



## CARBOIDRATOS: A FONTE DE ENERGIA PARA O FUTEBOL



Publicado: Junho 2014/Autor: **Ian Rollo**/Tópicos: Esporte Específico, Treino e Performance, Recuperação, Carboidratos  
Ian Rollo | Cientista Sênior | Instituto Gatorade de Ciências do Esporte | Leicester | Reino Unido

- Atividades com sprints repetitivos, característicos do futebol, resultam em uma redução concreta nas concentrações de glicogênio muscular, o que foi associado com a performance prejudicada nos momentos finais de uma partida.
- A ingestão diária de carboidratos deve ser proporcional ao gasto de energia estimado do treino ou partida.
- A ingestão de 2,5 g de carboidratos/kg MC na “refeição anterior ao jogo” 3 horas antes do exercício irá completar os estoques de glicogênio no músculo e no fígado.
- A ingestão de 60g de carboidratos/h, antes e durante o exercício (incluindo os intervalos do meio tempo) irão preservar o glicogênio endógeno e aumentar as concentrações de glicose. Como resultado, os jogadores serão capazes de manter a corrida de alta intensidade ao longo do jogo, identificada como um atributo essencial de performance de um jogador de futebol e equipes de alto nível.
- O dano muscular como consequência das alterações frequentes na direção, desacelerações das corridas e confronto entre os jogadores durante a partida podem prejudicar a síntese de glicogênio após o exercício.
- Há uma série de evidências de que a ingestão de carboidratos também tem um impacto benéfico na performance de habilidades, no entanto, mais estudos são necessários para determinar os exatos mecanismos envolvidos.

### LEITURA RECOMENDADA

**Junho de 2018 SSE #181:** O Conceito “Potência Crítica” e a Performance nos Exercícios de Alta Intensidade

**Agosto de 2018 SSE #183:** Gerenciamento de Peso Agudo em Esportes de Combate: Perda de Peso Prévia a Pesagem, Recuperação Pós Pesagem e Estratégias Nutricionais para Competições

**Agosto de 2018 SSE #184:** A Dependência da Ingestão de Carboidratos para o Sucesso da Performance de Resistência e de Alta Intensidade

### INTRODUÇÃO

A performance no futebol é caracterizada por atividades repentinas muito intensas intercaladas com períodos de recuperação com exercícios de intensidades relativamente baixas (Bangsbo, 2014). O carboidrato e a gordura são as fontes de energia que fornecem ao jogador a energia necessária para treinos e jogos. A contribuição relativa destas fontes de energia durante o exercício irá depender de diversos fatores, incluindo os estoques de carboidratos pré-exercício, a intensidade e duração do exercício, o tipo e nível do treino do jogador (Jeukendrup, 2003). Todavia, atividades de alta intensidade no futebol, como sprints, saltos etc., são auxiliados pela provisão anaeróbica de energia. Em um tiro de corrida de 6s, o glicogênio contribui aproximadamente com 50% do turnover de ATP (liberação/oxidação) na musculatura (Cheetham et al., 1986). Logo, a atividade de sprints repetitivos resulta em uma redução concreta nas concentrações de glicogênio muscular. Baixas concentrações de glicogênio muscular foram associadas com a performance prejudicada, como medido pela distância percorrida em alta intensidade nos momentos finais da partida (Bendixsen et al., 2012). A análise do futebol de alto nível revelou que a habilidade de manter a corrida de alta intensidade e nível de proficiência em habilidades, especialmente nos estágios finais da partida, são atributos essenciais de jogadores de alto nível e times de sucesso (Mohr et al., 2003). Desta forma, a preservação das concentrações de glicogênio muscular e da glicose sanguínea pode ser importante como auxílio às demandas físicas do futebol e também outros fatores que contribuem com a performance no futebol como a agilidade, sincronia, habilidades e tomadas de decisão. Apesar dos exatos mecanismos ainda precisarem ser determinados, a ingestão de carboidratos antes e durante a corrida intermitente pode retardar a fadiga e melhorar a performance. Com este propósito, a presente revisão irá discutir os estudos que investigaram a ingestão de carboidratos na preparação para a participação e na recuperação de exercícios específicos do futebol.

### GLICOGÊNIO

A importância do glicogênio muscular para a performance no futebol foi primeiro identificada no começo da década de 70 (Saltin, 1973). Neste estudo de referência, o quadríceps femoral de jogadores recreacionais foi analisado em biópsias no início, meio tempo e final de um jogo de futebol. Após a análise do conteúdo de glicogênio muscular, os autores relataram que as concentrações estavam significativamente menores ao final do jogo (pré: 96 mmol/kg de peso úmido; meio tempo: 32 mmol/kg de peso úmido; final: 9 mmol/kg de peso úmido). Aqueles jogadores que começaram o jogo com baixo glicogênio muscular (45 mmol/kg de peso úmido) tiveram seus estoques quase que depletados no meio tempo. Também se observou que os jogadores que começaram a partida com altos níveis de glicogênio muscular percorreram uma distância maior e passaram mais tempo do total do jogo realizando corridas de alta intensidade (27% contra 15%) em comparação com aqueles jogadores que começaram o jogo com menor conteúdo de glicogênio muscular.

Ao longo das quatro últimas décadas, o desenvolvimento e utilização de novas tecnologias, como filmagem por vídeo e GPS permitiram que as demandas físicas no futebol fossem estudadas em detalhes (Bangsbo, 2014; Bangsbo 1994a; Bangsbo et al., 2006). Apesar dos jogadores percorrerem a maioria da distância (10-13km) caminhando e desempenhando corridas de baixa intensidade, são as atividades de alta intensidade que são associadas com os momentos críticos durante uma partida de futebol (Gregson et al., 2010). Por exemplo, um sprint em linha reta é a atividade mais frequentemente observada anteriormente a marcação de um gol durante um jogo (Faude et al., 2012).

