

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATOS NA RESPOSTA
GLICÊMICA DE ADOLESCENTES DIABÉTICOS TIPO 1 DURANTE O
EXERCÍCIO

Cláudia Altmayer Perrone

Porto Alegre, 2004

CLÁUDIA ALTMAYER PERRONE

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATOS NA RESPOSTA
GLICÊMICA DE ADOLESCENTES DIABÉTICOS TIPO 1 DURANTE O
EXERCÍCIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre. Orientadora Professora Doutora Flávia Meyer.

Porto Alegre, 2004

CATALOGAÇÃO NA FONTE

P459e Perrone, Cláudia Altmayer
Efeito da suplementação de carboidratos na resposta glicêmica de adolescentes diabéticos tipo 1 durante o exercício. / Cláudia Altmayer Perrone. - Porto Alegre: Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
59, [8] f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, BR-RS, 2004.

1. Medicina do esporte. 2. Fisiologia do exercício. 3. Diabetes. I. Título. II. Meyer, Flávia, orientadora.

CDU: 796:61

AGRADECIMENTOS

Ao término destes 2 anos de caminhada, gostaria de agradecer sinceramente e dividir a alegria de ter concluído essa importante etapa da minha vida acadêmica e profissional com todos os amigos e colegas que me ajudaram.

Meu especial agradecimento aos meus pais, irmãos e ao Ricardo pelo apoio incondicional, companheirismo, incentivo e amor que expressaram por mim em todos os momentos.

À minha orientadora Profa. Dra. Flávia Meyer pela dedicação, incentivo, seu imenso conhecimento e por acreditar e confiar em mim.

À minha colega e amiga Rosemary Petkowicz, ao amigo Clayton Rodrigues pela paciência, disposição e apoio fundamentais na realização deste trabalho.

Aos indivíduos que participaram voluntariamente da pesquisa, e também aos seus pais.

Aos funcionários do LAPEX, em especial ao Alex e Luciano pela paciência e disposição; aos colegas e professores por sua colaboração e atenção.

Aos funcionários do Curso de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano, André, Ana e Rosane pelo carinho e disposição em atender às solicitações.

A CAPES por me conceder uma bolsa de estudos.

À Unidade de Pesquisa Biomédica, especialmente a Patrícia; Dra Carmem Pilla e Dr Afonso Barth; e aos funcionários do laboratório de análises clínicas do HCPA, sempre muito solícitos.

À Lucia Pellanda pelo auxílio e conselhos na área da Estatística.

Ao Orlando Laitano pelo auxílio durante a coleta de dados; ao amigo Otávio Bertoletti pelo apoio.

Às minhas amigas Paula, Lisa, Carolina e Mariana que sempre me incentivaram e me ouviram nos momentos de reflexão e ansiedade.

À ARAD e ao Instituto da Criança com Diabetes.

À Roche do Brasil em especial à Alessandra Câmara, pela ajuda com materiais de coleta.

E as pessoas que não estão citadas aqui, mas que de alguma forma, contribuíram com esta dissertação.

PERRONE, Cláudia Altmayer. **EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATOS NA RESPOSTA GLICÊMICA DE ADOLESCENTES DIABÉTICOS TIPO 1 DURANTE O EXERCÍCIO**. Porto Alegre : UFRGS/ESEF/PPG Ciências do Movimento Humano, 2004. (Dissertação de Mestrado)

RESUMO

Durante o exercício, indivíduos com diabetes tipo 1 podem necessitar um aporte maior de carboidratos (CHO), do que os contidos nas bebidas esportivas, para manter os níveis de glicose sanguínea. OBJETIVO: Verificar a resposta glicêmica em adolescentes diabéticos tipo 1, durante 60 minutos e após 60 minutos do término de exercício submáximo (55-65% do VO_{2max}) em ciclo ergômetro em 2 situações: (1) com a utilização de bebida carboidratada a 8% (CHO 8%) e (2) com a utilização de bebida carboidratada a 10% (CHO 10%). MÉTODOS: Dezesesseis adolescentes (10 meninos e 6 meninas – $16,25 \pm 2,65$ anos), com diabetes tipo 1 controlada ($HbA_{1c} < 7,31\%$) e sem complicações da doença, pedalarão a 55-65% do VO_{2max} por 60 min em dois dias separados. Os sujeitos ingeriram tanto a bebida com CHO 8% como a CHO 10% (2,62 g e 3,28 g de frutose; e 5,38 g e 6,72 g de glicose em 100 ml, respectivamente) em cada uma das duas sessões de exercício. As duas bebidas eram similares na cor e no sabor. O volume ingerido das bebidas foi de $5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ 15 min antes do exercício, e $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ a cada 15 min de exercício, oferecidos de forma randomizada e duplo-cega. RESULTADOS: Após 60 min de bicicleta, houve uma redução não significativa de $20,06 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($p > 0,05$) e a manutenção ($-0,533 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p > 0,05$) da glicemia capilar com a ingestão das bebidas CHO 8% e CHO 10%, respectivamente. Durante o exercício, a diferença entre os deltas das bebidas também não foi significativa ($p = 0,056$). No período de recuperação, não foram encontradas diferenças significativas na glicemia entre as sessões. Também não foram encontradas diferenças significativas entre as sessões na frequência cardíaca, taxa de percepção ao esforço, peso pré e pós-exercício e nos sintomas gastrointestinais. CONCLUSÃO: A ingestão de bebida contendo 8% e 10% de CHO preveniu uma redução significativa na glicemia induzida por uma hora de exercício contínuo em adolescentes com diabetes tipo 1.

PERRONE, Cláudia Altmayer. **EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATOS NA RESPOSTA GLICÊMICA DE ADOLESCENTES DIABÉTICOS TIPO 1 DURANTE O EXERCÍCIO**. Porto Alegre : UFRGS/ESEF/PPG Ciências do Movimento Humano, 2004. (Dissertação de Mestrado)

ABSTRACT

During exercise, individuals with type 1 diabetes may need a greater content of carbohydrate (CHO) than that contained in sports drinks to maintain their blood glucose levels. **PURPOSE:** To examine blood glucose levels in type 1 diabetic adolescents during 60 min of cycling at 55-65% VO_{2max} and 60 min of recovery in two situations: one with ingestion of CHO 8% drink and the other with a CHO 10% drink. **METHODS:** Sixteen adolescents (10 males and 6 females – $16,25 \pm 2,65$ yrs), with a well-controlled ($HbA_{1c} < 7,31\%$) type 1 diabetes and no complications of the disease, cycled at 55-65% of their VO_{2max} for 60 min on two separate days. Subjects ingested either a drink with 8% or 10% CHO (2,62 g and 3,28 g of fructose; and 5,38 g and 6,72 g of glucose in 100 ml, respectively) in each visit. The two drinks were similar in color and flavor. Drink intake was $5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ 15 min prior to exercise, and $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ every 15 min of exercise and offered in a randomized order and a double-blind design. **RESULTS:** After 60 min of cycling, the blood glucose level did not decrease significantly with 8% CHO ($20,06 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p > 0,05$), though they maintained their levels ($-0,533 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p > 0,05$) when taking 10%CHO. Therefore, there was no significant difference ($p = 0,056$) found between the two variations. In the recovery period, there were no significant differences in blood glucose level between trials. During exercise, no significant differences between trials were found in heart rate, rate of perceived exertion, weight pre and post exercise nor in gastrointestinal symptoms. **CONCLUSION:** Ingestion of drinks containing either 8% or 10% CHO prevented the reduction of blood glucose levels induced by one hour of continuous exercise in adolescents with type 1 diabetes.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
SUMÁRIO	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE GRÁFICOS	XI
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	XII
INTRODUÇÃO	14
I – REVISÃO DE LITERATURA	17
1.1 – Diabetes Mellitus	17
1.2 – Classificação	19
1.2.1 – Diabetes Mellitus tipo 1	20
1.2.2 – Diabetes Mellitus tipo 2	20
1.3 – Diagnóstico de DM	21
1.4 – Tratamento de DM	21
1.5 – Diabetes Mellitus Tipo 1 e Exercício	22
1.5.1 – Controle Metabólico da Glicemia no Repouso e no Exercício:	
Não Diabéticos X Diabéticos Tipo 1	23

1.5.2 - Hipoglicemia Induzida pelo Exercício em DM Tipo 1	25
1.5.3 - Manejo da Hipoglicemia Induzida pelo Exercício	27
1.5.4 - Reposição de Carboidratos - Bebidas Carboidratadas	28
II – PROPOSTA DE TRABALHO	32
2.1 – Objetivo Geral	32
2.2. – Problema	32
2.3 – Hipóteses	32
III – MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 – Delineamento	33
3.2 – Intervenções ou Fator de Estudo	33
3.3 – Desfecho Clínico	33
3.4 – População e Amostra	34
3.5 – Local de Origem	37
3.6 – Local de Realização	37
3.7 – Procedimentos de Avaliação	37
3.8 – Análise Estatística	44
IV – RESULTADOS	45
V – DISCUSSÃO	53
CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	
I – Termo de Consentimento Informado	
II – Questionário de Desconforto Gástrico	
III – Rehidratação em Diabéticos	
IV –Anamnese	

V – Comitê de Ética

VI – Valores de Glicemia

VII – Valores de Taxa de Troca Respiratória

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.7.1 - Diagrama esquemático do protocolo p. 40

LISTA DE TABELAS

- TABELA 3.1** - Características físicas dos indivíduos, duração da doença e níveis séricos de hemoglobina glicosilada p. 35
- TABELA 3.2** - Tipo e doses de insulina e horários de aplicação.....p.36
- TABELA 4.1** - Média e desvio padrão dos eletrólitos plasmáticos (mmEq.L^{-1}) e do hematócrito (%) nos períodos pré e pós-exercício p. 49

LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 4.1** - Valores médios da glicemia capilar com as bebidas CHO 8% e CHO 10% durante o exercício e na recuperação p. 46
- GRÁFICO 4.2** - Correlação entre glicemia capilar e glicemia venosa..... p. 48
- GRÁFICO 4.3** - Valores médios e desvio padrão da frequência cardíaca com as bebidas CHO 8% e CHO 10% durante o exercício..... p. 50
- GRÁFICO 4.4** - Valores médios da taxa de percepção ao esforço – Escala de Borg (6-20) com as bebidas CHO 8% e CHO 10% durante o exercício p. 51
- GRÁFICO 4.5** - Valores médios da taxa de percepção da glicemia capilar com as bebidas CHO 8% e CHO 10% durante o exercício p.52

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcento
α	alfa
~	Aproximadamente
<	Menor
>	Maior
°C	Grau Celsius
ADA	American Diabetes Association (Associação Americana de Diabetes)
ACSM	American College of Sports Medicine (Colégio Americano de Medicina do Esporte)
bpm	Batimentos por Minuto
CHO	Carboidratos
Cl ⁻	Cloro
cm	Centímetro
CO ₂	Gás Carbônico
DM	Diabetes Mellitus
DMID	Diabetes Mellitus Insulino Dependente
DMNID	Diabetes Mellitus Não Insulino Dependente
ESEF	Escola Superior de Educação Física
FC	Frequência Cardíaca
g	Gramas
GP2h	Glicose Plasmática de 2 Horas
Hbg	Hemoglobina Glicosilada
IG	Índice Glicêmico
K ⁺	Potássio
Kg	Quilograma
LAPEX	Laboratório de Pesquisa do Exercício

$\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$	Miligramas por Decilitro
min	Minutos
$\text{ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$	Mililitro por Quilograma de Peso por Minuto
mm	Milímetro
mmHg	Milímetros de Mercúrio
$\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	Milimol por Litro
Na^+	Sódio
ND	Não Disponível
O_2	Oxigênio
RER	Quociente Respiratório
rpm	Rotações por Minuto
TPE	Taxa de Percepção ao Esforço
TPG	Taxa de Percepção a Glicemia
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VO_2	Consumo de Oxigênio
$\text{VO}_{2\text{max}}$	Consumo Máximo de Oxigênio
w	Watts
β	beta
δ	gama

INTRODUÇÃO

A Diabetes Mellitus (DM) tipo 1 é uma doença que, geralmente, tem início manifestado na infância e juventude devido a uma disfunção das células β do pâncreas, prejudicando a síntese da insulina, hormônio fundamental no metabolismo energético. Como o comprometimento do pâncreas é irreversível, a DM tipo 1 ainda não tem cura e o prognóstico da doença depende exclusivamente da adesão ao tratamento, que consiste na aplicação de injeções de insulina, controle da alimentação e a prática de exercício físico.

