and after the exercise is a consecrated strategy for increasing performance, such consumption will only be enough if it obeys the many recommendations, specific for the type and duration of the exercise. The maintenance of glycemia by means of consumption of CHO's during continuous exercise, besides supplying substrate for the muscle in the active period, allows that in the in the moments when the energetic demand is lower (passive period), the glucose captured by the muscle is deviated for re-synthesis of glycogen. To obtain better results, this consumption must observe some orientations regarding quality and quantity of the CHO's.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	8
2.1. Carboidratos.....	8
2.1.1. Tipos de Carboidratos.....	9
2.1.2. Absorção, digestão e esvaziamento gástrico.....	9
2.1.3. Armazenamento.....	11
2.2. Transportadores da glicose.....	12
2.3. Classificação dos carboidratos sob a perspectiva fisiológica.....	13
2.4. Índice Glicêmico.....	14
2.4.1. Variação da glicemia.....	14
2.5. Exercícios de endurance e carboidratos.....	15
2.6. Efeito ergogênico.....	15
2.7. Recomendação ideal para exercícios de endurance.....	16
2.7.1. Consumo de carboidrato pré-exercício.....	16
2.7.2. Aplicações práticas para a ingestão do carboidrato durante o exercício...	18
2.8. Mecanismos energéticos.....	18
3. CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS.....	

1. INTRODUÇÃO

Atualmente os técnicos e os atletas que buscam um bom desempenho, têm muitas dúvidas sobre o que fazer para melhorar o rendimento. Hoje em dia qualquer mínimo detalhe faz a diferença. É uma das questões fundamentais para a melhora desse desempenho é a alimentação. Muitas dúvidas aparecem quando o assunto é alimentação e performance.

A dieta é um dos fatores que afetam o desempenho. Assim como a produção de energia; fontes anaeróbicas (creatina fosfato e glicólise) e as fontes aeróbicas (VO_2 máximo, débito cardíaco, liberação de O_2 , extração de O_2 e mitocôndrias), a função do sistema nervoso central (estimulação e motivação), força e habilidade (prática, dom natural, biotipo e o tipo de fibra muscular) e o meio ambiente (altitude, calor e umidade).

Muitos técnicos de provas de longa duração tratam do metabolismo da gordura como sendo o metabolismo mais importante como gerador de energia no exercício. Mas sendo a gordura fonte ilimitada de energia, devido a quantidade abundante encontrada no corpo e sua capacidade “teórica” de sustentar o exercício por horas seguidas, qual seria então o fator de desgaste energético inibidor da atividade física? Na verdade o que inibe a prática de atividade física por um longo período de tempo é a depleção do glicogênio, pois o próprio metabolismo da gordura necessita do glicogênio para produzir energia.

Sugere-se que a suplementação de carboidrato (CHO) durante o exercício prolongado melhora a performance de endurance por poupar o glicogênio hepático, manter a glicemia sanguínea e aumentar seus índices de oxidação durante o exercício.

Diversos estudos demonstram os índices de oxidação dos diferentes tipos de CHO durante o exercício. A glicose, sacarose, maltose, maltodextrina e amilopectina possuem altos índices de oxidação. Já a frutose e a galactose possuem de 25 a 50% menores índices de oxidação. Esse menor índice de oxidação da frutose e galactose é provavelmente devido aos seus menores índices de oxidação. Esse menor índice de oxidação da frutose e da galactose é provavelmente devido aos seus menores índices de absorção e fato destes CHOs necessitarem ser convertidos em glicose no fígado antes de serem metabolizados.

Sabendo-se que de acordo com inúmeros estudos; o que prejudica a prática de atividade física por um longo período de tempo, é a depleção do glicogênio, e que o glicogênio é o elemento de armazenagem da glicose. Então é importante que haja controle para que essa glicose não se esgote. (BURKE, 2007.)

A oxidação máxima de CHO é por volta de 1 a 1,1g/min, que é a capacidade máxima de absorção do intestino. Dessa maneira, a ingestão de CHO entre 60 e 70g/hora garantiria uma ótima liberação e oxidação do CHO exógeno (JEukendrup & jenttjens, 2000)

Vários autores entre eles Weineck (1999), Wolinski e Hickson Jr (1996) fazem uma relação direta entre a quantidade de glicose circulante e a intensidade do exercício, isto é, quanto maior a quantidade de glicose no sangue maior poderá ser a intensidade a ser desenvolvida no treinamento.

Segundo POWER e HOWLEY (2002), o ponto-chave dos sistemas de controle hormonal é a manutenção da concentração plasmática da glicose em momentos de ingestão inadequada de carboidratos (jejum/inanição) e de remoção acelerada da glicose da circulação (exercício). Em ambos os casos, os estoques de energia do organismo são utilizados para superar o desafio, e as respostas hormonais a essas duas situações diferentes, são muito similares.

A concentração plasmática de glicose é mantida por meio de quatro processos diferentes:

- mobilização da glicose dos estoques hepáticos de glicogênio
- mobilização dos ácidos graxos livres plasmáticos do tecido adiposo para poucar a glicose plasmática
- síntese hepática de glicose (gliconeogênese) a partir dos aminoácidos, ácido láctico e glicerol
- bloqueio da entrada da glicose nas células para forçar a substituição dos ácidos graxos livres como substrato.