O sprint é auxiliado pela provisão anaeróbica de energia. Em um tiro de corrida de 6s, o glicogênio contribui aproximadamente com 50% do turnover de ATP na musculatura (Cheetham et al., 1986). Desta forma, a consequência de uma atividade com sprints repetitivos é uma redução concreta nas concentrações do glicogênio muscular (Saltin,

1973; Nevill et al., 1993) (Figura 1). Relatou-se que ambos os tipos de fibras musculares I e II exibiram uma depleção significativa de glicogênio, com aproximadamente 80% das fibras estando esgotadas ou quase esgotadas (exemplo, menor que 200 mmol/kg de peso seco) com glicogênio após um jogo em campeonato (Bendixsen et al., 2012). Apesar do glicogênio ser depletado em ambos os tipos de fibra muscular, pode ser a depleção específica de glicogênio na fibra muscular do tipo II que pode resultar na perda considerável de força durante os sprints repetitivos (Greenhaff et al., 1994). As concentrações musculares de glicogênio menores que cerca de 200 mmol/kg de peso seco foram mostradas reduzir significativamente a taxa glicolítica (Bangsbo, 1994b). Além disso, a depleção muscular de glicogênio em compartimentos subcelulares de glicogênio, exemplo o retículo sarcoplasmático, resulta em reduções relacionadas no processamento do cálcio muscular ( $Ca^{2+}$ ) (Nielsen et al., 2011). Se o baixo conteúdo de glicogênio influencia no fluxo de cálcio, a propriedade contrátil da musculatura será comprometida. Portanto, o fornecimento de carboidratos antes e durante o exercício tem um papel fundamental na manutenção dos suprimentos de energia para estes compartimentos subcelulares. Contudo, é importante notar que as implicações da depleção do glicogênio muscular vão além da provisão de energia para a contração muscular. O baixo conteúdo de glicogênio muscular tem uma série de implicações tanto para o desenvolvimento da musculatura como para o sistema nervoso central (Nybo, 2003; Jensen & Richter 2012; Gejl et al., 2014). Logo, o baixo conteúdo de glicogênio muscular pode resultar na perda da execução de habilidades, prejudicar a tomada de decisão e pode também aumentar o risco de lesões em direção ao final da partida (Medina et al., 2014; Rahnama et al., 2002). Curiosamente, a distância percorrida em alta velocidade de maneira geral foi identificada como um fator de diferenciação entre jogadores de altíssimo nível e jogadores de nível baixo a moderado (Mohr et al., 2003) (Figura 2). Adicionalmente, o sucesso de um time geralmente está associado com menores decréscimos nas corridas de alta intensidade em direção ao final da partida em comparação com times de menor sucesso (Mohr et al., 2003). Com esta finalidade, o fornecimento de carboidratos antes de atividades do futebol e a provisão de carboidratos durante os exercícios são fortes estratégias que resultaram no atraso da fadiga e melhora da performance.

Figura 1

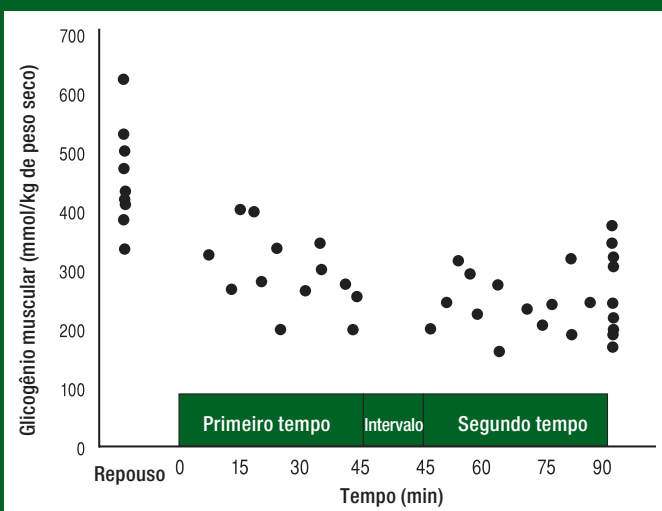


Figura 1. As concentrações de glicogênio muscular de 10 jogadores em repouso e durante o primeiro e segundo tempo de uma partida competitiva de futebol, adaptado de Krstrup et al., (2006).

Figura 2

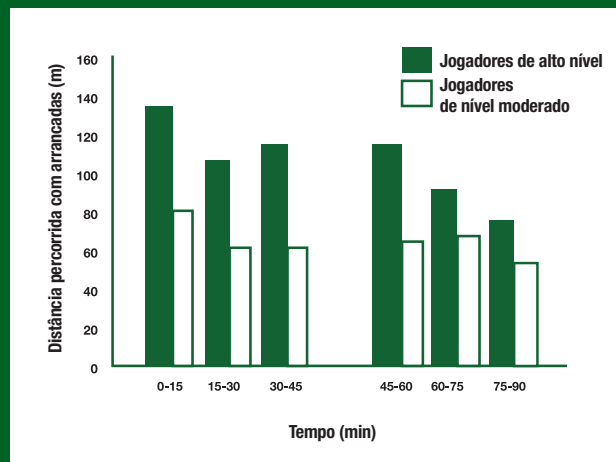


Figura 2. Distância percorrida com arrancadas nos intervalos de 15 minutos durante um jogo de 90 minutos por jogadores de alto nível e jogadores de nível moderado. Adaptado de Mohr et al., (2003).