Conforme o a Associação Americana de Diabetes (ADA) o principal objetivo do tratamento da DM é proporcionar ao indivíduo uma vida saudável, que o possibilite praticar atividade física, seja ela lazer, recreação ou até mesmo para competição (ADA, 2003).

A hipoglicemia, uma das principais complicações agudas da diabetes, pode ocorrer durante e/ou após a atividade física; portanto, alguns cuidados devem ser tomados para que o indivíduo pratique exercícios físicos com segurança. Como fatores que influenciam a resposta glicêmica ao exercício pode-se citar o controle glicêmico anterior à prática do exercício físico (Berger et al., 1977; ADA, 2003), o grau de condicionamento aeróbico (RAMIRES et al., 1993), o controle dietoterápico, o local de aplicação e doses de insulina (TEMPLE et al., 1995), a intensidade e duração do exercício (TEMPLE et al., 1995) e a suplementação de carboidratos antes e durante o exercício (SOO et al., 1996; RIDDELL et al., 1999).

Uma das formas de se evitar a hipoglicemia é oferecer ao indivíduo diabético, durante o exercício físico, uma quantidade determinada de carboidratos. Entretanto, ainda não existe um consenso sobre a quantidade de carboidratos (CHO) necessária

a ser consumida durante a atividade física que previna ou até mesmo elimine os riscos de hipoglicemia em indivíduos diabéticos. Essa recomendação é necessária e depende das características individuais do grupo, como adolescentes, que têm massa corporal, necessidades dietéticas e de insulina diferenciadas. Ainda assim, as recomendações existentes desprezam as características individuais referentes à oxidação de carboidratos durante o exercício (RIDDELL et al., 1999).

Conhecendo-se a quantidade de carboidratos que o indivíduo oxidou durante um determinado período de exercício e oferecer a mesma quantidade nas próximas sessões de exercício é uma maneira de evitar a hipoglicemia (RIDDELL et al., 1999 e 2000-a). No estudo de Riddell e colaboradores (1999), adolescentes participaram de duas sessões de exercício, sendo que na primeira sessão não houve ingestão de CHO e a quantidade total de CHO oxidada foi determinada utilizando a tabela de quociente respiratório não protéico e na segunda sessão de testes, a quantidade de CHO ingerida foi a mesma oxidada na primeira. A ingestão de CHO, durante o exercício, atenuou a queda de glicemia dos indivíduos, ao contrário da primeira sessão quando 9 indivíduos tiveram seus testes interrompidos devido à hipoglicemia. Porém, este método na prática se torna inviável devido ao alto custo e à necessidade de um laboratório especializado.

A ingestão de uma bebida que contenha uma quantidade suficiente de CHO e que seja de fácil acesso a todos indivíduos é uma forma viável de se evitar a hipoglicemia decorrente do exercício em indivíduos com DM tipo 1. Em um estudo desenvolvido no nosso laboratório (ANDRADE, 1998), foi analisada a influência da ingestão uma de bebida esportiva com 6% de CHO e outra sem CHO na glicemia de adolescentes diabéticos tipo 1 durante 60 minutos de exercício físico a 60% do VO_{2max} . Mesmo com esta concentração, no final da sessão de exercício em que houve a ingestão de CHO, houve uma diminuição média da glicemia em $21 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ sendo a diferença de queda entre as duas sessões foi de $101.4 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($p = 0.02$) em relação ao repouso.

É possível que concentrações maiores que 6% de carboidratos em bebidas ajudem a prevenir a redução de glicemia. Através desta pesquisa, pretendemos verificar se a suplementação de maior quantidade (8 e 10%) de carboidratos é suficiente para prevenir uma queda da glicemia decorrente do exercício em adolescentes com DM tipo1.

I - REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo da dissertação será abordada uma revisão sobre a Diabetes Mellitus, suas características, classificações, diagnóstico e tratamento. O metabolismo de carboidratos será discutido com o objetivo de facilitar a compreensão de sua participação e importância no exercício, além de sua suplementação no tratamento e prevenção da hipoglicemia no indivíduo diabético tipo 1.

1.1 - Diabetes Mellitus

A Diabetes Mellitus (DM) inclui um grupo de doenças metabólicas caracterizadas por hiperglicemia resultante, tanto pela ineficiência das células β do pâncreas em sintetizar e secretar o hormônio insulina ou pela ocorrência de defeitos na ação desse hormônio em seus tecidos-alvo, ou ambos, causando um desequilíbrio no metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas (DAVIDSON, 2001).

A hiperglicemia se manifesta por sintomas agudos como poliúria, polidipsia, perda de peso, polifagia e visão turva ou ainda podendo levar ao risco de vida como nos casos de cetoacidose diabética e de síndrome hiperosmolar não-cetótica. Quando a hiperglicemia se torna crônica pode agravar ainda mais o quadro

diabético, tendo como conseqüências lesões, disfunções e o comprometimento de órgãos vitais como rins, coração, nervos, olhos, e vasos sangüíneos (ADA, 2003).

O pâncreas é um órgão que possui funções endócrinas e exócrinas, sendo a manutenção da homeostasia da glicose uma das principais funções da parte endócrina. A porção endócrina é composta por agrupamentos celulares, chamados de Ilhotas de Langerhans, que constituem apenas 2% do seu volume. Cada ilhota é composta por quatro tipos celulares, células α , β , δ e PP, que têm suas funções distintas. As células α sintetizam e secretam o hormônio glucagon, as células δ são fontes de somatostatina, as células PP são fontes do polipeptídeo pancreático, e as células β são responsáveis pela síntese e secreção de insulina, constituindo aproximadamente 60-70% das células das ilhotas. É possível que exista alguma relação funcional entre as células das ilhotas, além disso, todas participam na regulação do metabolismo energético (AIRES, 1999).

Entre os hormônios mais importantes na regulação da glicose sangüínea estão a insulina e o glucagon. A insulina é um hormônio peptídico formado por duas cadeias de aminoácidos. Nos mamíferos, é o principal hormônio controlador de glicose plasmática, sendo assim, responsável pela disponibilidade dos substratos energéticos. A insulina também promove outros eventos celulares como: regulação do transporte de íons (potássio, magnésio e fosfato) e aminoácidos, metabolismo de lipídios, síntese de glicogênio, proteínas e DNA (BERNE e LEVY, 2000).

A insulina mostra-se como elemento primordial para o armazenamento dos nutrientes absorvidos pela ingestão, estimulando o músculo esquelético, cardíaco e tecido adiposo a captar glicose da circulação sangüínea, armazenando-a na forma de glicogênio, reduzindo sua disponibilidade no sangue. Ela reduz a mobilização de lipídios e estimula a síntese de proteínas. Sua síntese e secreção são aumentadas no período pós-prandial (BRODY, 1999; MAUGHAN et al., 2000; BERNE e LEVY, 2000).

O glucagon é um hormônio peptídeo, cuja função é a manutenção da normoglicemia na vigência de maior demanda tecidual de glicose. Na maioria dos casos as ações são contrárias às da insulina. O glucagon é secretado em resposta a deficiência de glicose e age elevando seus níveis, ele estimula o fígado (órgão alvo) a mobilizar e liberar glicose aumentando sua disponibilidade na corrente sanguínea, no período de jejum (BRODY 1999; MAUGHAN et al., 2000; BERNE e LEVY, 2000).

Na DM ocorre um desequilíbrio hormonal e metabólico, ou seja, a produção e secreção de insulina podem estar diminuídas ou inexistentes, ou ainda existe uma resistência de sua ação levando a principal consequência – hiperglicemia. A terapia com insulina reduz sistematicamente os níveis plasmáticos de glicose, aminoácidos, ácidos graxos livres e cetoácidos para valores normais.

Em janeiro de 2003 foi novamente publicado o consenso sobre diabetes, o “Report on the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus” (COMMITTEE REPORT 2003). Nesse documento são estabelecidas as diretrizes de diagnóstico, classificação e tratamento da DM. Nesta revisão, esse documento será usado como referencial teórico, visto ser uma publicação atualizada no assunto e elaborada por membros da Associação Americana de Diabetes (ADA).

1.2 - Classificação

No “Report on the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus”, (COMMITTEE REPORT 2003), ficou determinado que a DM deve ser caracterizada pela etiologia da doença e não mais pela forma de tratamento, ou pelo grau de hiperglicemia, sendo assim, a DM que era anteriormente denominada diabetes mellitus insulino dependente (DMID) ou diabetes mellitus juvenil, passou a ser apenas, DM tipo 1. O outro tipo de diabetes chamada de diabetes mellitus não insulino dependente (DMNID) ou diabete mellitus de início adulto, hoje é apenas denominada por DM tipo 2 (COMMITTEE REPORT 2003).

1.2.1 - Diabetes Mellitus Tipo 1

A DM tipo 1 é caracterizada por uma destruição rápida ou lenta, dependendo do caso, das células β do pâncreas, eliminando a síntese e secreção de insulina. A destruição das células β pode ter várias etiologias, como uma resposta auto-imune, idiopática, infecção ou estresse (COMMITTEE REPORT 2003).

A maior incidência de DM tipo 1 ocorre em crianças e adolescentes, mas também pode ter seu início em idades mais adiantadas como adultos e idosos.

A primeira manifestação clínica da doença é a cetoacidose diabética (aumento de corpos cetônicos). A cetoacidose pode ocorrer em duas intensidades, podendo ser grave, moderado, e quando ainda existe algum resíduo de produção de insulina, ela pode não ocorrer (COMMITTEE REPORT 2003). Esta complicação crônica da doença é a causa mais comum de morte relacionada com a DM em crianças devido ao edema cerebral que ela causa. A cetoacidose pode ser diagnosticada quando ocorre aumento da glicosúria $>55 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ e cetonúria, hiperglicemia $>200 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$, pH $<7,3$, bicarbonato $<15 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, desidratação de 5%, vômitos e sonolência (DIABETES GUIDELINES 2004).

1.2.2 - Diabetes Mellitus Tipo 2

A DM tipo 2 ocorre em indivíduos que a resistência à insulina pode ocorrer em graus variáveis e deficiência relativa da secreção deste hormônio (Consenso Brasileiro de Diabetes, 2003).

As causas específicas da DM tipo 2 são desconhecidas. No entanto, sabe-se que estes indivíduos apresentam fatores de risco em comum como: obesidade, avanço da idade, sedentarismo, hipertensão arterial sistêmica, dislipidemia, além do forte fator genético (COMMITTEE REPORT 2003).

Embora estes indivíduos raramente apresentem cetoacidose, a hiperglicemia se desenvolve gradualmente, podendo levar anos até ser diagnosticada (COMMITTEE REPORT 2003).

1.3 - Diagnóstico de DM

O critério estabelecido pelo Committee Report (2003) determina 3 métodos para diagnóstico da DM, sendo recomendado que cada teste positivo seja confirmado por um outro teste em dia subsequente:

- glicose plasmática de jejum $\geq 126 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ou $7,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, sendo considerado um período jejum de pelo menos 8 horas.
- sintomas de diabetes (poliúria, polifagia, polidipsia e perda inexplicável de peso) e concentração casual de glicose $\geq 200 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ou $11,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- glicose plasmática de 2h (GP2h) $\geq 200 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ no teste de tolerância à glicose.

1.4- Tratamento de DM

O principal objetivo do tratamento é prevenir a hiperglicemia. A glicemia pode ser reduzida a níveis normais com:

- **Orientações.** Recomenda-se que o indivíduo participe de grupos de apoio e receba orientações de uma equipe multiprofissional como

médicos, enfermeiros, psicólogos, nutricionistas, professores de educação física.