Durante a transição do repouso para um exercício moderado e prolongado, quase toda a energia provém do glicogênio armazenado nos músculos ativos. No transcorrer dos 20 minutos seguintes, o glicogênio hepático e muscular proporciona cerca de 40 a 50% da demanda energética, com o restante dessa demanda sendo proporcionado pela desintegração das gorduras, mais alguma utilização da glicose sanguínea. À medida que o exercício prossegue e as reservas de glicogênio são detectadas, o catabolismo das gorduras aumenta sua contribuição percentual para a energia total exigida pela atividade muscular. Além disso, a glicose sanguínea passa a constituir a principal fonte da limitada energia proveniente dos carboidratos. Eventualmente, a produção de glicose pelo fígado não consegue acompanhar sua utilização, e a concentração sanguínea de glicose declina. (MCARDLE 2002)

Cabe a este estudo responder a seguinte pergunta: Qual é a inter-relação da glicemia durante exercícios físicos prolongados com o consumo de carboidratos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. CARBOIDRATOS

Os carboidratos podem ser considerados os nutrientes mais estudados na nutrição esportiva. É importante enumerar algumas funções desses nutrientes que ajudem a explicar esse papel de destaque:

A ingestão de CHOs permite a manutenção da glicemia, evitando episódios de hipoglicemia.

O consumo adequado de CHOs promove a manutenção/recuperação dos estoques de glicogênio.

A proporção adequada de CHOs na dieta permite a otimização da utilização de aminoácidos para síntese de proteínas.

A ingestão adequada de CHOs colabora com a imunocompetência, fato importante para atletas em períodos de cargas de treinamento elevadas.

2.1.1. TIPOS DE CARBOIDRATOS

Por muitas décadas os carboidratos têm sido vistos como auxílio ergogênico. As dietas a base de carboidratos são encontradas naturalmente em uma grande variedade de formas, geralmente conhecidas como carboidratos simples (monossacarídeos) e carboidratos complexos (polissacarídeos). Os monossacarídeos mais conhecidos são: glicose, sacarose e galactose. A palavra sacarídeo significa açúcar; quanto a quantidade de carbonos, os monossacarídeos podem ser trioses (3 carbonos), tetroses (4 carbonos), pentoses (5 carbonos), hexoses (6 carbonos), heptoses (7 carbonos). A glicose, a frutose e a galactose são exemplos de hexoses. Os dissacarídeos, os açúcares duplos, são compostos formados por duas moléculas de monossacarídeos; por exemplo, uma molécula de glicose combinada com uma molécula de frutose forma um dissacarídeo conhecido como sacarose; já a lactose é formada pela combinação de glicose mais galactose, e a maltose é formada pela combinação de glicose mais glicose. Os açúcares de alcoóis, como sorbitol, maltitol, manitol e xilitol, estão presentes em pequenas quantidades como ingredientes de alimentos para fins nutricionais específicos.

Os oligossacarídeos, por definição, são carboidratos que contêm de 3 a 10 moléculas de monossacarídeos. Os vegetais, as sementes e os legumes são as principais fontes dietéticas para esses compostos.

Os carboidratos complexos, também conhecidos como amidos, geralmente são formados por várias combinações de monossacarídeos. Esses compostos são denominados polissacarídeos, que, do ponto de vista estrutural, são formados por mais de 10 moléculas

de monossacarídeos. Os polissacarídeos são classificados, quanto a origem, como vegetais (amido) e animais (glicogênio). A maior parte dos carboidratos existentes no mundo vegetal ocorre na forma de polissacarídeo. A maltodextrina, por exemplo, é um polímero da glicose utilizada popularmente em bebidas esportivas.

Os polissacarídeos de origem vegetal são divididos em amido (amilose e amilopectina) e fibras (solúveis e insolúveis). As fibras solúveis incluem gomas e pectinas, enquanto as insolúveis são celulose, hemicelulose e lignina.

Cada tipo de carboidrato possui uma característica específica que influencia sua disponibilidade e função no organismo.

2.1.2 ABSORÇÃO , DIGESTÃO E Esvaziamento Gástrico

Para que diferentes tipos de CHOs possam ser utilizados, eles precisam ser antes digeridos e absorvidos. É importante destacar que os CHOs só podem ser absorvidos como estruturas pequenas, ou seja, na forma de monossacarídeos. Por tanto, aqueles CHOs que não são consumidos na sua forma mais simples precisam ser digeridos antes da absorção propriamente dita.

A quebra ou digestão dos CHOs ate monossacarídeos ocorre por meio do trabalho de moléculas específicas, chamadas enzimas. Inicialmente, as glândulas salivares produzem enzimas chamadas amilases(capazes de degradar amido), que contribuem para o início da digestão dos CHOs ainda na boca. Vale destacar, porém, que a digestão ocorre, principalmente, por meio da ação de enzimas produzidas no pâncreas e liberadas no intestino delgado. Dentre essas ultimas podemos citar amilases, a sacarase (quebra sacarose) e a maltase (degrada maltose). Finalmente, células presentes nas cristas intestinais produzem enzimas capazes de digerir os dissacarídeos.

Portanto, conclui-se que quanto maior o tamanho da molécula, maior deverá ser o número de processos de quebra (tecnicamente chamada de hidrólise) até que a molécula seja totalmente digerida. A exceção fica por conta da celulose (carboidrato conhecido como fibra vegetal), porque o organismo humano não possui enzimas capazes de hidrolisar sua estrutura. Atenção, o fato de a celulose não servir como substrato energético não significa que esta deva ser retirada da alimentação. Há outras funções para esse CHO não digerível no corpo, embora não relacionadas à prática esportiva.