### Ingestão de carboidratos antes dos jogos

A ingestão diária de carboidratos deve ser proporcional ao gasto de energia estimado do treino ou partida. É improvável que os jogadores finalizem as partidas ou sessões de alta intensidade em uma base diária, especialmente durante a temporada. Logo, para os treinos de baixa intensidade, a recuperação ou os treinos baseados em habilidades os jogadores são aconselhados a ingerir 3-5g de carboidratos/kg MC/dia. Enquanto os jogadores realizam um treino moderado, cerca de 1 hora por dia, a ingestão de 5-7 g/kg/MC de carboidratos ao dia é recomendada (Burke et al., 2011). As estratégias para aumentar o glicogênio endógeno anteriormente a competição foram historicamente envolvidas em um modelo "clássico" de 7 dias envolvendo uma fase de "depleção" inicial seguida por uma "fase de carga" (Sherman, 1983). No entanto, é agora conhecido que a musculatura de atletas em ótima forma física é capaz de compensar os estoques de glicogênio sem uma fase de "depleção" anterior. A musculatura treinada também parece ter a habilidade de estocar mais glicogênio em comparação à musculatura não-treinada e logo ser mais suscetível às estratégias de "super-compensação" (McInerney et al., 2005). Desta forma, a dieta com alto teor de carboidratos fornecendo 10g de carboidratos/kg MC/dia, combinada com o descanso adequado pode resultar na "super-compensação" do glicogênio muscular tão rápido quanto 24-36 horas (Bussau et al., 2002).

A importância do glicogênio na performance do futebol resultou em uma estratégia amplamente utilizada em relação à refeição pré-jogo. O foco da nutrição anteriormente ao jogo deve ser a ingestão de uma refeição rica em carboidratos de fácil digestão 3-4 horas antes do exercício, para aumentar os níveis de glicogênio em repouso na musculatura e no fígado. Nos dias de jogo os ganhos relativos dos estoques do glicogênio endógeno, alcançados com a ingestão de carboidratos, serão dependentes das concentrações iniciais e do tipo e nível de treino da musculatura. Contudo, como um direcionamento, após um jejum noturno, relatou-se que a ingestão de uma refeição contendo 2,5g de carboidratos/kg/MC aumentou o glicogênio muscular em 11-15% e o glicogênio do fígado em 33%, 3 horas após a ingestão (Taylor et al., 1996; Wu & Williams, 2006).

Imediatamente antes do aquecimento ou jogo (dependendo da preferência individual) os jogadores podem ingerir carboidratos (25-30g) para conter a liberação de glicose do fígado, e ainda preservar o estoque de glicogênio hepático (Howlett et al., 1998). O papel do glicogênio do fígado é a regulação das concentrações sanguíneas de glicose (euglicemia: 4,0-5,5 mmol/l). No início da partida, a contração muscular irá causar uma captação maior de glicose da corrente sanguínea. Em conjunto, a glicogenólise no fígado será ativada pela ação do glucagon e adrenalina. Curiosamente, a glicose sanguínea foi relatada estar elevada durante atividade de sprint repetitivo e é raramente observada reduzindo as concentrações de maneira que pode impactar na performance (Krustrup et al., 2006). Estes resultados sugeririam que uma taxa de liberação de glicose do fígado é suficiente para compensar a utilização de glicose sanguínea ao longo dos 90 minutos de atividade no futebol em jogadores bem alimentados. Na verdade, durante o futebol, a glicose sanguínea está apenas reduzida durante os intervalos do meio do jogo. Isto provavelmente é uma consequência da captação contínua de glicose pela musculatura previamente ativa e uma redução na glicogenólise do fígado, por um nível menor de catecolaminas durante este período de recuperação (Krustrup et al., 2006).

É importante notar que durante jogos extensos, exemplo, na prorrogação e pênaltis, as concentrações sanguíneas de glicose irão cair e, se não repostas, pode resultar em hipoglicemia (Foskett et al., 2008). Sintomas de hipoglicemia incluem funcionamento sub-ótimo do sistema nervoso central, com implicações óbvias na performance no futebol (Nybo, 2003). Em contrapartida, concentrações maiores de glicose sanguínea foram associadas com maior performance em “habilidades” em esportes técnicos como o tênis (Vergauwen et al., 1998; McRae & Galloway, 2012). Logo, a glicose sanguínea elevada parece prioritária na execução de habilidades complexas que requerem altos níveis de ativação do sistema nervoso central, particularmente durante a atividade intermitente de alta intensidade (McMorris & Graydon, 1997; Winnick et al., 2005). Portanto, é razoável concluir que a manutenção ou maior conteúdo de glicose sanguínea iria melhorar a execução de “habilidades”, especialmente sob circunstâncias de fadiga e/ou hipoglicemia.

A ingestão de quantidades suficientes de carboidratos anteriormente a partida é provavelmente a estratégia mais importante para a performance no futebol. Isto porque a oportunidade de consumir carboidratos durante o jogo é limitada às pausas não frequentes na partida e o intervalo do meio tempo. Com esta finalidade, há diversas implicações práticas que os jogadores e a equipe técnica deveriam considerar quando adotam estratégias de nutrição pré-jogo. Primeiro, a recomendação pré-jogo foi originalmente baseada em observações de que os estoques de glicogênio do fígado estão reduzidos a concentrações muito baixas após o jejum noturno. Contudo, no futebol profissional, poucas partidas começam antes do meio-dia e muitos jogos agora são realizados à noite. Nestas circunstâncias, os jogadores têm grande oportunidade de repor os estoques de glicogênio do fígado e completar o glicogênio muscular durante o dia. Desta forma, o momento da refeição pré-jogo deve ser alterado para melhor se adequar à hora do jogo e considerar outras refeições normalmente consumidas durante o dia. Segundo, é importante notar que a refeição pré-jogo é normalmente uma atividade em equipe. Apesar de todos os jogadores terem que se preparar como se eles fossem jogar, obviamente este não é sempre

o caso. Nutricionistas e técnicos dos clubes devem estar atentos para monitorar a ingestão de energia dos jogadores que consomem uma refeição pré-jogo, mas não participam efetivamente do jogo e modificar seu gasto de energia de acordo com isso.