- **Dieta.** Todo diabético deve seguir um esquema alimentar individualizado que proporcione todos os nutrientes necessários prevenindo as complicações da doença.
- **Monitorização da glicose.** A glicemia deve ser monitorizada freqüentemente para evitar picos de hipo e hiperglicemia.
- **Medicação antidiabética.** A medicação deve ser prescrita pelo médico podendo ser drogas hipoglicemiantes orais (DM tipo 2) ou injeções de insulina (DM tipo 1 ou tipo 2).
- **Exercício.** A prescrição deve ser individualizada e seguida de forma sistêmica a fim de evitar as complicações.

1.5 - Diabetes Mellitus Tipo 1 e Exercício

Os indivíduos portadores de DM tipo 1 sem complicações secundárias à doença e com controle adequado da glicemia não precisam ser excluídos de qualquer tipo de atividade física, seja ela recreativa ou competitiva (ADA, 2003).

A atividade física faz parte do tratamento da Diabetes Mellitus. Traz benefícios como melhora do perfil lipídico, aumento de força e flexibilidade, aumento do gasto energético (redução de peso, manutenção de massa magra e aumento da oxidação de gorduras), melhora do condicionamento cardiovascular e melhora do bem estar do indivíduo (ACSM, 1998; LANDT et al., 1985; STRATTON et al., 1987). Nugent e colaboradores (1997) verificaram, durante um teste progressivo em bicicleta, que as respostas cardiorespiratórias (débito cardíaco, freqüência cardíaca, duplo produto, ventilação e quociente respiratório) de indivíduos com DM tipo 1 não foram significativamente diferentes dos indivíduos do grupo controle e, desta forma, não existe evidência que as respostas ao exercício sejam prejudicadas devido à doença.

Especificamente, para os diabéticos tipo 1, o exercício físico isolado, como única forma de tratamento não traz melhora do controle glicêmico, embora melhore a sensibilidade à insulina (LANDT et al., 1985). Alguns estudos mostram que programas de treinamento físico de 12 semanas isolados não são capazes de melhorar o controle metabólico da doença (hemoglobina glicosilada) (ROBERTS et al., 2002; HUTTUNEN et al., 1989; LANDT et al., 1985).

1.5.1 – Controle Metabólico da Glicemia no Repouso e no Exercício: Não Diabéticos X Diabéticos Tipo 1

Nos indivíduos não diabéticos, durante o repouso, a ingestão de carboidratos (CHO) estimula a secreção e liberação de insulina na corrente sanguínea. A ingestão de glicose promove um aumento significativo nos níveis plasmáticos de insulina, podendo chegar a 7 vezes o valor de jejum, mas, após aproximadamente 15 min após a ingestão de CHO a insulina retorna ao valor inicial (RAMIRES et al., 1997).

Durante a atividade física, nos indivíduos não diabéticos, a insulina plasmática tende a diminuir, após 30 (BERGER et al., 1977) ou 60 (MACLAREN et al., 1999) minutos de exercício, provavelmente devido ao efeito inibitório das catecolaminas, cuja ação sobre a insulina é proporcional à intensidade de exercício (MCARDLE 1998). Conforme Koivisto e colaboradores (1981), quando houve a ingestão de 75 g de glicose 45 min antes do exercício, o aumento da glicemia estimulou 4,5 vezes o aumento da insulinemia, conseqüentemente, levando a uma redução da glicemia a níveis hipoglicêmicos, nos primeiros 30 min de exercício, momento em que a insulina retornou aos valores basais.

Os hormônios contrarreguladores à insulina: glucagon, adrenalina, noradrenalina e cortisol têm suas secreções e liberações aumentadas na corrente sanguínea durante o exercício. Estes hormônios, quando liberados no sangue, aumentam a concentração plasmática da glicose através dos processos bioquímicos – glicogenólise e gliconeogênese. A produção de glucagon sofre um aumento com o decorrer do exercício e conseqüentemente estimula a produção de glicose via glicogenólise hepática (BERGER et al.,1977; MACLAREN et al.,1999). Desta forma, ocorre um equilíbrio metabólico no indivíduo mantendo estáveis os níveis de glicose no sangue.

Nos indivíduos portadores de DM tipo 1, as adaptações hormonais diferem dos indivíduos não diabéticos, uma vez que existe a necessidade de administração exógena de insulina. Conforme Berger e colaboradores (1977), nos diabéticos tipo 1, durante uma série de exercício moderado, as respostas hormonais e metabólicas dependem do estado de controle metabólico da doença, existindo uma forte correlação ($r= 0,89$) entre a glicemia inicial e as mudanças na glicemia durante o exercício. Nos indivíduos diabéticos tipo 1 com cetoacidose (glicemia $> 300 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) o exercício pode ser responsável por um aumento da glicemia, já os indivíduos com moderado controle metabólico da doença (glicemia $\sim 180 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) o exercício gera uma redução da glicemia.

Já se sabe que, tanto a contração muscular, quanto a insulina aumentam o transporte de glicose para dentro das células musculares. Conforme a revisão de Hayashi e colaboradores (1997), muitos trabalhos têm sido desenvolvidos em relação à captação de glicose pelo tecido muscular. Já se sabe que, tanto o exercício como a insulina são capazes de estimular a captação de glicose pelas células através dos transportadores celulares de glicose, mesmo agindo independentemente um do outro, entretanto, a captação de glicose será maior quando o estímulo do exercício e da insulina estiverem em associação.

O treinamento físico sistemático também é responsável por um aumento na captação de glicose em indivíduos não diabéticos (DELA et al., 1992), por outro lado, conforme Peltoniemi et al (2001), nos indivíduos diabéticos tipo 1, esta habilidade está diminuída.

O transporte de glicose para dentro do tecido muscular ocorre através do processo de difusão facilitada mediada por duas isoformas de proteínas transportadoras: GLUT-1 e GLUT-4. O GLUT-1 é responsável pela captação de glicose, pelo tecido muscular, em condições basais, enquanto que, o GLUT-4 age tanto em condições em que a musculatura é estimulada por hormônios ou sinais nervosos quanto em condições basais (HANSEN et al.,1995). O GLUT-4 está presente no citoplasma, armazenado em pequenas vesículas, com a estimulação da insulina as vesículas se fundem com a membrana plasmática, liberando o GLUT-4 que atua na captação da glicose plasmática.

A captação de glicose, pela musculatura, é limitada pela sua oxidação, por essa razão espera-se que este mecanismo seja rigorosamente regulado (KLIP et al.,1994). Uma vez dentro das células, a glicose é fosforilada e transformada em glicose-6-fostato e através de processos bioquímicos (glicólise anaeróbia e aeróbia) irá produzir energia.

Quando ocorre o aumento da concentração sérica de insulina no indivíduo diabético tipo 1, devido a uma terapia inadequada, a captação e oxidação da glicose plasmática pelo tecido muscular são aumentadas o que pode acarretar em hipoglicemia, principalmente durante e/ou após o exercício físico (ADA, 2003).

1.5.2 - Hipoglicemia Induzida pelo Exercício em DM Tipo 1

A hipoglicemia é uma das complicações agudas da DM resultando de um desequilíbrio entre insulina, consumo alimentar e exercício (DIABETES

GUIDELINES, 2004). Para indivíduos tratados com insulina, considera-se hipoglicemia a glicose sanguínea inferior a $72,0 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ou $4,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ sendo aliviada com a administração de carboidratos.

Segundo Yale e colaboradores (2001), a hipoglicemia pode ser definida como um estado no qual existem sintomas autonômicos (tremores, palpitações, sudorese, ansiedade, fome, náuseas, formigamento) ou de neuroglicopenia (dificuldade de concentração, confusão, fraqueza, sonolência, alteração de visão, dificuldade em falar, cefaléia, vertigem e cansaço, ou coma). A hipoglicemia também acelera o esvaziamento gástrico de nutrientes, independente da ação de hormônios ou peptídeos gastrointestinais, enquanto que a hiperglicemia retarda o esvaziamento (SCHVARCZ et al., 1997).

De acordo com Ramires e colaboradores (1997), os indivíduos diabéticos tipo 1 que praticam atividade física podem ser divididos em dois subgrupos. O primeiro subgrupo seria dos indivíduos que sofrem diminuição da glicemia decorrente do exercício e o outro dos indivíduos em que a glicemia não se altera. Verificou-se que a administração de glicose durante uma hora de exercício em cicloergométrico melhorou a capacidade aeróbica somente dos indivíduos do subgrupo em que a glicemia diminuiu durante o exercício.

Como formas de prevenção da hipoglicemia decorrente da atividade física em indivíduos diabéticos, recomenda-se monitorar a glicemia antes, durante e após o exercício, ingerir uma dose de CHO de rápida absorção quando a glicemia baixar de $90 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($5,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$), além de evitar a aplicação de insulina na musculatura ativa durante o exercício (YALE et al., 2001; KOIVISTO e FELIG, 1978).

Conforme Temple e colaboradores (1995), as respostas glicêmicas de adolescentes com DM tipo 1 que realizaram 60 min de exercício físico se tornam confiáveis e reprodutíveis quando se mantém constante o tipo e a intensidade do exercício, as refeições pré-exercício e as doses de insulina. Neste estudo, 9

adolescentes participaram de duas sessões de exercício em bicicleta de 60 min em que a ingestão alimentar e de CHO durante o exercício, doses e local de aplicação de insulina e a intensidade do exercício eram mantidas idênticas.

1.5.3 - Manejo da Hipoglicemia Induzida pelo Exercício

Alguns estudos foram realizados com o objetivo de descobrir uma maneira para prevenir que o indivíduo DM tipo 1 atinja a hipoglicemia decorrente da prática do exercício físico (RIDDELL et al.,1999, 2000-a; RAMIRES et al.1997; SOO et al., 1996). As formas para se evitar a hipoglicemia durante o exercício em indivíduos com DM tipo 1, e garantir a segurança durante sua participação em exercícios, são a reavaliação da dosagem de insulina em dias de eventos esportivos, e/ou o aumento da ingestão de CHO durante o exercício (DEROUICH e BOUTAYEB, 2002).

A reavaliação da dosagem de insulina não é algo muito prático, principalmente, quando pensamos em crianças e adolescentes. Estes indivíduos têm uma vida ativa, sem horário regrado para qualquer atividade que aumente as necessidades energéticas, além disso, é difícil controlar a intensidade e tempo de duração do evento esportivo. Logo, a oferta de carboidratos durante o exercício físico parece ser mais viável, por disponibilizarmos a estes indivíduos substratos que ajudem a manter a glicemia estável (RIDDELL et al.,1999).

A análise da quantidade de carboidratos oxidada em um período de esforço e sua posterior ingestão é uma das formas de suplementar CHO a indivíduos diabético tipo 1 que praticam atividade física (RIDDELL et al.,1999 e 2000-a). Riddell e colaboradores (1999), estudaram a oxidação e o consumo deste nutriente em os adolescentes com DM tipo 1 que participaram de duas sessões de exercício. Na primeira sessão de exercício a taxa de CHO oxidada ($\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$) foi determinada utilizando-se a tabela de quociente respiratório não protéico. Na segunda sessão, houve a ingestão da mesma quantidade de CHO oxidada na primeira. A

suplementação de CHO atenuou a redução da glicemia dos indivíduos, ao contrário da sessão em que não houve ingestão de CHO e 9 indivíduos tiveram seus testes interrompidos devido a hipoglicemia.

Outra opção é oferecer uma dose de CHO em relação ao peso corporal do indivíduo. Ramirez et al. (1997), utilizaram uma solução oral de dextrosol, no qual ofereceram $1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso corporal a adultos com DM tipo 1, sem aplicação de insulina por 12 h, 30 min antes de um exercício moderado a exaustão. Após 45 min do consumo de CHO a glicemia destes indivíduos estava significativamente mais elevada, e no decorrer do exercício ela foi reduzindo, mas mesmo assim, no final da sessão os indivíduos diabéticos apresentavam níveis plasmáticos de glicose elevados em relação aos valores iniciais.

Andrade e colaboradores (1998), verificaram a influência da suplementação de carboidratos na forma líquida a 6% comparado com água na resposta glicêmica de adolescentes diabéticos tipo 1. Apesar da redução na glicemia ter sido significativamente menor na situação em que os indivíduos ingeriram a solução que continha CHO em comparação com a água, esta concentração não foi suficiente para evitar uma diminuição da glicemia no final do exercício em relação aos valores iniciais.