É importante destacar que a velocidade com a qual os monossacarídeos (glicose, frutose e galactose) são transportados do intestino para a corrente sanguínea difere de acordo com o monossacarídeo. Dentre os três principais monossacarídeos fornecidos pela dieta, a glicose é o mais rapidamente transportado, enquanto a frutose é o que possui o mecanismo mais lento. Isso tem importantes implicações para a prática esportiva e explica porque diversas formulações esportivas (suplementos) apresentam glicose, enquanto evitam

e/ou usam quantidades reduzidas de frutose. No organismo, uma vez digeridos e absorvidos, a maioria dos CHOs é convertida em glicose, podendo ser utilizada, prontamente, como fonte de energia ou armazenada para o uso posterior.

O armazenamento de glicose é comum a todos os seres vivos. Nos animais, por exemplo, a maior reserva está na forma de glicogênio, encontrado no fígado e no tecido muscular. Durante o repouso e o exercício, o glicogênio do fígado (hepático) é destinado à manutenção da glicemia (concentração de glicose no sangue), já o estoque muscular, é destinado à obtenção de energia durante o esforço físico. Com relação aos vegetais, Ester armazenam a glicose na forma de amido.

Na dieta humana, a principal fonte de carboidrato é o amido. Quando nos alimentamos de produtos de origem animal, consumimos uma quantidade mínima de CHOs. As exceções são: a lactose (açúcar do leite) e a pequena quantidade de glicogênio presente nas carnes.

O processo digestivo dos carboidratos, com exceção das fibras, é relativamente rápido. Uma vez ingerido, o carboidrato começa a ser digerido na boca, com a participação de enzimas constituintes da secreção salivar (amilase), e continua no intestino delgado, no qual secreções pancreáticas e enzimas intestinais reduzem os polissacarídeos a dissacarídeos e, finalmente, a monossacarídeos, sobretudo glicose, frutose e resíduos menores, como maltose, isomaltose e dextrinas, que são prontamente absorvidos pela mucosa intestinal. A absorção de monossacarídeos é realizada por diferentes mecanismos que os transportam para o espaço intracelular.

O organismo só pode usar glicose simples, então essas moléculas de glicose precisam ser quebradas em açúcares simples para serem absorvidas. A digestão dos carboidratos, assim como de outros nutrientes, inicia-se na boca com a mastigação.

O CHO ingerido é digerido e absorvido em índices de 1,2 a 1,7 g/min. Este entra no fígado e o Máximo de 1g/min é liberado para a circulação sanguínea. O CHO que entra para a circulação pode ser derivado do CHO ingerido, do fígado (glicogenólise e gliconeogênese) ou de ambos. Conseqüentemente é transportado para o músculo e oxidado em índices de 1g/min,

Acontecem duas etapas, com a saliva (que possui a enzima alfa amilase) e com o suco pancreático (que possui a enzima alfa amilase pancreática). O “bolo alimentar” chega ao intestino delgado onde moléculas maiores são degradadas até virarem glicose e frutose. Então é absorvido para a corrente sanguínea através da mucosa do intestino.

Entrando na corrente sanguínea a glicose vai para o fígado onde é armazenada ou utilizada para promover energia para o funcionamento do corpo.

As fibras são as moléculas com exceção, pois são longas cadeias de carboidratos que não podem ser digeridas, passando intactas pelo tubo digestivo. As fibras desempenham

funções que se assemelham à limpeza e depuração de substâncias nocivas ao organismo.

Também é importante observar que a frutose vai até o fígado para então ser convertida como açúcar simples para fonte de energia. Por isso muitas vezes, se você uma fonte imediata de energia a frutose não é uma boa opção.

O esvaziamento gástrico e a absorção podem depender da concentração e osmolalidade e conseqüentemente do tipo, da quantidade e do volume de CHO ingerido. BROUNS ET AL. Sugerem que o conteúdo de CHO é mais importante para o esvaziamento gástrico que a osmolalidade da bebida ingerida. Contudo, o tipo de CHO e a osmolalidade de uma solução pode influenciar a absorção intestinal do fluido e do CHO. Realmente, grandes quantidades de glicose, na forma de polímeros de glicose, introduzidos no trato gastrointestinal sem mudar a carga osmótica, pode aumentar a disponibilidade da glicose e levar à maior absorção de água.

As bebidas contendo concentrações de carboidratos superiores a 8% podem provocar uma diminuição na velocidade de absorção intestinal e no esvaziamento gástrico, podendo causar uma distensão abdominal, náuseas e outros sintomas de distúrbios digestivos. Soluções hipertônicas podem retardar a oferta de líquidos, pois atravessarão o estomago mais lentamente, reduzindo o fornecimento de líquido ao intestino.

A fonte do carboidrato influenciará a osmolaridade dos líquidos. Podem ser utilizados glicídios (glicose ou sacarose) ou polímeros (maltodextrina). A maltodextrina é um carboidrato de rápida absorção muito empregada como suplemento alimentar com função ergogênica, sendo muito utilizada principalmente em atletas durante o treino.

2.1.3 ARMAZENAMENTO

Os carboidratos armazenados no corpo na forma de longas cadeias de unidades de glicose, denominadas glicogênio, no fígado e no músculo.

A quantidade de glicogênio armazenado no fígado (glicogênio hepático) é de aproximadamente 100gramas, aumentando após as refeições e diminuindo em períodos de jejum, especialmente durante à noite quando o fígado lança glicose na corrente sanguínea para manter um nível sanguíneo normal de glicose. Essa glicose constante no sangue é muito importante pois é a fonte energética primária para o sistema nervoso.