### INGESTÃO DE CARBOIDRATOS DURANTE TREINOS E JOGOS

Estudos foram conduzidos mostrando uma estreita associação com a ingestão de carboidratos e a performance do jogador durante jogos em tempo real. Por exemplo, em um estudo de Kirkendall et al., (1988) a performance física de 10 jogadores foi capturada em vídeo em duas ocasiões diferentes, separadas por um dia. Para cada jogo, os jogadores beberam uma solução com carboidratos ou placebo adoçado antes do jogo e o mesmo volume no intervalo do meio-tempo. Foi relatado que os jogadores que beberam a solução com carboidratos correram uma distância maior em média de 40% durante o segundo tempo do jogo, em comparação com quando a bebida placebo foi consumida (Kirkendall et al., 1988). Curiosamente, um estudo semelhante no qual os jogadores consumiram 0,5 l de uma solução de glicose em 7%, 10 minutos antes do jogo ou treino e o mesmo volume novamente no meio-tempo, relatou uma redução de 39% na utilização do glicogênio muscular em comparação com os jogadores consumindo a solução placebo (Leatt & Jacobs, 1989). Uma consideração importante quando se interpreta os dados de “performance” durante os jogos de futebol é a alta variabilidade observada entre os jogos. Por exemplo, diferentes formações táticas e níveis competitivos terão grande influência na distância percorrida por um jogador em alta velocidade e distâncias alcançadas em arrancadas (Gregson et al., 2010). Deste modo, apesar de ser uma medida interessante, avaliar o impacto que as estratégias de nutrição têm na performance do jogo é desafiador devido à complexa interação entre os componentes físicos e técnicos. Com este fim, ensaios experimentais controlados têm oferecido perspectivas excelentes em relação ao impacto que a ingestão de carboidratos durante o exercício tem na performance de múltiplas arrancadas e na execução repetitiva de habilidades.

Utilizando um teste especialmente desenvolvido para reproduzir as demandas físicas do futebol, o Teste de Corrida Intermitente de “Vai e Vem” de Loughborough - LIST (Loughborough Intermittent Shuttle Run Test: LIST), Nicholas et al., (1995) realizou uma série de estudos para investigar os efeitos que a ingestão de uma solução com carboidratos e eletrólitos teve na performance (Nicholas et al., 2000). No primeiro estudo, os jogadores ingeriram uma solução com carboidratos e eletrólitos em 6,9% ou placebo adoçado imediatamente antes (% ml/kg MC) do exercício e durante os intervalos de 3 minutos (2 ml/kg MC) entre cada bloco de exercício de 15 minutos. Este protocolo forneceu carboidratos em uma taxa de cerca de 1 g/min ou 60 g/hora. A performance em sprints repetitivos não foi diferente entre os testes. No entanto, semelhante às observações de estudos de campo, os jogadores foram capazes de manter uma corrida de alta intensidade por 2 a 10 minutos a mais durante a segunda parte do teste, quando ingeriram a solução com carboidratos e eletrólitos em comparação com o placebo (Nicholas et al., 1995). Em um estudo de acompanhamento, os jogadores repetiram seis blocos de 15 minutos com corrida intermitente completando 90 minutos, ingerindo o mesmo volume e concentração (6,9%) da solução com carboidratos e eletrólitos ou placebo adoçado. Neste estudo, a análise da biópsia muscular revelou uma redução significativa nas concentrações de glicogênio muscular em ambos os tipos de fibra

muscular. Contudo, o glicogênio muscular utilizado foi reduzido em 22% quando os jogadores ingeriram a solução com carboidratos ao longo do exercício em comparação com o placebo (Nicholas et al., 1994). Logo, a preservação do glicogênio muscular oferece um mecanismo viável para explicar o porquê dos jogadores serem capazes de adiar a fadiga e manter corridas de alta intensidade na segunda metade dos jogos de futebol.

É importante notar o papel crucial da execução de habilidade na performance no futebol. Utilizando uma versão modificada do teste LIST, McGregor et al., (1999) relatou que a ingestão de líquidos durante o exercício apresentou benefícios consideráveis na manutenção das habilidades específicas ao futebol (teste de monitoramento de dribles) em comparação com a não ingestão de líquidos. No entanto, de importância para esta revisão, relatou-se que a ingestão de carboidratos em adição ao líquido melhorou a manutenção das habilidades em comparação com a ingestão de líquidos sem carboidratos. Especificamente, Ali e Williams (2009) desenvolveram um teste de performance para o futebol para passes e chutes, que foi realizado antes e imediatamente após o LIST (90 minutos). Neste estudo, 16 jogadores do sexo masculino ingeriram uma solução de 6,4% com carboidratos e eletrólitos ou solução placebo, 5 ml/kg MC antes e 2 ml/kg MC a cada 15 minutos durante os exercícios (~60g de carboidratos por hora). A performance nos passes foi bem mantida em ambos os testes. Contudo, uma redução nos danos de performance nos chutes foi associada com a ingestão de carboidratos (Ali & Williams, 2009). Em momento semelhante Currell e colaboradores também desenvolveram um protocolo de teste para o futebol, que permitiu a avaliação da performance em habilidades específicas ao futebol (Currell et al., 2009). Curiosamente, a execução das habilidades do futebol foram relatadas mostrando uma pequena variação no dia a dia, com coeficientes de variação de 1,2%, 2,2% e 2,8% para agilidade, precisão nos dribles e nos chutes, respectivamente. Neste estudo, a ingestão de uma solução de maltodextrina em 7,5%, 30 minutos antes do exercício (6 ml/kg MC), no meio tempo (4 ml/kg MC) e rotineiramente durante o exercício (1 ml/kg MC /12 minutos) foi associada com uma redução considerável no dano à performance em habilidades ao longo dos 90 minutos de exercício, em comparação com a ingestão da solução placebo (Figura 3).