1.5.4 - Reposição de Carboidratos - Bebidas Carboidratadas

As principais características a serem observadas antes de se oferecer um alimento ou bebida a um praticante de exercício, principalmente se este for diabético tipo 1, são o tipo de carboidrato (alto ou baixo índice glicêmico), a sua concentração em determinado alimento e a forma em que esse alimento será administrado.

Os alimentos ricos em carboidratos podem ser classificados e categorizados de acordo com seu Índice Glicêmico (IG), ou seja, conforme seu poder de disponibilizar glicose na corrente sanguínea em um determinado período de tempo após a sua ingestão. Um dos objetivos da determinação do IG dos alimentos ricos em CHO é o de educar os indivíduos diabéticos a controlar sua alimentação (FOSTER-POWELL e MILLER, 1995). O IG também é utilizado para organizar a disponibilidade de glicose plasmática em relação às dosagens de insulina e com isso evitar uma hiper ou hipoglicemia.

Acredita-se que durante o exercício os melhores alimentos a serem consumidos, para evitar hipoglicemia em diabéticos tipo 1, sejam os que apresentam moderado ou alto IG. A glicose e as bebidas esportivas são exemplos de alimentos com um alto IG, enquanto que a sacarose é considerada com moderado IG e a frutose baixo IG (BURKE et al., 1998).

Guezennec e colaboradores (1989) desenvolveram um estudo, em indivíduos não diabéticos, para comparar as respostas metabólicas e endocrinológicas na oxidação de três tipos de CHO provenientes da alimentação: glicose, amido de milho e frutose. Através deste estudo pode-se verificar a semelhante influência da ingestão de glicose e amido de milho na resposta glicêmica durante o repouso e após 120 min de exercício moderado. A ingestão destes dois tipos de carboidratos provocou um aumento significativo da glicemia na primeira hora do repouso, tendo uma rápida diminuição após 30 min de exercício. A resposta metabólica ao consumo de frutose foi diferente, não causando alterações significativas na glicemia em nenhuma das situações – repouso e exercício. Em um estudo semelhante Koivisto et al (1981), compararam o comportamento ingestão da glicose e da frutose 45 min antes do exercício, e verificaram que após a ingestão da solução com glicose houve um aumento de 3 vezes na glicemia e de 2,5 vezes na insulinemia quando comparado com a solução com frutose.

O consumo de soluções contendo glicose e frutose, por indivíduos adultos e não diabéticos durante o exercício moderado, podem melhorar as taxas de oxidação de carboidratos atingindo picos de $\sim 1,3 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ (média normal $\sim 1,0 - 1,2 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$) (JENTJENS et al, 2004). Em adolescentes, o consumo de bebidas contendo glicose e frutose economiza as reservas de gordura e glicogênio podendo aumentar o tempo de exercício à exaustão em até 40% quando comparado com ingestão de água (RIDDELL et al, 2001).

A forma líquida é uma boa opção para oferta de carboidratos, principalmente, para indivíduos que praticam atividade física, geralmente, ela apresenta digestibilidade e esvaziamento gástrico mais rápidos, disponibilizando mais prontamente o substrato energético além de hidratar o indivíduo (SHI et al., 1995).

A ingestão das bebidas contendo carboidratos também é beneficiada devido a sua palatabilidade (DAVIS et al., 1988; WILK e BAR-OR 1996), presença de sabor e eletrólitos (MEYER, 1994). Conforme Rivera-Brown e colaboradores (1999), essas características favorecem uma maior aceitação e consumo voluntário das bebidas esportivas em relação à água quando oferecidas *ad libitum* a crianças se exercitando a 60% do $\text{VO}_{2\text{max}}$.

Segundo Shi e colaboradores (1995), as soluções que contêm glicose e frutose induzem a uma maior absorção de CHO em relação à água e ao sódio, sendo que as soluções que contêm 6% de CHO (frutose e glicose) e eletrólitos são as que têm melhor absorção de CHO, água e eletrólitos. Por outro lado, soluções contendo 12% de glicose e eletrólitos podem aumentar os riscos de desconforto gastrointestinal, podendo comprometer a performance durante o exercício (Davis et al., 1988).

Acreditamos, que a administração de uma solução contendo sabor e carboidratos (glicose e frutose) em concentrações de 8 e 10% terão, provavelmente,

uma boa aceitação, sem causar desconforto gastrointestinal, além de uma resposta glicêmica satisfatória em adolescentes diabéticos tipo 1.

II – PROPOSTA DE TRABALHO

2.1 - Objetivo Geral

Verificar a resposta glicêmica em adolescentes portadores de DM tipo 1, durante 60 min e após 60 min do término de um exercício submáximo (55-65% do VO_{2max}) em ciclo ergômetro em 2 situações: (1) com a utilização de bebida carboidratada a 8% e (2) com a utilização de bebida carboidratada a 10%.

2.2 - Problema

A suplementação de carboidratos na forma líquida a 8% e 10%, num volume adequado para manter a hidratação, é suficiente para manter a glicemia em indivíduo com DM tipo 1 durante e após o exercício físico?

2.3 - Hipóteses

- H1: A suplementação de carboidratos a 8% atenua a diminuição dos valores iniciais da glicemia durante e após o exercício físico.

- H2: A suplementação de carboidratos a 10% faz com que a glicemia se mantenha estável durante e após o exercício

III - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Delineamento

Este estudo foi um Ensaio Clínico Randomizado Cruzado, que avaliou a influência do consumo de bebidas carboidratadas a 8 e 10% na glicemia de adolescentes portadores de DM tipo 1 durante e após o exercício. Dezesesseis indivíduos receberam os dois tipos de bebida numa ordem randomizada e de forma duplo-cega. As duas sessões de exercício eram separadas por um intervalo de 3 a 10 dias.

3.2 - Intervenção ou Fator em Estudo

Bebida carboidratada em concentração de 8% e 10%: bebida isotônica tendo como componentes de sua formulação 8 g e 10 g carboidratos para cada 100 ml de líquido distintamente.

3.3 - Desfecho Clínico

Varição da concentração de glicose no sangue.

3.4 - População e Amostra

A população constou de adolescentes diabéticos tipo 1, na faixa etária de 13 a 20 anos, residentes no estado do Rio Grande do Sul.

A amostra foi inicialmente formada por 19 adolescentes. Foram excluídos da amostra três indivíduos, um por não apresentar controle da glicemia (glicemia capilar $> 250 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) em três dias de teste, outro por não cooperar com os procedimentos e o outro por usar bomba de insulina.

A amostra final constituiu de 16 adolescentes (10 masculinos e 6 femininos) portadores de DM 1, com idade de 13 a 20 anos, com a doença controlada e sem complicações, não obesos e ativos, mas não atletas. A ausência de complicações decorrentes da doença (neuropatia, retinopatia e nefropatia) foi atestada pelo médico particular de cada indivíduo.

Os participantes foram recrutados voluntariamente, através de convite. O tamanho da amostra foi estimado em 16 indivíduos considerando um alfa de 0,05 e um beta de 0,20 para diferença de glicemia entre os grupos, semelhantes às observadas em estudo anterior (ANDRADE et al., 1998) com placebo e uma bebida com CHO a 6%.

Todos os adolescentes que participaram do estudo concordaram com todos os procedimentos e um dos pais (se menor de 18 anos) assinou o documento de consentimento informado (ANEXO 1), aprovado pela Comissão de Pesquisa e Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 23 de abril de 2003 (ANEXO 5).

As características da amostra, duração da DM, níveis séricos de hemoglobina glicosilada e Consumo Máximo do Oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$) estão representadas na tabela 3.1.

TABELA 3.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS INDIVÍDUOS, DURAÇÃO DA DOENÇA, NÍVEIS SÉRICOS DE HEMOGLOBINA GLICOSILADA E VO_{2max}

N°	Sexo	Idade (anos)	Peso (Kg)	Estatura (cm)	ΣDobras * (mm)	Duração da doença (anos)	Hbg (%)	VO _{2max} (ml·kg·min ⁻¹)
1	M	15	69,7	178,0	88	1,5	4,5	39,7
2	M	19	64,1	162,5	180	12	6,6	31,9
3	M	20	67,2	173,5	78	1	5,8	45,7
4	M	20	72,2	178,8	59	10	7,2	37,9
5	M	15	46,8	151,0	111	5	7,2	39,5
6	M	17	77,5	182,0	93	4	4,9	46,3
7	M	16	67,7	176,5	136	12	5,1	40,9
8	M	17	58,7	166,5	101	12	9,1	38,2
9	M	13	56,5	161,5	111	7	7,5	41,2
10	M	14	57,3	162,6	132	1,5	5,6	41,7
11	F	20	53,9	153,5	140	3	5,6	30,2
12	F	13	56,6	151,6	208	9	8,5	23,2
13	F	17	51,3	163,0	133	11	10,7	24,5
14	F	13	61,6	163,0	189	4	12,9	25,1
15	F	13	51,6	163,5	146	4	ND	24,7
16	F	18	60,3	157,5	261	13	8,5	17,5
Média		16,25	60,81	165,31	135,38	6,88	7,31	34,26
D.Padrão		2,65	8,41	9,84	52,67	4,35	2,33	8,68

M = masculino; F = feminino; ND = não disponível * Dobras: bíceps, tríceps, subescapular, abdominal, supra-ilíaca, coxa e panturrilha.

O tipo de insulina, doses e horários de aplicação estão apresentados na tabela 3.2.

TABELA 3.2 – TIPO E DOSES DE INSULINA E HORÁRIOS DE APLICAÇÃO

Nº	Sexo	Tipo de Insulina	Dose	Horário
1	M	NPH	± 16 un	manhã e noite
		Lispro	± 3 un	antes das refeições
2	M	Humolin (30/70)	52 un	manhã
3	M	NPH	22 un, 12 un, 15 un	manhã, meio-dia, noite
		Humalog	5 un	antes das refeições
4	M	NPH	± 54 un	manhã
		Humalog	depende do teste	antes das refeições
5	M	NPH	20 un, 8 un, 8 un	manhã, meio-dia, noite
		Humalog	depende do teste	antes das refeições
6	M	NPH	± 3 un	manhã
7	M	NPH	14 un, 12 un, 4 un, 10 un	manhã, meio-dia, noite, ceia
		Humalog	4 un, 6 un, 4 un, 4 un	manhã, meio-dia, noite, ceia
8	M	NPH	30 un, 10 un, 12 un,	manhã, meio-dia, noite
		Humalog	6 un, 2 un, 4 un,	manhã, meio-dia, noite
9	M	Mista	38 un, 12un	manhã, noite
10	M	NPH	34 un, 18 un	manhã, noite
11	F	NPH	± 30 un, 8 un	manhã, noite
		Humalog	depende do teste	antes das refeições
12	F	NPH	18 un, un	manhã, noite
		Humalog	4 un, 6 un	manhã, noite
13	F	Novolin/Novorapid	20 un, 20 un	manhã, noite
14	F	NPH	20 un, 10 un	manhã, noite
15	F	Lantus	32 un	
		Humalog	3-4 un	antes das refeições
		Novorapid	6 un	
16	F	NPH	16 un, 10 un, 8 un,	manhã, meio-dia, noite
		Humalog	6 un, 8 un,	depende dos testes

M = masculino; F = feminino; un = unidades

3.5 - Local de Origem

A pesquisa teve origem na Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3.6 - Local de Realização

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) na ESEF da UFRGS.

3.7 - Procedimentos de Avaliação

Cada adolescente compareceu ao LAPEX em 3 dias distintos com intervalo de no máximo 10 dias entre eles.

1º. DIA: AVALIAÇÃO DA SAÚDE, ANTROPOMÉTRICA E TESTE DE POTÊNCIA AERÓBICA

No primeiro dia de teste, foram aplicados um questionário com dados pessoais e outro de saúde, realizada a avaliação antropométrica e o teste de VO_{2max} . Os adolescentes foram orientados a manter a dosagem de insulina e a dieta.