A quantidade de glicogênio que é armazenada em todos os músculos do corpo chega a aproximadamente 300g nas pessoas sedentárias podendo chegar a mais de 500g em indivíduos treinados e com uma dieta rica em carboidratos.

Durante o exercício físico o fígado é estimulado para fornecer glicose à corrente sanguínea enquanto ocorrem outros estímulos metabólicos e hormonais para captar glicose pelos músculos ativos a fim de fornecer combustível para as contrações musculares.

Logo que a reserva de glicogênio hepático acaba e que o exercício passa a ser executado sem ingestão de carboidratos, o fígado pode evidenciar uma depleção de glicogênio, podendo fazer com que a glicose sanguínea caia para níveis hipoglicêmicos.

2.2. TRANSPORTADORES DE GLICOSE

Duas isoformas da família de proteínas transportadoras de glicose, GLUT -4 e GLUT-1, são expressas no músculo esquelético. O GLUT-1 está presente em pequena quantidade no músculo esquelético e especula-se ter papel secundário na regulação basal de glicose nesse tecido. Particularmente, o GLUT-4 é responsável pelo transporte de glicose no músculo esquelético. No estado de repouso, o GLUT-4 está localizado intracelularmente e é translocado quando o receptor de insulina é acionado, como quando há ingestão de certo tipo de alimentos. A ação muscular estimula diretamente o transporte de glicose, independentemente da ação da insulina, por induzir o GLUT-4 a se translocar para a membrana celular. Essas observações contribuíram significativamente para o grande aumento de pesquisas realizadas na área esportiva, principalmente pela grande contribuição do metabolismo dos carboidratos no exercício de curta duração e alta intensidade.

As mais novas proteínas descritas são o GLUT -8, expresso nos blastócitos, o GLUT -9, presente nos fígados e nos rins, o GLUT-10, no fígado e pâncreas, o GLUT -11, no coração e músculo esquelético, e recentemente o GLUT -12, expresso em células neoplásicas prostáticas e mamárias.

A atividade física promove modificações nas proteínas transportadoras de glicose, especificamente de GLUT-4, o qual tem sido estudado extensivamente. Muitos estudos têm demonstrado que o exercício pode aumentar a concentração muscular de GLUT-4.

Como os carboidratos suprem cerca de 50% das fontes energéticas durante um exercício submáximo (menos de 70% do VO₂max) e a maior parte da energia em intensidade acima desse valor, a fadiga ocorrida nesse tipo de exercício se relaciona intimamente à disponibilidade de carboidratos. Durante o exercício prolongado, a fadiga está associada à depleção do glicogênio muscular e, em razão disso, recomenda-se que os atletas consumam dietas que forneçam entre 9 a 10 g de carboidratos/kg/peso corporal.

2.3. CLASSIFICAÇÃO DOS CARBOIDRATOS SOB A PERSPECTIVA FISIOLÓGICA

Inicialmente, acreditava-se que o “comportamento fisiológico” dos CHOs, isto é, a função desses nutrientes poderia ser explicada por sua classificação química. Assim, por exemplo, a velocidade de digestão/absorção de um dado CHO dependeria do tamanho da sua molécula. Nesse cenário, os monossacarídeos, os dissacarídeos e os oligossacarídeos precisariam sofrer número menor de hidrólise comparadas ao amido, sendo, portanto, mais rapidamente absorvidos. De modo similar, o aumento da glicemia e o subsequente incremento da insulinemia (concentração de insulina no plasma), induzidos por esses CHOs mais simples, também seriam maiores e ocorreriam mais rápido em comparação ao observado para os CHOs formados por mais moléculas.

De acordo com a nomenclatura desse período, os CHOs menores eram denominados simples: em contrapartida, os polissacarídeos eram conhecidos por complexos. Porém, as evidências científicas foram demonstrando que os efeitos dos CHOs no organismo não seguiam essa dualidade simples/complexo. De fato, os açúcares simples podem atuar no organismo da mesma forma que os CHOs complexos (por exemplo, a frutose que não promove aumento da glicemia). Finalmente, CHOs complexos podem ser processados como os CHOs outrora considerados simples (por exemplo, o purê de batata, cujo efeito sobre a glicemia é tão rápido quanto a glicose pura).

Os efeitos fisiológicos dos diferentes tipos de carboidratos levaram a uma nova forma de classificação, o índice glicêmico (IG). Por convenção, para se determinar o IG, 50g de CHOs de um determinado alimento são consumidos e a glicemia é acompanhada por 2 horas. O aumento na glicemia induzido pelo alimento testado é comparado à elevação da glicemia produzida pela ingestão de glicose pura. Por fim, atribui-se um valor numérico ao alimento investigado que pode ser inferior ou superior ao do padrão. Por exemplo, o valor da glicose foi padronizado como sendo 100. Isso significa que o consumo de 50g de cenoura (índice glicêmico =92) é capaz de, após duas horas, promover 92% da resposta da glicose no mesmo período. Agora, observe que para obtermos 50 g de CHOs na cenoura é preciso consumir uma quantidade razoável desse alimento (mais de meio quilo), uma vez que o mesmo não é constituído 100% de CHOs.