A capacidade em manter a execução das habilidades durante um jogo de futebol teve claras implicações na performance. Por exemplo, na Itália, times com as menores reduções na performance em habilidades ao longo da partida terminaram a temporada em maiores posições na liga (Rampinini et al., 2009).

Curiosamente, a ingestão de carboidratos foi relatada melhorar ambas as performances em sprints (15 m) e nas habilidades durante os estágios iniciais (0-45 minutos) do protocolo de simulação do futebol (Ali & Williams, 2009; Currell et al., 2009). Quando o tempo de recuperação adequado foi permitido para a reposição da fosfocreatina e glicogênio suficiente permanece na musculatura, um benefício metabólico claro da ingestão de carboidratos como suporte para a performance no futebol não é imediatamente aparente. Contudo, há muitas evidências de que a ingestão de carboidratos pode ter um efeito central "não metabólico". Estudos em corridas e atividades de ciclismo relataram um benefício na performance de resistência simplesmente com o ato de enxaguar a boca e descartar uma solução com carboidratos (Rollo & Williams, 2011). O efeito ergogênico pode ser mediado pela ativação de vias cerebrais associadas com a recompensa e motivação, em resposta ao reconhecimento do carboidrato na boca. Todavia, até o momento, os benefícios do enxágue bucal com solução de carboidratos não parece se estender para a performance em sprints repetitivos (Dorling & Earnest, 2013). No entanto, relatou-se que a ingestão de carboidratos preservou a função do sistema nervoso central durante exercícios prolongados, o que pode ter implicações importantes para a execução de sucesso das habilidades e na tomada de decisão no futebol (Nybo, 2003).

A literatura disponível sugere que a ingestão de uma solução apropriada com carboidratos e eletrólitos durante exercícios específicos do futebol irá trazer benefícios à performance. Os jogadores com estoques de glicogênio comprometidos irão conseguir manter seu nível de proficiência nas habilidades e na performance em sprints repetitivos, em comparação com a ingestão de apenas água ou nenhuma ingestão de líquidos. Como discutido anteriormente, a fadiga durante o futebol e os exercícios extensos estão associados com a redução muscular de glicogênio. A ingestão de carboidratos foi mostrada atenuar o declínio nas concentrações sanguíneas de glicose durante o exercício prolongado e poupar o glicogênio muscular durante partidas de futebol (Coyle et al., 1986; Leatt & Jacobs 1989). Logo, a ingestão de carboidratos é aconselhada para os jogos, onde os jogadores visam a obtenção de vantagens de performance e também nos treinos intensos, onde os jogadores deveriam ter como objetivo a obtenção de benefícios máximos com o treinamento. As oportunidades para a ingestão de carboidratos durante partidas de futebol são frequentemente limitadas a pausas não programadas durante o jogo. É crucial que os carboidratos estejam prontamente disponíveis e que os jogadores estejam cientes dos benefícios da ingestão de carboidratos para que estas oportunidades não sejam desperdiçadas. Finalmente, é importante notar que os carboidratos podem ser ofertados aos jogadores em diversas formas diferentes. Por exemplo, o carboidrato é efetivamente oxidado, seja fornecido na forma sólida, como barras, gomas, gel semissólido, ou na forma de bebidas (Pfeiffer et al., 2010). Desta forma, as estratégias fornecem cerca de 60g de carboidratos por hora e podem ser modificadas de acordo com a preferência do jogador, contudo em um contexto em relação às outras necessidades nutricionais como a necessidade de líquidos de cada jogador (Laitano et al., 2014). O principal benefício da ingestão de bebidas bem formuladas com carboidratos e eletrólitos é que elas fornecem o líquidos e os nutrientes necessários simultaneamente.

Figura 3

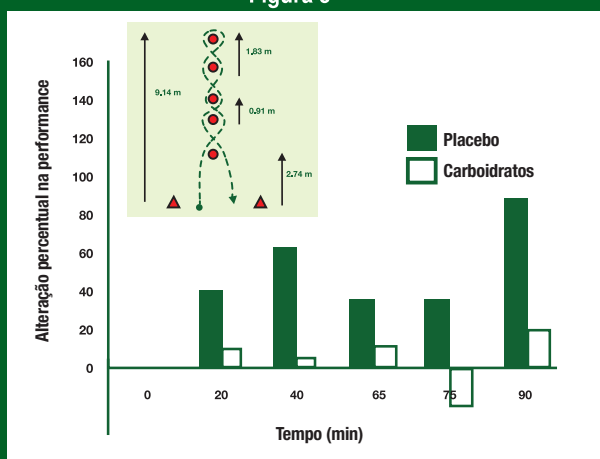


Figura 3. A alteração percentual no tempo para driblar a bola em torno de um conjunto com 5 cones e voltar em um percurso com 9,14m de distância. Adaptado de Currell et al., (2009).

## RECUPERAÇÃO

As estratégias adequadas como suporte para a recuperação do jogador em relação aos jogos e treinamentos são fundamentais para a habilidade geral dos times em realizar atividades repetidamente. A agressividade da estratégia de recuperação irá depender de quando o jogador é novamente requisitado a jogar, estar em um treinamento ou competição, e se torna extremamente importante em situações de torneios.