Avaliação de Saúde e Antropométrica

A avaliação da saúde foi questionada através de uma anamnese onde era perguntado sobre o início da doença, médico responsável, tipo e doses de insulina. A avaliação antropométrica incluía: massa corporal (balança Filizolla com precisão de 100 g); a estatura (estadiômetro de parede desenvolvido no LAPEX com precisão de 10 mm); e 7 dobras cutâneas (subescapular, tríceps, bíceps, abdominal, supra-

ilíaca, coxa e panturrilha) utilizando o compasso Lange com precisão de 1,0 mm. Cada dobra cutânea foi mensurada sempre do lado direito, três vezes, e o valor mediano foi considerado para análise.

Teste Aeróbico

A determinação do VO_{2max} foi feita em ciclo ergômetro (Ergo Cycle 167, ENRAF NONIUS). Para análise do VO_2 foi utilizado um analisador de gases, modelo MGC CPX/D da *Medical Graphics Corporation* (St. Paul, EUA). Este aparelho coletou amostras de gás expirado e apresentou vários parâmetros ventilatórios em tempo real, com a possibilidade de armazenamento dos dados, para posterior análise. O indivíduo utilizou um bucal e um oclisor nasal limitando a respiração apenas pela boca. No presente estudo, utilizou-se a coleta de informações de 30 em 30 segundos. O procedimento de calibração foi adotado em todos os dias de teste. A calibração do espirômetro incluiu procedimentos de calibração do pneumotacógrafo e do analisador de gases. Uma calibração completa foi realizada pelo menos uma vez por dia. Procedimentos para calibração: a) Primeiramente, o espirômetro foi ligado e calibrado conforme as informações das condições ambientais: antes do início do processo de calibração informou-se a temperatura ambiente ($^{\circ}C$), a pressão atmosférica (mmHg) e a umidade relativa do ar (%). b) A calibração do volume zero no pneumotacógrafo foi feita eletronicamente pelo sistema. Em seguida, foi realizada a calibração do volume com cinco injeções e ejeções de ar em diferentes velocidades através do pneumotacógrafo com uma seringa de três litros. c) A calibração do analisador de gases consistiu no ajuste das concentrações de O_2 e CO_2 de acordo com as concentrações dos cilindros de referência (21% O_2 e nitrogênio para balanço) e de calibração (12% O_2 , 5,09% CO_2 e nitrogênio para balanço) da empresa *Air Products*. Por último, foi feita a medida da *phase delay*, ou seja, a diferença de tempo entre a detecção do fluxo pelo pneumotacógrafo, praticamente instantânea, e as medidas das concentrações dos gases pelo analisador.

O protocolo de exercício utilizado para determinação do VO_{2max} foi o teste de bicicleta da McMaster com carga inicial de 25 w a 50 w conforme a altura do indivíduo e com incremento de carga de 12,5 w a 50 w a cada 2 minutos, também conforme a altura do indivíduo (BAR-OR, 1983). O tempo total de teste foi de 8 a 12 minutos.

Antes do início e logo após o término do teste de VO_{2max} a glicemia capilar foi medida. A cada 2 minutos de teste era registrada a frequência cardíaca (FC), e os indivíduos eram questionados sobre a taxa de percepção ao esforço (TPE) (BORG, 1982), eles identificavam na tabela de Borg que varia de 6 “muito, muito leve” a 20 “extremamente pesado” para classificar subjetivamente suas sensações ao exercício. O teste era interrompido quando dois de três critérios eram alcançados: quociente respiratório (RER) > 1, TPE 19-20, ou o indivíduo pedia para suspender o teste.

2º e 3º DIAS: SESSÕES EXPERIMENTAIS

Nos segundo e terceiro dias, os indivíduos compareciam ao laboratório num mesmo horário e eram orientados a manter o mesmo padrão alimentar e de aplicações de insulina. As duas sessões experimentais eram idênticas, com exceção da bebida que era consumida (CHO 8% e CHO 10%).

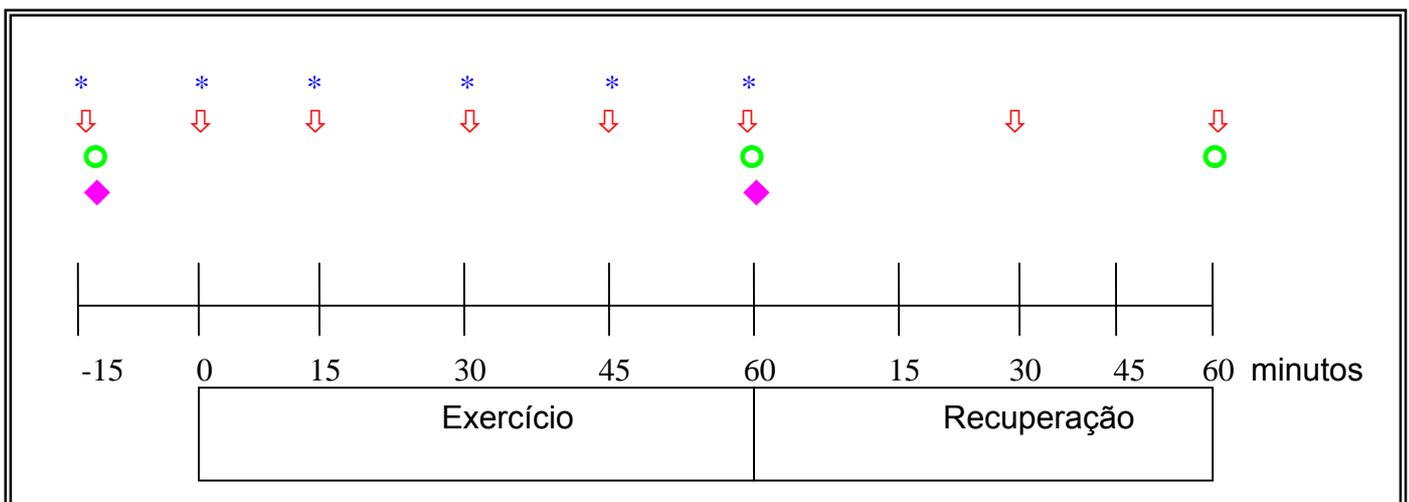
As sessões experimentais consistiam em 60 minutos de pedalada em bicicleta ergométrica (Ergo Cycle 167, ENRAF NONIUS) correspondendo a 55 a 65% do VO_{2max} medido e 60 min de recuperação nos quais os indivíduos permaneciam sentados em repouso no laboratório.

A determinação de carga (em watts) correspondente a 55 e 65% do VO_{2max} foi conferida através da Tabela de Dispendio de Energia, em METs, para

Cicloergômetro sugerida pelo ACSM (1995). O VO_2 era conferido aos 10 e 40 minutos de exercício, durante 5 a 10 min, pelo analisador de gases. Caso necessário, a carga da bicicleta era alterada na primeira sessão e mantida na segunda para que o indivíduo permanecesse em 55-65% do seu VO_{2max} .

O diagrama esquemático do protocolo mostrando os momentos de coleta de sangue capilarizado e venoso e ingestão das bebidas é mostrado na FIGURA 3.7.1.

FIGURA 3.7.1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO PROTOCOLO:



- * Ingestão de bebida carboidratada (8% e 10%)
- ↓ Análise da glicemia por sangue capilarizado
- Coleta de sangue venoso para análise de glicemia
- ◆ Coleta de sangue venoso para análise de eletrólitos e hematócrito

As amostras de sangue capilarizado dos dedos da mão foram coletadas para determinação glicemia capilar, através do aparelho Accu-Check Advantage II (Roche). A análise da glicemia capilar foi feita 15 min antes do início do exercício, durante o exercício, nos tempos 0, 15, 30 45 e 60 min e nos 30 e 60 min do período de recuperação. Caso a glicemia capilar estivesse dentro dos critérios sugeridos pela ADA 2003, para início de exercício (entre $100 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ou $5,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ e $250 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ou $13,8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$), amostras de sangue venoso eram coletadas para

posterior análise de glicemia venosa, eletrólitos (Na^+ , Cl^- , K^+) e hematócrito. Uma vez iniciado o exercício, um critério para interrupção era glicemia capilar igual ou inferior a $60 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($3,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) (ADA, 2003).

Após o término dos 60 minutos de exercício, amostras de sangue venoso eram coletadas para análise de glicemia venosa, eletrólitos e hematócrito. A coleta de sangue para análise do controle da doença (hemoglobina glicosilada) foi feita no primeiro dia de teste experimental.

Os indivíduos foram observados nos 60 min de recuperação. Neste período, a glicemia capilar foi medida nos 30 e 60 min e a glicemia venosa nos 60 minutos.

Os indivíduos eram pesados antes do início e após o término do exercício, sem tênis e com o mínimo de roupa (bermuda para os meninos e short e top para as meninas), após serem solicitados a urinar.

Outras medidas feitas antes e durante o exercício foram: questionário de desconforto gástrico, questionário de gosto, frequência cardíaca (FC), taxa de percepção ao esforço (TPE), taxa de percepção de glicemia (TPG).

Antes do início, nos 30 e 60 min de exercício e nos 60 min de recuperação, o indivíduo respondia o questionário de desconforto gástrico (ANEXO II), em que havia perguntas sobre sede, enjôo, azia, alterações estomacais, desconforto estomacal e vontade de evacuar. O questionário era com respostas fechadas que variavam de 0 a 5 ou 0 a 10.

Em cada uma das sessões experimentais, após consumirem as bebidas antes de iniciar o exercício, os indivíduos respondiam o questionário de gosto (ANEXO III). Era um questionário categórico em escalas que variavam de 0 a 9 ou 10 ou de 1 a 3 dependendo da pergunta.

Logo no início e a cada 15 minutos de exercício, eram verificados a FC (Frequencímetro Polar) e os indivíduos eram perguntados sobre a TPE.

A TPG foi questionada nos momentos em que a glicemia capilar era verificada, sendo que os indivíduos não tinham conhecimento dos valores glicêmicos obtidos nos testes.

O volume de líquido ingerido foi o mesmo nos dois dias de teste. Os indivíduos consumiram $5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ 15 min antes do início da sessão de exercício e $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ nos 15, 30 e 45 min de exercício (MEYER, 1994). A temperatura dos líquidos foi mantida entre 8 e 10°C para facilitar o esvaziamento gástrico.

As bebidas consumidas nestas duas sessões de exercício foram confeccionadas especialmente para a pesquisa com concentrações de 8 e 10% de carboidrato (CHO 8% e CHO 10%, respectivamente). O preparo das bebidas foi feito pela mestranda. Foram mantidas as mesmas proporções de carboidratos de uma bebida esportiva (Gatorade) 67% de glicose e 33% frutose, sendo adicionado 1,36 g de glicose e 0,64 g de frutose para preparar a bebida CHO 8%, e para a bebida CHO 10%, 2,7 g de glicose e 1,3 g de frutose em cada 100 ml de uma bebida comercialmente utilizada por esportistas (Gatorade sabor uva). A osmolaridade das duas bebidas foi calculada através da fórmula $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Cl}^-) + \text{glicose} + \text{frutose}/18$, sendo os eletrólitos em $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$ e a glicose e frutose em gramas. A osmolaridade calculada da bebida CHO 8% foi de $479,5 \text{ mOsm}\cdot\text{L}^{-1}$ e da bebida CHO 10% foi de $589,5 \text{ mOsm}\cdot\text{L}^{-1}$.

Todos os procedimentos foram realizados por uma equipe previamente treinada, e cada um dos procedimentos foi realizado pelo mesmo membro da equipe. A execução correta dos protocolos foi conferida pela mestranda.

Análise de Sangue

As análises de hemoglobina glicosilada, eletrólitos e glicemia venosa foram realizadas pelo Serviço de Patologia Clínica, Unidade de Bioquímica do HCPA.

Para coleta de sangue para análise de eletrólitos (Na^+ , Cl^- , K^+), foi utilizado um tubo Vacuteiner com gel separador. Para análise de eletrólitos o sangue foi centrifugado, no laboratório de Bioquímica do LAPEX pela centrífuga PK 120R (ALC International – Itália) por 5 minutos a 4.000 rpm a 5°C para separação do plasma. Os eletrólitos, Na^+ , Cl^- , K^+ , foram posteriormente analisados no HCPA por Íon Eletro Seletivo (IES) (Ádvia Bayer) tendo como valores de referência 136-145 $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$, 96-106 $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$ e 3,5-5,1 $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente.