Apesar do conceito de IG ser muito atraente, infelizmente, na sua aplicabilidade fica aquém do desejável. A principal dificuldade é o cálculo desse índice para uma refeição ou dieta (em contraposição ao cálculo simples de um alimento isolado). Por exemplo, em uma única refeição, é comum encontrar diversos alimentos com diferentes IG e, até o presente, não há consenso sobre o melhor método para solucionar esse problema.

Para complicar, fatores como o grau de maturação do alimento podem interferir no seu índice glicêmico. É por isso que uma banana verde tem um índice glicêmico menor que uma madura. A preparação também pode alterar o IG do alimento. A batata, por exemplo,

quanto mais cozida, maior seu IG glicêmico, dada a hidrólise parcial induzida pela cocção sobre os grânulos de amido. Em contrapartida, a batata frita apresenta baixo IG, pois o alto teor de gordura contido nesta preparação atrasa o esvaziamento gástrico.

Originalmente, os estudos sobre IG foram realizados com o intuito de modificar as recomendações dietéticas para indivíduos diabéticos. Contudo, dada a dificuldade de fazer uso do conceito, essa linha de estudo foi sendo descartada.

2.4. ÍNDICE GLICÊMICO

O índice glicêmico, ou glicemia, (IG) é um fator que diferencia os carboidratos, e está relacionado com o nível de açúcar no sangue.

Os carboidratos entram na corrente sanguínea com diferentes velocidades. Com base nesse fato, é possível classificá-los: quanto mais rápido o seu ingresso, maior será a libertação de insulina pelo pâncreas, pois o corpo tenta equilibrar os níveis de açúcar.

A escala, indicada em porcentagens, baseia-se na ingestão do pão branco como comida padrão, assumindo-se IG igual a 100. Há também quem tome a glicose como valor de referência (100) por ser a substância com IG mais elevado.

Alimentos que afetam pouco a resposta de insulina no sangue são considerados de baixo valor glicêmico, e os que afetam muito, de alto valor glicêmico.

A insulina é um hormônio que tem o poder de transportar o açúcar para dentro das células dos músculos, onde, no fígado, se deposita na forma de glicogênio; estes depósitos, entretanto, têm uma capacidade limitada, o que faz com que todo o excesso de glicose no sangue seja convertido em ácidos gordurosos e triglicerídeos, que serão armazenados sob a forma de gordura. Caso o indivíduo continue ingerindo alimentos de alto IG, o seu organismo começa a adquirir resistência à insulina, uma vez que o seu corpo começa a produzir uma quantidade maior de insulina.

2.4.1. VARIAÇÃO DA GLICEMIA

A glicose é o carboidrato corrente no metabolismo celular e pode ser armazenada na forma de polímero de cadeia ramificada denominado de glicogênio (nos músculos e fígado). Os valores sanguíneos de glicose são regulados por um sistema hormonal complexo, incluindo a insulina, o glucagon, as catecolaminas, os glicocorticóides, a somatotropina os eicosanóides.

2.5. EXERCÍCIOS DE ENDURANCE E CARBOIDRATOS

Tradicionalmente, a suplementação com carboidratos é associada a atividades aeróbicas. Sobre esse contexto, a utilização de carboidratos tem mostrado ser um eficiente auxílio ergogênico em aumentar a capacidade do organismo em realizar trabalho mecânico, sendo altamente eficiente e indispensável para o exercício aeróbico de longa duração. A elevação da glicose sanguínea associada à ingestão de carboidratos tem sido sugerida para o aumento da performance aeróbica por reduzir a utilização do glicogênio muscular ou utilizar a glicose sanguínea como fonte de combustível predominante quando o glicogênio começa a ser depletado. Os atletas de resistência aeróbica são orientados a consumir pelo menos 60% de carboidratos em relação ao total de calorias ingeridas diariamente. As pesquisas sugerem que alguns dias antes de uma competição, a ingestão aumente para 70% do total das calorias ingeridas para que haja supercompensação dos estoques musculares de glicogênio e, por meio disso, aumento no desempenho físico.

Os depósitos musculares de glicogênio são utilizados preferencialmente durante o exercício, e os estoques de glicogênio podem declinar com dias consecutivos de treinamento. Conseqüentemente, os estoques musculares de glicogênio são essenciais não somente para otimizar o desempenho físico durante a competição, mas também para manter a qualidade do treinamento. Quando a suplementação de carboidrato é providenciada imediatamente após o exercício, a concentração de glicogênio estocada situa-se entre 5 e 7 mmol/g de peso úmido/h. Os carboidratos consumidos podem propiciar aumento no desempenho físico por dois motivos: aumenta os depósitos de glicogênio no músculo e fígado e previne a queda na glicemia quando são consumidos durante o exercício.

2.6. EFEITO ERGOGÊNICO

A atividade intermitente apresenta grande variação na intensidade do esforço. Portanto, o atleta mobiliza e utiliza diversos substratos energéticos, destacando-se os CHOs. Devida à extrema importância desses nutrientes como substratos energéticos para atividades intermitentes, ao final de uma sessão de treinamento ou evento competitivo, observa-se uma dramática redução dos estoques de glicogênio (em algumas situações já na metade da sessão de treino/competição).

Uma das maneiras de maximizar a reposição e a manutenção dos estoques de glicogênio é o consumo elevado de CHOs na dieta. É possível encontrar na literatura desses estudos propõe que essa ingestão atinja de 60-70 % do consumo calórico diário (essa variação depende do tipo de regime de treinamento). Entretanto, a utilização dessa recomendação para atletas que consomem mais de 4000-5000 kcal por dia, resulta em

consumo absoluto de CHOs extremamente elevado; nesses casos é adequado recomendar a ingestão relativa à massa corporal.