Curiosamente, a depleção completa do glicogênio muscular foi relatada em uma certa proporção em ambos os tipos de fibra muscular, lentas e rápidas, imediatamente após um jogo de futebol (Krustrup et al., 2006). De relevância para a estratégia de recuperação é que a ressíntese de glicogênio nestas fibras é mais rápida nas horas pós-exercício, quando comparada com a oferta de carboidratos realizada diversas horas depois (Piehl 1974). Uma recomendação geral para atingir altas taxas de ressíntese de glicogênio é que os jogadores consumam uma média de 1g de carboidrato/kg MC imediatamente após o exercício (Ivy et al., 1988). Nicholas et al., (1997) realizou um estudo para fornecer um exemplo de como tal estratégia tem impacto na performance no futebol. Neste estudo, os jogadores realizaram o teste LIST até a exaustão, em 4 ocasiões diferentes separadas por uma semana. Em uma ocasião os jogadores ingeriram uma dieta rica em carboidratos e repetiram o protocolo de corrida de “vai e vem” 22 horas mais tarde. A dieta de recuperação com alto teor de carboidratos resultou em um aumento da ingestão energética diária normal dos jogadores de 2.600 kcal para 3.818 kcal. A ingestão absoluta de carboidratos foi aumentada em uma média diária de 381g para 705g para o período de recuperação (5-10 g de carboidratos /kg MC respectivamente). Em outra ocasião os jogadores realizaram o protocolo de corrida de “vai e vem” novamente. Contudo, os jogadores ingeriram uma dieta mista durante o período de recuperação de 22 horas. A dieta mista continha suas quantidades normais de carboidratos (381g), com o consumo de proteínas e gorduras para igualar a ingestão de energia da dieta rica em carboidratos. Quando os jogadores ingeriram a dieta mista, eles não conseguiram atingir a performance do dia anterior. No entanto, a ingestão da dieta rica em carboidratos foi associada com uma melhor performance. Os jogadores foram capazes de manter a corrida de alta intensidade por 3,3 minutos a mais do que atingiram no dia anterior, o que somou um adicional de 7,4 minutos à corrida em comparação ao tempo alcançado após a dieta mista (Nicholas et al., 1997).

Curiosamente, estudos mais recentes sugeriram que a taxa de ressíntese de glicogênio muscular pode ter a velocidade reduzida após partidas competitivas de futebol. Os estoques de glicogênio foram relatados estarem menores do que as concentrações pré-jogo 48 horas após a partida, apesar da ingestão da dieta com alto conteúdo de carboidratos (Bangsbo et al., 2006; Krustrup et al., 2011). As atividades específicas do futebol, como as alterações frequentes na direção e desaceleração nas arrancadas, tem um componente altamente excêntrico. Contrações excêntricas em combinação com o confronto entre os jogadores resultam no dano muscular, que por sua vez pode prejudicar a síntese de glicogênio (Krustrup et al., 2011). Este fenômeno não é amenizado por uma dieta rica em carboidratos e Whey Protein (Gunnarsson

et al., 2013). Para nota, nenhuma “super-compensação” das concentrações de glicogênio muscular foi relatada após 48 horas da partida de futebol, uma resposta habitualmente relatada após corridas prolongadas ou exercícios de ciclismo.

De relevância para o dano muscular, outro estudo interessante em relação à ressíntese de glicogênio e recuperação foi realizada por Gregson et al. (2013). Na tentativa de acelerar a recuperação dos jogadores e reduzir a dor e sensibilidade muscular, as imersões com gelo da crioterapia se tornaram estratégias comuns adotadas por muitos clubes de futebol. Contudo, devido à consequência vasoconstritora da crioterapia, preocupações surgiram em relação a se a ressíntese de glicogênio seria prejudicada devido à disponibilidade reduzida de substrato na musculatura. De maneira encorajadora, 10 minutos de imersão em água gelada dos membros inferiores (8°C) após exercício exaustivo, não resultou em danos para a restauração de glicogênio, em comparação com ficar sentado no repouso, quando quantidades adequadas de carboidrato foram ingeridas (Gregson et al., 2013).

É importante notar que a provisão de proteínas não deve ser esquecida no contexto da estratégia de recuperação ideal após as partidas de futebol. No contexto da ressíntese de glicogênio, a co-ingestão de quantidades relativamente pequenas de proteínas com carboidratos pode ser utilizada para aumentar a secreção de insulina pós-prandial e acelerar a taxa da síntese de glicogênio muscular (van Loon, 2007). Apesar da ingestão adicional de proteínas não ter aumentado a ressíntese de glicogênio muscular quando quantidades suficientes de carboidratos não estão disponíveis (Betts & Williams, 2010). No entanto, pesquisas sugerem que a inclusão de proteínas em conjunto com a ingestão adequada de carboidratos irá ajudar a reconstruir o tecido muscular e agirá como suporte para a adaptação específica da performance no futebol (Res, 2014).

Finalmente, estudos relataram que o estado de humor dos atletas é mantido de maneira melhor com o aumento da ingestão diária de carboidratos durante períodos de treinamentos intensos (5,5g para 8,5g de carboidratos/kg de MC/dia) (Achten et al., 2004). Durante os momentos da temporada quando os jogadores estão expostos a jogos mais frequentes, como a participação em jogos duas vezes na semana, a importância da manutenção do vigor e da motivação dos jogadores para treinar não deveria ser subestimada.