A coleta de sangue para análise de glicose foi feita com um tubo Vacuteiner com adição de íon fluoreto. A determinação de glicose plasmática pré e pós-exercício e recuperação foram feitas pelo método enzimático UV hexoquinase (Ádvia Bayer) com valores de 70-110 $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ como referência.

A coleta de sangue para análise da hemoglobina glicosilada foi feita com tubo Vacuteiner com adição de EDTA, para conservação. A hemoglobina glicosilada foi analisada por cromatografia catiônica de alta resolução (HPLC) (Hitachi L-9100) tendo como valores de referência 3,1-4,3% para indivíduos não diabéticos.

Os hematócritos pré e pós-exercício foram determinados no laboratório de Bioquímica do LAPEX pela centrífuga Micro EV:024 (Eulab – Brasil) por 5 min. Para todos os indivíduos, os hematócritos foram determinados em duplicata e os resultados apresentados em médias.

3.8 - Análise Estatística

Os resultados são descritos com suas médias e desvio padrão na forma de tabelas e gráficos. Foi feita uma análise de variância dos dados dentro de cada grupo através de teste estatístico ANOVA de medidas repetidas, e as bebidas foram comparados usando-se uma variável derivada “delta”, através do teste t para amostras pareadas. Para comparar os resultados de glicemia capilar com a TPG foi usado o teste t para amostras pareadas. Para os cálculos utilizou-se o pacote estatístico SPSS 10.0 para Windows.

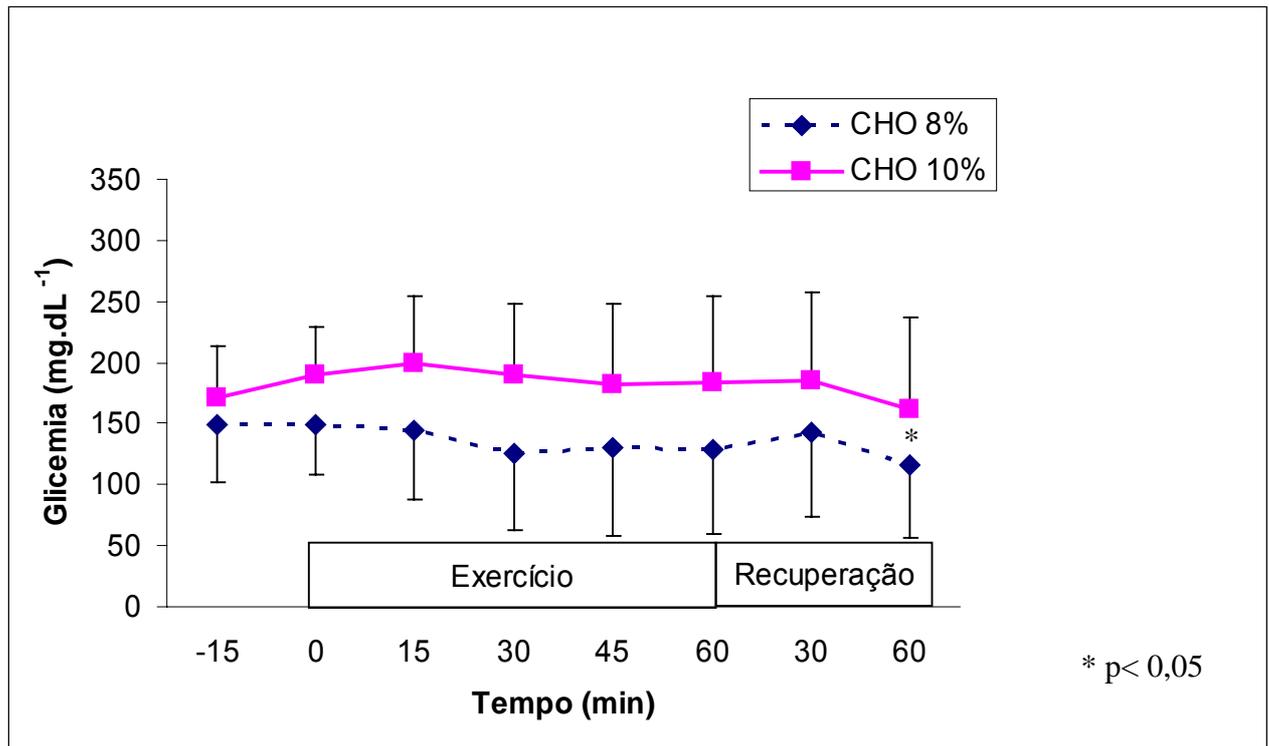
IV - RESULTADOS

A média de volume de bebida ingerida em cada sessão de exercício foi de 666,5 ml \pm 92 ml (516 a 852 ml). A quantidade média de CHO contida neste volume na bebida CHO 8% foi 53,32 g sendo 17,59 g de frutose e 35,72 g de glicose e, na bebida CHO 10% foi de 66,65 g sendo 21,99 g de frutose e 44,65 g de glicose. Este volume de líquido ingerido foi suficiente para manter o peso corporal dos indivíduos durante o período de exercício. A variação da massa corporal pré e pós-exercício com o consumo da bebida CHO 8% foi de 60,73kg (\pm 8,2 kg) para 60,78kg (\pm 8,15 kg) (p=0,587), e com a bebida CHO 10% de 60,95kg (\pm 8,5 kg) para 60,91kg (\pm 8,4 kg) (p=0,591).

Nenhum dos indivíduos apresentou sintomas gastrointestinais (azia, enjôo, vontade de evacuar ou desconforto gástrico) durante os 60 min de exercício e nos 60 min de recuperação, ou seja, todos indivíduos responderam 1 conforme questionário do ANEXO II. Todos os indivíduos referiram gostar das bebidas, 87,5% dos indivíduos respondendo de “super bom a bom”, e 12,5% referiram um sabor “nada especial”, conforme questionário do ANEXO III.

Os resultados da glicemia capilar nos tempos -15, 0, 15, 30, 45 e 60 min de exercício e 30 e 60 minutos da recuperação são apresentados no Gráfico 4.1.

GRÁFICO 4.1 - VALORES MÉDIOS DA GLICEMIA CAPILAR COM AS BEBIDAS CHO 8% E CHO 10% DURANTE O EXERCÍCIO E NA RECUPERAÇÃO



Glicemia capilar CHO 10% > CHO 8% em todos os momentos $p < 0,005$.

Na sessão em que foi consumida a bebida CHO 8% houve uma redução média não significativa de $20,06 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 48,4 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p > 0,05$) na glicemia capilar do início ao final do exercício (tempo 0 ao 60 min), na bebida CHO 10%, houve uma manutenção da glicemia ($-0,533 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($\pm 54 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p > 0,05$). A diferença entre os deltas das bebidas ($-19,53 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1} \pm 36,2 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) não foi significativa ($p = 0,056$). Entretanto, quando aplicado o teste ANOVA de medidas repetidas entre as duas bebidas observou-se uma diferença significativa ($p = 0,014$). Durante a sessão com a ingestão da bebida CHO 8%, 4 indivíduos tiveram seu teste interrompido devido à queda da glicemia capilar abaixo de $60 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$, o que não ocorreu com a bebida 10%. Quando comparadas às glicemias capilares entre as duas bebidas (t-test

pareado), observou-se que em todos os momentos a glicemia capilar com a bebida CHO 10% foi significativamente maior do que com a bebida CHO 8%.

As variações da glicemia venosa, nos períodos pré e pós-exercício se comportaram de maneira distinta, entre as bebidas. Na bebida CHO 8% houve uma diminuição não significativa de $19,13 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 66,8 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,286$), enquanto na bebida CHO 10% ocorreu um aumento não significativo da glicemia de $17,73 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 68,6 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,034$), entretanto a diferença entre os deltas de $-36,86 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 60 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) foi significativa ($p=0,033$).

No período de recuperação, a variação da glicemia capilar com a bebida CHO 8% apresentou uma queda significativa de $31,4$ ($\pm 26,2 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,002$) enquanto com a bebida CHO 10% houve uma redução não significativa de $22,56 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 49,16 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,086$). A variação da glicemia entre as bebidas ($-6,0 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1} \pm 57 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) não foi estatisticamente significativa ($p=0,721$). As variações da glicemia venosa na recuperação foram semelhantes as da capilar com queda significativa de $29,22 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 24 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,006$) na bebida CHO 8%, e não significativa de $13,7 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 38 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,244$) na bebida CHO 10%, não sendo a diferença entre os deltas ($-14 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1} \pm 47 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) significativa ($p=0,420$).

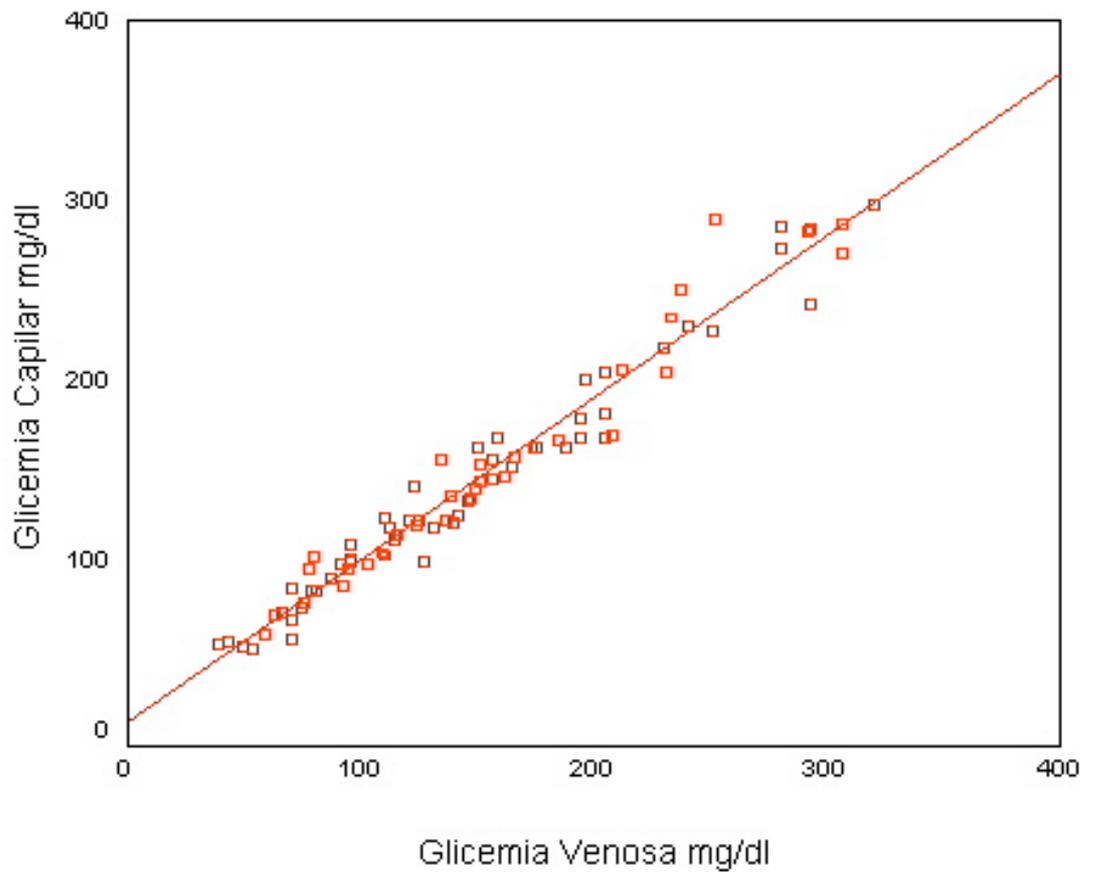
As variações da glicemia capilar do início do exercício (tempo 0 min) até o final da recuperação (tempo 120 min) sofreram redução significativa de $42,3 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 43,14 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,006$) e não significativa de $28,6 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 65,7 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,102$) nas bebidas CHO 8% e CHO 10% respectivamente, quando comparadas as reduções não foram significativas ($p=0,114$). Para ANOVA de medidas repetidas também não foram observadas diferenças significativas ($p=0,103$). As variações da glicemia venosa do período pré-exercício até a recuperação ocorreram de forma semelhante, com a ingestão da bebida CHO 8% houve uma redução não significativa de $50,8 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 70 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) ($p=0,061$) assim como com a bebida CHO 10% $16,75 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ($\pm 74 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$), não sendo a diferença entre os deltas

significativas ($p=0,065$). Para ANOVA de medidas repetidas também não foram observadas diferenças significativas ($p=0,273$).