Os estudos que recomendam que atletas de atividades intermitentes consumam CHOs com base na massa corporal apresentam alguma variação quanto à quantidade final.

Um aspecto polêmico sobre a recomendação de CHOs, evidenciado em estudos realizados com indivíduos fisicamente ativos, é que a dieta rica em CHOs não proporciona aumento do desempenho em comparação com outras dietas com conteúdo moderados de CHOs.

Apesar da vasta literatura científica, confirmando a importância de CHO na dieta de atletas, inadvertidamente, estes indivíduos estão consumindo mais gordura que o recomendado, conseqüentemente reduzindo a ingestão de CHO. Em um estudo realizado durante os Jogos Olímpicos de Atlanta, foi observado que CHOs, lipídios e proteínas representavam, respectivamente, entre 33-57 %, 29-49% e 12-26% do total de energia. Observe que nesse estudo o consumo lipídios pelos atletas perfaz até 49% das calorias totais ingeridas no dia!

Estes dados ressaltam a importância da orientação nutricional para atletas. Além da falta de informação, a maior palatabilidade dos alimentos gordurosos também contribui para o aumento de sua participação em termos energéticos na dieta de atletas.

Considerando a variação na recomendação entre os estudos e no consumo de atletas de diferentes modalidades, entidades publicaram posicionamento sobre a ingestão adequada de CHOs, ao menos de acordo com evidências científicas. As recomendações a seguir são para o consumo total diário, não fracionado por refeições e/ou quanto ao momento do treino/competição. Esse segundo aspecto será detalhado mais adiante.

2.7. RECOMENDAÇÃO IDEAL PARA EXERCÍCIOS DE ENDURANCE

A manutenção da glicemia por meio do consumo de CHOs durante o exercício intermitente, além de fornecer substrato para o músculo no período ativo, permite que nos momentos nos quais a demanda energética é menor (período passivo), glicose captada pelo músculo seja desviada para resíntese de glicogênio. Para obter melhores resultados, esse consumo também deve observar algumas orientações quanto à quantidade e à qualidade dos CHOs.

2.7.1. CONSUMO DE CARBOIDRATOS PRÉ EXERCÍCIO

O consumo de carboidratos, no período pré-exercício ou competição, deve ser feito de 3 a 4 h antes do evento em quantidades acima de 300g, de acordo com o peso corporal. Entretanto, se a ingestão ocorrer 10 min ou 1 h antes da atividade, o consumo deverá ser de 5g/kg/peso corporal ou 1g/kg/peso corporal, respectivamente. Os carboidratos consumidos

pré-exercício devem ser complexos, pobres em fibras e sem gorduras, em vez de açúcar simples (glicose, por exemplo), para evitar a resposta da insulina que pode resultar em hipoglicemia durante o exercício. Sherman ET AL. observaram que a ingestão de 312g de carboidratos 4h antes do exercício resulta em aumento de 15% no desempenho físico; entretanto, não foram observadas diferenças no desempenho quando a administração foi de apenas 45 ou 156g de carboidratos. A ingestão de glicose, 30 a 60 min antes do exercício, promove rápida diminuição na glicose sanguínea no início do exercício e, conseqüentemente, aumento na utilização do glicogênio muscular, com redução na duração do exercício.

A literatura sugere que alimentos com baixo IG podem aumentar a oxidação de gorduras e poupar o glicogênio, minimizando a hipoglicemia que ocorre no começo do exercício, quando são consumidos carboidratos contendo alto IG.

As recomendações por quilo de massa corporal discutidas acima referem-se à quantidade total de CHO a ser consumida durante o dia. Mas, como deve ser o consumo de CHO nos treinos/ competições propriamente ditos?

É recomendada uma refeição rica em CHOs (4g.kg⁻¹ -200-300g) 3-4 horas antes do evento. Essa refeição também deve ter uma baixa quantidade de fibras, proteínas e gorduras a fim de facilitar a digestão e evitar desconforto gastrointestinal.

Caso o intervalo entre essa refeição e o evento for maior que 4 horas, aconselha-se um consumo de CHO (0,5-1g⁻¹ -35-70g) no período de 30-60 minutos que antecedem a partida. Ou seja, a primeira refeição contendo 200-300 g de CHO deveria ser realizada 3-4 horas antes do evento, e a segunda refeição poderia ser feita 30-60 minutos antes, na qual o consumo é de aproximadamente 35-70g.

Outra estratégia de ingestão de CHO antes do exercício intermitente preconiza que o consumo seja relativo ao peso do indivíduo.

A principal preocupação quanto ao consumo de CHOs no intervalo muito próximo ao início do exercício é que isso possa promover a secreção de insulina. Normalmente, esse hormônio é liberado pelo aumento da glicemia, a fim de aumentar a captação de glicose pelo músculo esquelético. Uma vez que, durante o exercício, tal tecido capta glicose de modo independente do estímulo da insulina, o somatório do efeito do hormônio com o estímulo da contração muscular resultaria na otimização do processo de transporte de glicose para o músculo, o que poderia levar a hipoglicemia. Ademais, a insulina inibe os processos catabólicos como a “quebra” (lipólise) de lipídios.