## RESUMO

Atividades de sprints repetitivos, características do futebol, resultam em uma redução nas concentrações de glicogênio muscular. As baixas concentrações de glicogênio muscular foram associadas a danos na performance, como medido pela distância percorrida em alta velocidade em direção aos estágios finais de uma partida. A ingestão diária de carboidratos deve ser proporcional ao gasto de energia estimado do treino ou partida. Em dias de jogos, a ingestão de 2,5g de carboidratos/kg de MC, 3 horas antes do exercício irá completar os estoques de glicogênio no fígado e nos músculos. A ingestão de 60g de carboidratos/hora, antes e durante (incluindo o meio-tempo) os exercícios está associada com a manutenção das corridas de alta intensidade e com a execução de habilidades. A preservação de ambos os fatores, especialmente nos estágios finais de um jogo, foi identificada como atributo essencial para a performance de jogadores e times de altíssimo nível do futebol. Há uma série de evidências de

que a ingestão de carboidratos também tem um impacto benéfico na performance de habilidades, no entanto, mais estudos são necessários para determinar os exatos mecanismos envolvidos. Finalmente, é importante notar que esta revisão discutiu o macronutriente carboidrato, ao invés de outros componentes alimentares equivalentes. Desta forma, é fundamental a contribuição dos nutricionistas esportivos para a tradução das pesquisas da literatura para a prática nutricional baseada nas necessidades e preferências individuais dos jogadores.

## REFERÊNCIAS

- Achten, J., S. L. Halson, L. Moseley, M. P. Rayson, A. Casey and A. E. Jeukendrup (2004). Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. *J Appl Physiol* 96(4): 1331-1340.
- Ali, A. and C. Williams (2009). Carbohydrate ingestion and soccer skill performance during prolonged intermittent exercise. *J Sports Sci*: 1-10.
- Bangsbo, J. (1994a). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 12 Spec No: S5-12.
- Bangsbo, J. (1994b). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* 619: 1-155.
- Bangsbo, J., M. Mohr and P. Krstrup (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 24(7): 665-674.
- Bangsbo, J. *Physiological Demands of Football*. (2014) Sports Science Exchange. Vol. 27, No. 125, 1-6.
- Bendixsen, M., R. Bischoff, M. B. Randers, M. Mohr, I. Rollo, C. Suetta, J. Bangsbo and P. Krstrup (2012). The Copenhagen Soccer Test: physiological response and fatigue development. *Med Sci Sports Exerc* 44(8): 1595-1603.
- Betts, J. A. and C. Williams (2010). Short-term recovery from prolonged exercise: exploring the potential for protein ingestion to accentuate the benefits of carbohydrate supplements. *Sports Med* 40(11): 941-959.
- Burke, L. M., J. A. Hawley, S. H. Wong and A. E. Jeukendrup (2011). Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 29 Suppl 1: S17-27.
- Bussau, V. A., T. J. Fairchild, A. Rao, P. Steele and P. A. Fournier (2002). Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. *Eur J Appl Physiol* 87(3): 290-295.
- Cheatham, M. E., L. Boobis, S. Brooks and C. Williams (1986). Human muscle metabolism during sprint running in man. *Journal of Applied Physiology* 61: 54-60.
- Coyle, E. F., A. R. Coggan, M. K. Hemmert and J. L. Ivy (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *Journal of Applied Physiology* 61(1): 165-172.
- Currell, K., S. Conway and A. E. Jeukendrup (2009). Carbohydrate ingestion improves performance of a new reliable test of soccer performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 19(1): 34-46.
- Dorling, J. L. and C. P. Earnest (2013). Effect of carbohydrate mouth rinsing on multiple sprint performance. *J Int Soc Sports Nutr* 10(1): 41.
- Faude, O., T. Koch and T. Meyer (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci* 30(7): 625-631.
- Foskett, A., C. Williams, L. Boobis and K. Tsintzas (2008). Carbohydrate availability and muscle energy metabolism during intermittent running. *Med Sci Sports Exerc* 40(1): 96-103.
- Gejl, K. D., L. G. Hvid, U. Frandsen, K. Jensen, K. Sahlin and N. Ortenblad (2014). Muscle Glycogen Content Modifies SR Ca<sup>2+</sup> Release Rate in Elite Endurance Athletes. *Med Sci Sports Exerc* 46(3): 496-505.
- Greenhaff, P. L., M. E. Nevill, K. Soderlund, K. Bodin, L. H. Boobis, C. Williams and E. Hultman (1994). The metabolic responses of human type I and II muscle fibres during maximal treadmill sprinting. *J Physiol* 478 ( Pt 1): 149-155.
- Gregson, W., R. Allan, S. Holden, P. Phibbs, D. Doran, I. Campbell, S. Waldron, C. H. Joo and J. P. Morton (2013). Postexercise cold-water immersion does not attenuate muscle glycogen resynthesis. *Med Sci Sports Exerc* 45(6): 1174-1181.
- Gregson, W., B. Drust, G. Atkinson and V. Di Salvo (2010). Match-to-match variability of high speed activities in premier league soccer. *International Journal of Sports Medicine* 31(4): 237-242.
- Gunnarsson, T. P., M. Bendixsen, R. Bischoff, P. M. Christensen, B. Lesvig, K. Madsen, F. Stephens, P. Greenhaff, P. Krstrup and J. Bangsbo (2013). Effect of whey protein- and carbohydrate-enriched diet on glycogen resynthesis during the first 48 h after a soccer game. *Scand J Med Sci Sports* 23(4): 508-515.
- Howlett, K., D. Angus, J. Proietto and M. Hargreaves (1998). Effect of increased blood glucose availability on glucose kinetics during exercise. *J Appl Physiol* (1985) 84(4): 1413-1417.
- Ivy, J. L., A. L. Katz, C. L. Cutler, W. M. Sherman and E. F. Coyle (1988). Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *Journal of Applied Physiology* 64(4): 1480-1485.
- Jensen, T. E. and E. A. Richter (2012). Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise. *J Physiol* 590(Pt 5): 1069-1076.
- Jeukendrup, A. E. (2003). Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. *Biochem Soc Trans* 31(Pt 6): 1270-1273.
- Kirkendall, D., C. Foster, J. Dean, J. Grogan and N. Thompson (1988). Effect of glucose polymer supplementation on performance of soccer players. In: T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W. Murphy, eds. *Science and Football*. (London: E & FN Spon.): 33-41.
- Krstrup, P., M. Mohr, A. Steensberg, J. Bencke, M. Kjaer and J. Bangsbo (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 38(6): 1165-1174.
- Krstrup, P., N. Ortenblad, J. Nielsen, L. Nybo, T. P. Gunnarsson, F. M. laia, K. Madsen, F. Stephens, P. Greenhaff and J. Bangsbo (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *Eur J Appl Physiol* 111(12): 2987-2995.
- Laitano, O. Runco, J. L. and L. Baker. *Hydration Science and Strategies in Football*. (2014) Sports Science Exchange. Vol. 27, No. 128, 1-7.
- Leatt, P. B. and I. Jacobs (1989). Effect of glucose polymer ingestion on glycogen depletion during a soccer match. *Can J Sport Sci* 14(2): 112-116.
- McInerney, P., S. J. Lessard, L. M. Burke, V. G. Coffey, S. L. Lo Giudice, R. J. Southgate and J. A. Hawley (2005). Failure to repeatedly supercompensate muscle glycogen stores in highly trained men. *Med Sci Sports Exerc* 37(3): 404-411.
- McGregor, S. J., C. Nicholas, W., H. W. Lakomy and C. Williams (1999). The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a football skill. *Journal of Sports Sciences* 17(11): 895-903.
- McMorris, T. and J. Graydon (1997). The effect of exercise on cognitive performance in soccer-specific tests. *J Sports Sci* 15(5): 459-468.
- McRae, K. A. and S. D. Galloway (2012). Carbohydrate-electrolyte drink ingestion and skill performance during and after 2 hr of indoor tennis match play. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 22(1): 38-46.
- Medina, D., Lizarraaga, A. and F. Drobnick. *Injury Prevention and Nutrition in Football*. (2014) Sports Science Exchange. Vol. 27, No. 132, 1-5.
- Mohr, M., P. Krstrup and J. Bangsbo (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 21(7): 519-528.
- Nevill, M. E., C. Williams, D. Roper, C. Slater and A. M. Nevill (1993). Effect of diet on performance during recovery from intermittent sprint exercise. *J Sports Sci* 11(2): 119-126.