Os valores absolutos das glicemias capilares antes e durante o exercício e no período de recuperação estão apresentados no ANEXO VI.

A glicemia capilar e glicemia venosa antes, durante o exercício e na recuperação se comportaram de forma similares, apresentando uma forte correlação $r=0,98$ ($p<0,001$) (Gráfico 4.2).

GRÁFICO 4.2. - CORRELAÇÃO ENTRE GLICEMIA CAPILAR E GLICEMIA VENOSA



Os valores médios dos eletrólitos plasmáticos Cl^- , Na^+ e K^+ e hematócritos nos períodos pré e pós exercício e na recuperação nas sessões de exercício em que foram ingeridas as bebidas CHO 8% e CHO 10% são apresentados na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS ELETRÓLITOS PLASMÁTICOS ($\text{mmEq}\cdot\text{L}^{-1}$) E HEMATÓCRITO (%) NOS PERÍODOS PRÉ E PÓS-EXERCÍCIO.

	Na^+ ($\text{mmEq}\cdot\text{L}^{-1}$)		Cl^- ($\text{mmEq}\cdot\text{L}^{-1}$)		K^+ ($\text{mmEq}\cdot\text{L}^{-1}$)		Hematócrito (%)	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
CHO 8%	139,7 ($\pm 2,95$)	140,3 ($\pm 3,03$)	105,4 ($\pm 2,46$)	104,8 ($\pm 2,79$)	4,2 ($\pm 0,37$)	4,4 ($\pm 0,39$)	35,2 ($\pm 5,45$)	35,4 ($\pm 5,74$)
CHO 10%	139,4 ($\pm 2,72$)	139 ($\pm 2,32$)	106,5 ($\pm 2,02$)	105,4* ($\pm 2,36$)	4,4 ($\pm 0,48$)	4,7* ($\pm 0,50$)	36,5 ($\pm 5,14$)	35,6 ($\pm 5,54$)

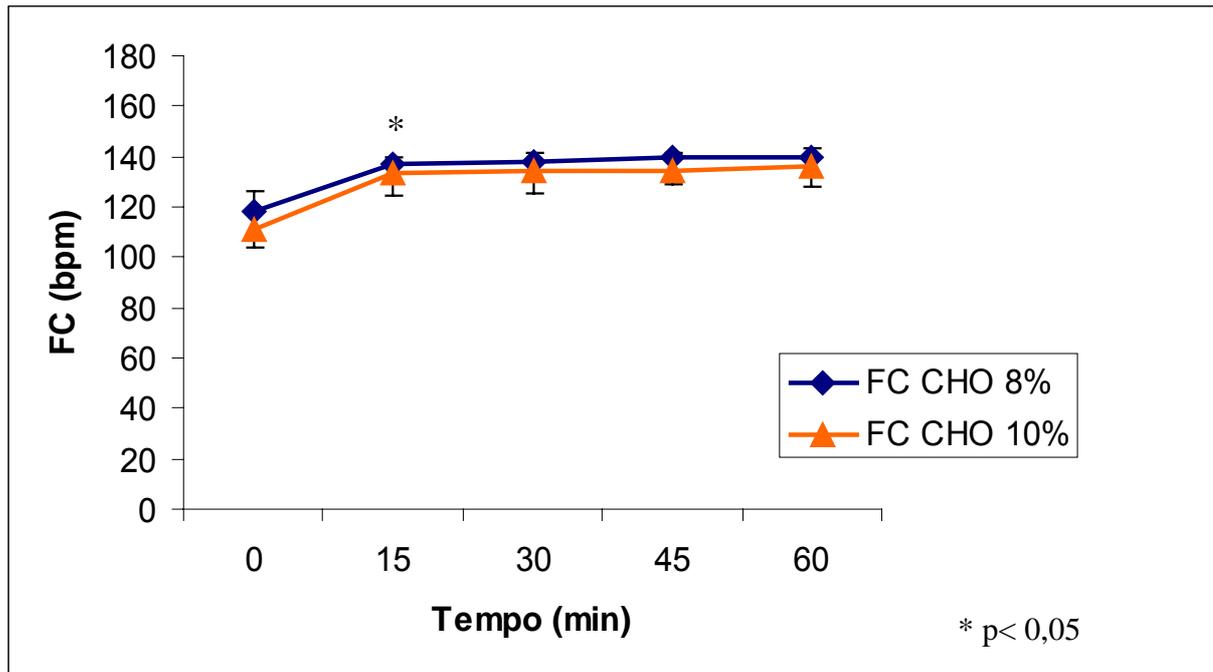
- * \neq pré, $p < 0,05$

Não houve mudanças significativas dos valores pré e pós-exercício do Na^+ com a ingestão das duas bebidas e do Cl^- e K^+ com a bebida CHO 8%. As variações significativas ocorreram com a ingestão da bebida CHO 10%, onde o Cl^- sofreu uma redução significativa ($p=0,004$) e o K^+ um aumento significativo ($p=0,014$), entretanto estes valores não apresentam repercussão clínica.

O hematócrito não sofreu variações significativas antes e após o exercício em nenhuma das duas situações.

O Gráfico 4.3 mostra o comportamento da FC com a ingestão das duas bebidas CHO 8% e CHO 10%.

GRÁFICO 4.3 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COM AS BEBIDAS CHO 8% E CHO 10% DURANTE O EXERCÍCIO

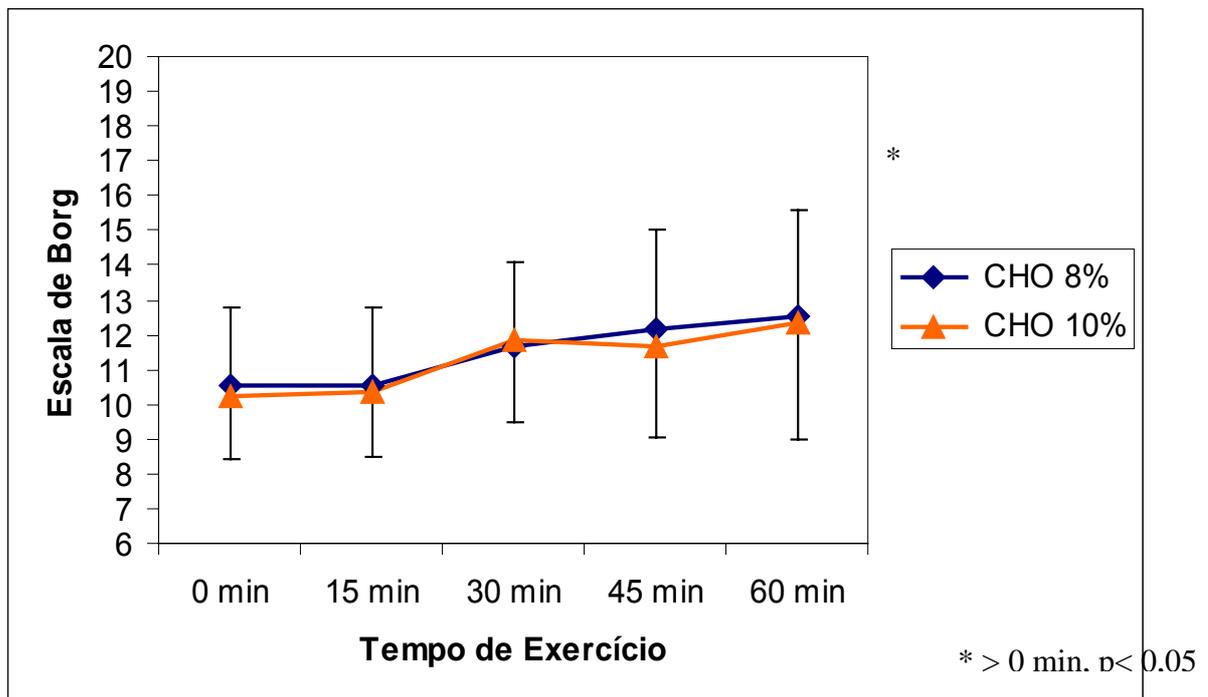


A variação da FC durante o exercício ocorreu de forma semelhante com o consumo das duas bebidas CHO 8% e CHO 10%. Houve um aumento significativo de 21 bpm ($\pm 16,4$) ($p < 0,05$) com a ingestão da bebida CHO 8%, assim como de 24 bpm (± 17) ($p < 0,05$) com a bebida CHO 10%, não sendo significativa a diferença entre os deltas ($p = 0,479$). Quando aplicado ANOVA para medidas repetidas também não se observou diferença significativa ($p = 0,118$).

A variação da Taxa de Percepção ao Esforço (TPE) – Escala de Borg 6-20 também foi semelhante nas duas situações CHO 8% e CHO 10%, ocorrendo aumento significativo de 2 pontos ($\pm 2,9$) ($p = 0,015$), e de 2,12 pontos ($\pm 3,1$) ($p = 0,017$) para as bebidas CHO 8% e CHO 10% respectivamente, não sendo estatisticamente significativa a diferença entre as sessões ($p = 0,774$), quando

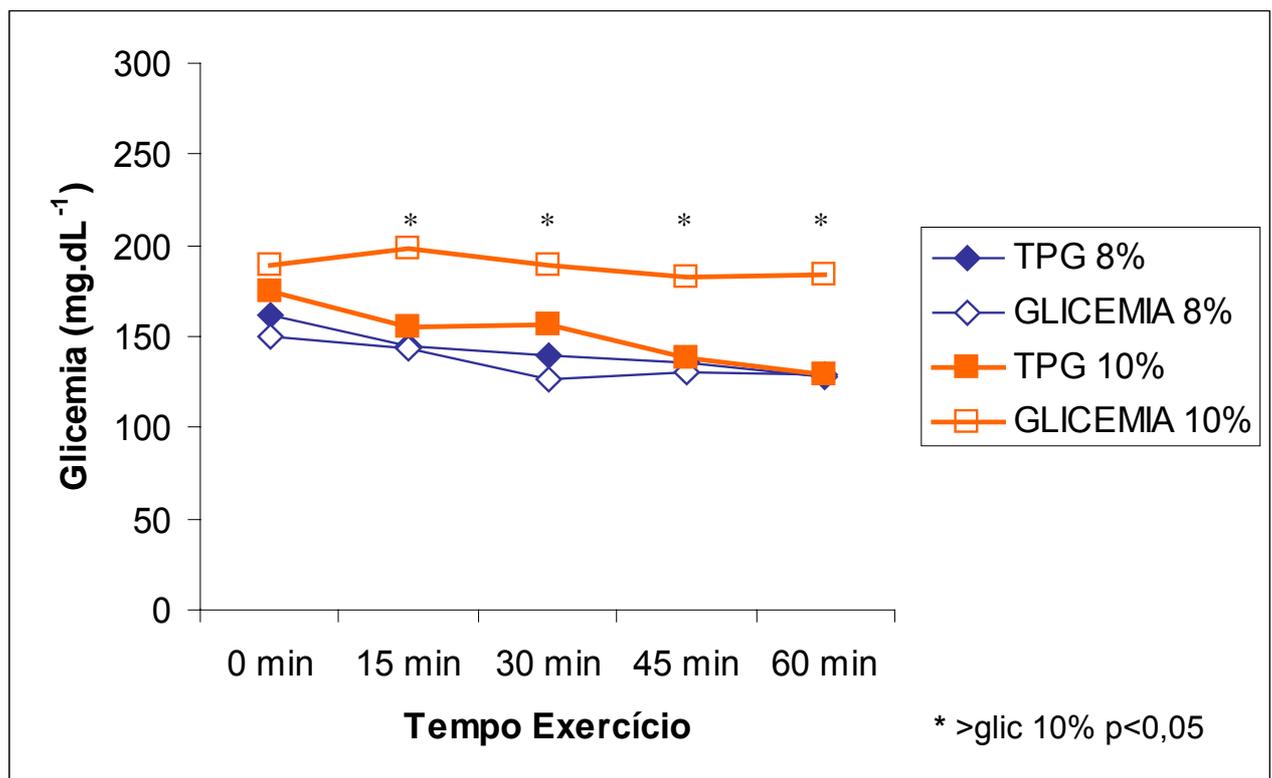
aplicado ANOVA para medidas repetidas também não foram observadas diferenças significativas ($p=0,792$), como pode ser observado no Gráfico 4.4.