Vale destacar que esse papel “negativo” da insulina associado ao consumo de CHOs imediatamente antes do exercício não é aceito por unanimidade científica. Até porque ainda não foi determinado o intervalo precedente ao exercício, no qual não seria seguro consumir CHO. O intervalo de tempo (30-60 minutos) já mencionado é tido como seguro e,

portanto, isento de complicações (potencial mal-estar, hipoglicemia reativa, desconforto gástrico). Por via das dúvidas, o cuidado adicional para o consumo de CHOs nesse intervalo é priorizar a sua ingestão de baixo e médio IG, estratégia que minimizaria a possibilidade de liberação excessiva de insulina.

2.7.2. APLICACOES PRATICAS PARA A INGESTAO DO CARBOIDRATO DURANTE O EXERCICIO

Carboidratos durante o exercício físico, embora a ingestão de carboidratos seja capaz de retardar a fadiga, ela não pode evitá-la; porém; tem-se mostrado um ótimo auxílio ergogênico durante e exercício prolongado, que é limitado pela disponibilidade de glicogênio muscular e hepático.

-pequenas quantidades de frutose ou sacarose podem ser adicionadas às soluções de glicose ou maltodextrina.

-CHOs rapidamente oxidado: glicose, maltose, sacarose, maltodextrina e amilopectina

-atletas devem consumir entre 1,0 a 1,1g/min de CHO (60 a 70g/hora)

2.8. MECANISMOS ENERGÉTICOS

A energia do alimento não vem pronta para a utilização, os carboidratos que são quebrados em moléculas de glicose, serão armazenados no músculo e fígado em forma de glicogênio. A gordura é degradada em ácido graxo e glicerol e armazenadas em forma de triglicerídeos, e os depósitos de proteínas encontram-se sob forma de aminoácidos.

A forma imediata de energia utilizada pelas células musculares é um composto de fosfato chamado de adenosina trifosfato (ATP), porém os músculos não armazenam quantidades limitadas dessa fonte energética. Como o exercício muscular requer um suprimento constante de energia (ATP) para a contração, existem outras vias metabólicas celulares que podem produzir ATP:

1) Sistema ATP-CP: Utiliza o estoque intramuscular de Creatina fosfato, que pode fornecer energia muito rapidamente, porém é muito regulado e os estoques podem acabar depois de alguns segundos (dura em torno de 6 à 10 segundos) de exercício de alta intensidade. Exemplos: corridas de 100metros, provas de natação de 25metros, levantamento de peso, sprints no futebol.

2) Sistema Glicolítico: Utiliza o glicogênio hepático e muscular, que pode fornecer quantidade relativamente grande de energia ao músculos. Essa reação não necessita de oxigênio, e ocorre em exercícios de alta intensidade e média duração (entre 20 à 90 segundos), o tempo de exercício serra limitado pela oferta de glicogênio disponível. Exemplos: lutas, musculação corridas 800metros, hóquei no gelo.

3) Sistema Oxidativo (aeróbio):Utiliza oxigênio, carboidratos, gorduras e proteínas e é

ativado durante períodos mais longos do exercício. Se o indivíduo mantém a intensidade do exercício moderada ou baixa e sustenta a atividade em um mínimo de 5 minutos, pode ser considerada aeróbia. Exemplos: corridas longas, caminhada, ciclismo, natação e triathlon.

No sistema aeróbio a gordura contribuirá para o fornecimento de energia, esse processo é chamado de lipólise (quebra de lipídios). Apesar da liberação de energia através do carboidrato ser até três vezes mais rápida do que a liberação de energia através dos lipídios, os depósitos de carboidratos são capazes de fornecer apenas 1200 a 200 cal de energia, enquanto a gordura armazenada nas fibras musculares podem fornecer cerca de 70.000 a 75.000 cal. Portanto quando ocorre a utilização de ácidos graxos, o tempo do exercício é prolongado.

Quanto mais treinado o indivíduo é, mais ele aumenta a capacidade do músculo em utilizar a gordura como substrato energético, preservando o glicogênio muscular. A ingestão de gorduras não estimula o músculo a utilizar os ácidos graxos livres. Os fatores que estimulam a lipólise são: exercício, presença de oxigênio e um alto nível de catabolismo dos carboidratos.

Quatro fatores importantes determinam a velocidade e o grau que são esvaziadas as reservas de carboidratos

- 1- Intensidade do exercício.
- 2 -Duração do exercício.
- 3 -Estado de treinamento.
- 4 –Ingestão de carboidratos.

Uma dieta deficiente de carboidratos depleta rapidamente o glicogênio muscular e hepático e afeta profundamente tanto a capacidade anaeróbia de alta intensidade quanto a capacidade de realizar exercícios aeróbicos de longa duração

3. CONCLUSÕES

Os carboidratos desempenham várias funções no organismo: fonte de energia, preservam a massa muscular, previnem a fadiga muscular, facilitam o metabolismo das gorduras, garantem o bom funcionamento do sistema nervoso central além de serem facilmente metabolizados.

Ingerir o carboidrato certo, em quantidade adequada, no horário apropriado, garante um melhor resultado do exercício.

Ao lado da água, os CHOs dividem o posto de nutriente mais importante para manutenção e aumento do desempenho em atividades físicas. Os inúmeros tipos de carboidrato, em geral, são convertidos em glicose no organismo e, daí por diante, esta pode ser armazenada (na forma de glicogênio no músculo e fígado) ou utilizada (como glicose). A forma com que tais estoques influenciarão no exercício esta associada a diversos fatores ligados tanto ao esforço quanto ao próprio indivíduo que o realiza. Ainda que o consumo de carboidratos antes, durante e depois do exercício seja uma estratégia consagrada para o aumento do desempenho, tal consumo só será suficiente se obedecer às diversas recomendações, específicas para o tipo de exercício e duração.