- Nicholas, C., C. Williams, L. Boobis and N. Little (1994). Effect of ingesting a carbohydrate-electrolyte beverage on muscle glycogen utilization during high intensity, intermittent shuttle running. *Clinical Science* 87 (suppl): 26-27.
- Nicholas, C. W., P. A. Green, R. D. Hawkins and C. Williams (1997). Carbohydrate intake and recovery of intermittent running capacity. *Int J Sport Nutr* 7(4): 251-260.
- Nicholas, C. W., F. E. Nuttall and C. Williams (2000). The Loughborough Intermittent Shuttle Test: a field test that simulates the activity pattern of soccer. *J Sports Sci* 18(2): 97-104.
- Nicholas, C. W., C. Williams, H. K. Lakomy, G. Phillips and A. Nowitz (1995). Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high-intensity shuttle running. *J Sports Sci* 13(4): 283-290.
- Nielsen, J., H. C. Holmberg, H. D. Schroder, B. Saltin and N. Ortenblad (2011). Human skeletal muscle glycogen utilization in exhaustive exercise: role of subcellular localization and fibre type. *J Physiol* 589(Pt 11): 2871-2885.
- Nybo, L. (2003). CNS fatigue and prolonged exercise: effect of glucose supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 35(4): 589-594.
- Pfeiffer, B., T. Stellingwerff, E. Zaltas and A. E. Jeukendrup (2010). Oxidation of solid versus liquid CHO sources during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 42(11): 2030-2037.
- Piehl, K. (1974). Time course for refilling of glycogen stores in human muscle fibres following exercise-induced glycogen depletion. *Acta Physiol Scand* 90(2): 297-302.
- Rahnama, N., T. Reilly and A. Lees (2002). Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med* 36(5): 354-359.
- Rampinini, E., F. M. Impellizzeri, C. Castagna, A. J. Coutts and U. Wisloff (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport* 12(1): 227-233.
- Res, P. Recovery Nutrition for Football Players. (2014) *Sports Science Exchange*. Vol. 27, No. 129, 1-5.
- Rollo, I. and C. Williams (2011). Effect of mouth-rinsing carbohydrate solutions on endurance performance. *Sports Med* 41(6): 449-461.
- Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 5(3): 137-146.
- Sherman, W. (1983). Carbohydrates, muscle glycogen, and muscle glycogen supercompensation. *Ergogenic aids in sports*. M. H. Williams. Champaign, IL., Human, Kinetics Publishers.: 1-25.
- Taylor, R., I. Magnusson, D. L. Rothman, G. W. Cline, A. Caumo, C. Cobelli and G. I. Shulman (1996). Direct assessment of liver glycogen storage by <sup>13</sup>C nuclear magnetic resonance spectroscopy and regulation of glucose homeostasis after a mixed meal in normal subjects. *The Journal of Clinical Investigation* 97(1): 126-132.
- van Loon, L. J. (2007). Application of protein or protein hydrolysates to improve postexercise recovery. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 17 Suppl: S104-117.
- Vergauwen, L., F. Brouns and P. Hespel (1998). Carbohydrate supplementation improves stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc* 30(8): 1289-1295.
- Winnick, J. J., J. M. Davis, R. S. Welsh, M. D. Carmichael, E. A. Murphy and J. A. Blackmon (2005). Carbohydrate feedings during team sport exercise preserve physical and CNS function. *Med Sci Sports Exerc* 37(2): 306-315.
- Wu, C. L. and C. Williams (2006). A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 16(5): 510-527.