GRÁFICO 4.4 - VALORES MÉDIOS DA TAXA DE PERCEPÇÃO AO ESFORÇO – ESCALA DE BORG (6-20) COM AS BEBIDAS CHO 8% E CHO 10% DURANTE O EXERCÍCIO



O Gráfico 4.5 apresenta as médias da Taxa de Percepção de Glicemia e a glicemia capilar durante o exercício.

GRÁFICO 4.5 - VALORES MÉDIOS DA TAXA DE PERCEPÇÃO DA GLICEMIA (TPG) E GLICEMIA CAPILAR COM AS BEBIDAS CHO 8% E CHO 10% DURANTE O EXERCÍCIO



No Gráfico 4.5, verificou-se que quando os indivíduos consumiram a bebida CHO 8%, as respostas para a TPG foram semelhantes aos valores de glicemia capilar, não havendo diferença significativa entre as respostas em nenhum dos momentos. Quando comparadas a TPG e a glicemia capilar na sessão da bebida CHO 10% observou-se que os indivíduos subestimaram a percepção a glicemia, havendo diferença significativa entre as respostas nos momentos 15, 30, 45 e 60 min de teste.

V - DISCUSSÃO

Através deste estudo pode-se verificar que a suplementação de CHO na forma líquida em concentrações de 8 e 10%, durante o exercício e no período de recuperação, foram suficientes para manter estável a glicemia de jovens com diabetes tipo 1, sem complicações decorrentes da doença.

Os indivíduos que participaram deste estudo pedalarão por 60 minutos em duas sessões de exercício, em que ingeriram de forma randomizada ou uma bebida contendo 8% de CHO ou 10%. Não houve sessão, nem grupo controle devido ao risco de hipoglicemia que pode ocorrer com a prática de exercício físico aeróbico sem o consumo de CHO (Andrade 1998, Riddell 1999).

A quantidade de CHO oferecida nas duas sessões de exercício causou redução na variação da glicemia capilar, sendo de 13,4% para a bebida CHO 8% e de 3% para a bebida CHO 10%. Quando comparadas as duas sessões observou-se uma diferença não significativa ($p=0,056$). No estudo de Ramires et al. (1997) na sessão de exercício em que houve consumo de bebidas com glicose, apesar da glicemia aumentar durante o exercício em relação ao repouso, os indivíduos acabaram o exercício sofrendo uma redução significativa da glicemia capilar de $300 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ para $210 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ (redução de 30%). Assim como no estudo de Riddell et al (1999), na sessão em que houve ingestão de CHO a glicemia dos adolescentes diabéticos reduziu significativamente de $244 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ para $203 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ (redução de 16,8%).

Mesmo com a suplementação de CHO na bebida CHO 8%, 4 indivíduos tiveram seu teste interrompido por apresentarem glicemia inferior a $60 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$, ou sinais de hipoglicemia durante o exercício. Nos demais estudos (RIDDELL, 2000-a; RAMIRES, 1997 e ANDRADE, 1998), também ocorreram casos de glicemia abaixo de $60 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ quando os indivíduos ingeriram solução placebo (sem CHO) e no estudo de Riddell e colaboradores (1999), mesmo com a ingestão de solução contendo CHO 3 indivíduos apresentaram glicemia inferior a $60 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ durante o exercício. De acordo com Riddell et al. (2000-a), a oxidação de glicose exógena oferecida durante 60 min de exercício moderado a indivíduos diabéticos tipo 1 é menor do que em indivíduos controle.

Uma preocupação dos indivíduos com DM tipo 1, que praticam exercício físico, é a hipoglicemia pós-exercício. No presente estudo, analisamos a variação da glicemia no período de recuperação com duração de 60 min. Na sessão com a bebida CHO 8% houve uma redução significativa de $31,4 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ e com a bebida CHO 10% a redução da glicemia capilar apresentou uma tendência não significativa à queda de $25,3 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$. Na dissertação de Andrade (1998), foi utilizado uma metodologia com protocolo de exercício similar a este estudo, mas com período de recuperação de 30 min e com suplementação de CHO a 6% e solução placebo (sem CHO). A variação de queda da glicemia capilar, no período de recuperação, foi de $44 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ quando houve a ingestão de bebida com CHO a 6% e quando houve ingestão de solução placebo esta queda foi significativamente maior ($122 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$).

Durante todo o período de exercício (tempo 0 ao 60 min) até o final da recuperação (tempo 120 min) a variação da glicemia capilar reduziu significativamente $42,3 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ e não significativamente $28 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ com a ingestão das bebidas CHO 8% e CHO 10%, respectivamente. Podemos inferir que a bebida CHO 10% evitou uma queda significativa na glicemia e a manteve estável, durante os 120 min que os indivíduos permaneceram no laboratório.

A presença de frutose (33%) pode ser responsável pela leve redução da glicemia, por ela ter uma absorção mais lenta no trato gastrointestinal, e por ser convertida mais lentamente no fígado à glicose e ser armazenada na forma de glicogênio hepático ou liberada na corrente sanguínea para oxidação periférica (GUEZENNEC et al., 1989). No estudo de Riddell e colaboradores (2001), com meninos não diabéticos, quando oferecida uma bebida com 50% de glicose e 50% de frutose a oxidação de glicose endógena foi reduzida em 14%, aumentando a oxidação de glicose exógena, além de retardar a exaustão em 40% após 90 min de exercício em intensidade moderada.

A quantidade média de carboidratos contida nas bebidas CHO 8% e CHO 10% foi de 53,32 g (35,72 g glicose e 17,59 g frutose) e 66,65 g (44,65 g glicose e 21,99 g frutose) respectivamente, sendo mantida a proporção de 66% de glicose e 33% frutose nas duas bebidas. Estas quantidades representam uma ingestão média de 0,87 g e 1,09 g de CHO por kg de peso corporal dos indivíduos. Outros estudos (RIDDELL et al., 1999 e 2000-a e RAMIRES et al, 1997), suplementaram glicose em uma média de 1,58 g·kg⁻¹, 1,4 e 1,0 g·kg⁻¹ de peso corporal respectivamente, sendo que nenhum destes autores usou frutose como forma de carboidrato. Soo et al.(1996), testaram o efeito da suplementação de 30 g CHO simples e complexo (glicose e pão) na resposta glicêmica de diabéticos tipo 1. Esta é a quantidade de CHO que os consensos recomendam para indivíduos diabéticos tipo 1 que praticam exercício físico. Este estudo foi realizado pela manhã e antes que os indivíduos aplicassem sua dose usual de insulina e verificaram que esta dose pode, nesta situação, aumentar a glicemia além do desejado.

Convém considerar que no presente estudo, mesmo os indivíduos sendo orientados a seguir sua rotina alimentar, de aplicações de insulina antes do exercício e as bebidas terem sido oferecidas de forma randomizada e duplo-cega, a média da glicemia inicial da sessão com ingestão da bebida CHO 8% foi de 149 mg·dL⁻¹ e 171 mg·dL⁻¹ com a bebida CHO 10%, sendo esta diferença estatisticamente significativa (p<0,05). Acreditamos que esta diferença não tenha afetado os resultados já que as glicemias estavam dentro dos padrões recomendados pela ADA (2003), entre 100 e

250 mg·dL⁻¹. Conforme Riddell et al (1999), o comportamento da glicemia foi parecido quando se dividiu os diabéticos em dois sub-grupos; os que a glicemia pré-exercício era < 270 mg·dL⁻¹ e os que a glicemia inicial era > 270 mg·dL⁻¹.

A correlação entre a glicemia capilar e a glicemia venosa, nos períodos pré e pós-exercício e na recuperação, foi forte $r=0,98$ ($p<0,001$), assim como nos estudos de Riddell e colaboradores (1999 e 2000-a) em que foi utilizada uma amostra maior ($n=141$) a correlação foi de $r=0,97$. Desta forma, a aferição da glicemia capilar durante e após o exercício pode ser considerada fidedigna.

Neste estudo, os indivíduos não apresentaram enjôo, azia ou desconforto gástrico em nenhum momento durante o exercício ou no período de recuperação. Esta era uma preocupação do uso destas bebidas, já que a quantidade de CHO aumentada poderia afetar a osmolaridade da bebida e causar sintomas gastrointestinais devido ao retardo no esvaziamento gástrico e aumento da secreção de água no lúmen intestinal (SHI, 1995; LAMPERT, 1997 e GISOLFI, 1998). A osmolaridade calculada das bebidas CHO 8% e CHO 10% foi de 479,5 e 589,5 mOsm.L⁻¹ respectivamente, indicando que as duas bebidas eram hiperosmolares, e mesmo assim, estas concentrações de CHO foram insuficientes para causar sintomas gastrointestinais. Conforme Shi et al. (1995), as soluções que contêm monossacarídeos (glicose e frutose) com transportadores independentes no lúmen intestinal, além de estimularem uma maior absorção de água reduzem os efeitos da hiperosmolaridade das soluções.

Os volumes e freqüências das bebidas oferecidas durante o exercício foram baseadas em recomendações para população pediátrica (MEYER, 1994) e foram suficientes para manter os adolescentes bem hidratados. Não houve diferenças entre as sessões em relação ao peso corporal e ao hematócrito dos indivíduos pré e pós-exercício. Isso indica que as bebidas contendo CHO a 8 e 10% com eletrólitos e oferecidas nos volumes e freqüências são adequadas para manter hidratados os jovens com DM tipo 1 que pedalaram a 55-65% do VO_{2max}. O aumento estatístico

do K^+ e diminuição do Cl^- , apenas com a bebida CHO 10% não representa preocupação por não apresentar repercussão clínica, uma vez que os valores se encontram dentro do recomendado no término de exercício.

O tipo de bebida não afetou a FC, já que a intensidade do exercício se manteve igual entre as sessões. A FC aumentou nos primeiros 15 min de exercício e se manteve estável no decorrer dos 60 min, não tendo diferença significativa entre as sessões.

A TPE, durante os 60 min de exercício, não foi diferente entre as duas sessões. Ela passou de ~10 para ~12 indicando que o exercício estava “um pouco pesado”. A TPE estava um pouco abaixo do que o ACSM (1998) recomenda para uma sessão de exercício a 55-65% do VO_{2max} para indivíduos adultos e não diabéticos que é de 12 a 14. Riddell et al (2000-b), compararam a TPE de indivíduos diabéticos com pequeno controle da diabetes ($Hgb = 12,1\%$), e ativos, com a suplementação de CHO e solução placebo e verificaram não haver diferença significativa entre as duas sessões de exercício, mas a variação na sessão foi significativa aumentando de ~10 para ~15.

A comparação da TPG com a glicemia capilar medida mostrou que quando a glicemia capilar estava acima de $150 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ os indivíduos subestimaram a percepção da glicemia. Isso indica, conforme visto também nos estudos de Andrade (1998) e Temple (1995), que a concordância entre a percepção da glicemia e a glicemia capilar durante o exercício é maior quando os níveis são inferiores a $150 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$.

CONCLUSÃO

O principal achado deste estudo foi que, a ingestão das bebidas contendo 8% e 10% de CHO mantiveram a glicemia estável durante 60 min de exercício submáximo e 60 min de recuperação em adolescentes com diabetes tipo 1. As bebidas oferecidas, mesmo apresentando uma hiperosmolaridade, não causaram nenhum sintoma gastrointestinal e mantiveram os indivíduos bem hidratados.

Não foram encontradas diferenças significativas entre as sessões na frequência cardíaca, taxa de percepção ao esforço peso corporal pré e pós-exercício, assim como hematócrito.

Futuros estudos poderão avaliar os efeitos da suplementação de carboidratos em indivíduos diabéticos durante outros tipos de exercícios como os de força ou esportes intermitentes.