A manutenção da glicemia por meio do consumo de CHOs durante o exercício intermitente, além de fornecer substrato para o músculo no período ativo, permite que nos momentos nos quais a demanda energética é menor (período passivo), glicose captada pelo músculo seja desviada para resíntese de glicogênio. Para obter melhores resultados, esse consumo também deve observar algumas orientações quanto à quantidade e à qualidade dos CHOs.

REFERÊNCIAS

- Applegate E. Effective nutritional ergogenic AIDS. *Int J Sport Nutr* 1999;9:229-39
- IOM. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids In: Washington, DC: National Academy Press; 2002
- Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College Of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:709-31
- Bucci LR. Nutrients as Ergogenic Aids in Exercise and Sport. Boca Raton CRC Press;1993
- Jeukendrup A. Gleeson M Sport nutrition. In: Jeukendrup a, Gleeson M, eds. Micronutrients: Vitamins and minerals. Champaign: Human Kinetics ;2004.
- Costill DL. Carbohydrates for exercise; dietary demands for optimal performance. *Int J sports Med* 1988;9:1-18
- Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American college of Sports Medicine; Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc* 2000;100:1543-56
- Jeukendrup AE. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition* 2004;20:669-77
- Costill DL, Hargreaves M Carbohydrates nutrition and Fatigue. *Sports Med* 1992;13:86-92
- Williams MH. The ergogênicos Edge. Pushing the limits of sports performance. Champaign: Human Kinetics; 1998 200g CHO/hora
- Bucci LR Dietary Supplements as Ergogenic aids. In: Wolinsky I, ed. *Nutrition in Exercise and Sports: third Edition* CRC Press; 1998
- Hargreaves M Carbohydrates and exercise performance. *Nutrition reviews* 1996; 54:S 136-9
- Hargreaves M. Briggs Ca Effect of carbohydrate ingestion on exercise metabolism *J Appl Physiol* 1988;65: 1553-5
- Maughan R. Sports nutrition: an overview. *Hosp Med* 2002;63:136-9
- Maughan RJ. Sports nutrition: what is it? *Nutrition* 2001;17:270
- Maughan RJ, King DS, Lea T, Dietary supplements. *Journal of sports sciences* 2004;22:95-113
- Valeriani A. the need for carbohydrate intake during endurance exercise. *Sports Med. Auckland, Nz* 1991;12:349-58
- DROZDOWSKI. L.A.; THOMSON, A.B. Intestinal sugar transport. *World J Gastroeneterology*, v.12, n.11,p.1657-1670,2006
- JENKINS, D.J. et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr*, v. 34,n.3,p362-366,1931.

JENKINS, D.J. et al. Glycemic index : overview of implications in health and disease. Am J Clin Nutr, v.76,n.1,p.266S-273s,2002.

LUDWING, D.S. Dietary glycemic index and obesity. J nutr, v130, n.2S, p.280S - 283S0,2000.

MAUGHAN, R.J. BURKE, L.M. Sports nutrition. Massachusetts: Blackwell Publishing, 2002.

ROY, B.D. ET AL. effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. J Appl Physiol, v.82, n.6, p.1882-1888.1997.

VANDEERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates. Nutrition, n.14,p.7-8,1998.

SHEPARD, R.J. Biology and medicine of soccer: an update. J sports sci, n.17.p.757-786-1999.

BURKE, E.R; BERNING, J.R. Training Nutrition. Carmel: Cooper Pub Group,1996

RICO SANZ. J.et al. int J Sports Nutr,v.8, n.3,p.230-240,1998.

CLARK, K. Nutritional guidance to soccer players for training and competition. J Sports Sci, n.12,p.s43 –s43-s50,1994.

GRANDJEAN, A.C. Diets of elite athletes: has the discipline of sports nutrition made an impact? J Nutr, v127,n.5,p874S-877S,1997.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION et al. Nutrition and athletic performance. Med Sci Sports Exerc v41,n3,p.709-730,2009.

SALTIN, B; COSTILL, D.L. Fluid and electrolyte balance during prolonged exercise. In: HORTON E.S; TERIUNG, R.L. exercise nutrition and metabolism. Nova York: Macmillan,1988 p150-158

COYLE, E. Effects of diet on intermittent high intensity exercise. In: MACLEOD. D. ed al.. Intermittent high intensity exercise. Londres: E FN Spon p101-116,1993.

ADAMO. K.B; TARNOPLOSKY, M.A; GRAHAM T.E. Dietary carbohydrate and post exercise synthesis of proglycogen and macroglycon in human skeletal muscle. Am J Physiol, n.275,pE 229-234,1998.

WILLIAMS. Football. Oxford: Blackwell Scientific,1994

COSTILL, DL. Et al. Impaired muscle glycogen resynthesis after eccentric exercise. J Appl Physiol, v69n.1 p 46-50,1990.

KEIZER. H.A exercise and training induced menstrual cycle irregularities. Int J Sports Med, n.8,p.99-104,1986.

MAUGHAN. R.J; LEIPER. J.B. Fluid replacement requirements in soccer. J Sports Sci, n.12,p S29-S34,1994.

WIDRICK, J.J. et al. Time course of glycogen accumulation after eccentric exercise. J Appl Physiol, n. 72. p1999-2005,1992.