

EXERCÍCIO FÍSICO NO DIABETES MELLITUS



CRISTINA WENDERHOLM SPAGGIARI

## EXERCÍCIO FÍSICO NO DIABETES MELLITUS

Monografia apresentada como exigência parcial para obtenção do título de graduação em Educação Física, sob a orientação temática do Professor Dr. Antonio Carlos Boschero e orientação metodológica do Professor Dr. Luiz Barco.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

2000

APRECIÇÃO DO ORIENTADOR TEMÁTICO

PROF. DR. ANTONIO CARLOS BOSCHERO

APRECIÇÃO DO CONVIDADO

“Agradeço ao orientador Antonio Carlos  
Boschero pelos novos conhecimentos  
aprendidos e pela atenção despendida.”

Dedico este trabalho à todos os  
diabéticos.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
INTRODUÇÃO.....	11
I- DIABETES MELLITUS.....	12
1. Definição.....	12
2. Diabetes Mellitus Tipo 1 e Tipo 2 .....	13
3. Fisiopatologia.....	15
4. Quadro Clínico / Sintomas.....	19
5. Diagnóstico.....	21
6. Causas.....	22
7. Complicações.....	25
8. Tratamento.....	29
8.1. Dieta.....	29

8.2. Exercício Físico.....	30
8.3. Medicamentos.....	30
8.4. Situações Especiais.....	31
<b>II- EXERCÍCIO FÍSICO EM DIABÉTICOS INSULINO DEPENDENTES.....</b>	<b>33</b>
1. Benefícios do Exercício.....	33
2. Riscos do Exercício.....	34
3. Regulação dos Combustíveis do Metabolismo Durante o Exercício Físico.....	35
4. Efeito do Exercício na Regulação do Diabetes Mellitus.....	39
5. Guia de Exercícios para Indivíduos Diabéticos Insulino Dependentes.....	44
<b>III- EXERCÍCIO FÍSICO EM DIABÉTICOS NÃO INSULINO DEPENDENTES.....</b>	<b>47</b>
1. Benefícios do Exercício.....	48
2. Riscos do Exercício.....	49
3. O Exercício e a Sensibilidade à Insulina.....	50
4. O Exercício na Prevenção do Diabetes Não Insulino Dependente.....	54
5. Guia de Exercícios para Indivíduos Diabéticos Não Insulino Dependentes.....	51
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIG. 1 - Principais ações da insulina no organismo.....	17
FIG. 2 - Consequência da ação ineficaz da insulina sobre o metabolismo dos lipídios.	18
FIG. 3 - Consequência da ineficácia da ação da insulina na glicogenólise e gliconeogênese hepáticas, na proteólise muscular e, na excreção de água e glicose pelos rins.....	19
FIG. 4 - Eliminação da glicose na urina quando os níveis do sangue estão elevados...	20
FIG. 5 - Mudanças na utilização dos combustíveis metabólicos durante o exercício...	39
FIG. 6- Efeitos do exercício de média intensidade na taxa de concentração de glicose sanguínea.....	43

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 01 - Possível mecanismo de desenvolvimento do diabetes tipo 1..... 24

## RESUMO

O Diabetes Mellitus é uma doença metabólica crônica, caracterizada por uma alteração metabólica no organismo associada à uma relativa ou absoluta insuficiência de insulina. O diabetes é dividido em tipo 1 ou diabetes insulino dependente, tipo 2 ou diabetes não insulino dependente e diabetes gestacional.

A principal função da insulina é diminuir a glicemia e promover o anabolismo. Quando ela é incapaz de exercer seus efeitos adequadamente, ocorrem modificações no metabolismo do organismo, levando à hiperglicemia. Os principais sintomas do diabetes são a glicosúria, polidipsia, poliúria e polifagia. Uma vez que não há um controle adequado da glicemia, várias complicações podem ocorrer no sistema nervoso, olhos, coração e artérias, sistema genital, rins e pés.

Ainda não se sabe exatamente qual a etiologia do diabetes, porém estudos revelam que está relacionado à fatores genéticos, imunológicos e ambientais.

O tratamento adequado consiste na associação de três fatores: dieta, exercício físico e medicamentos.

Exercícios físicos, além de benefícios gerais, aumentam a sensibilidade do organismo à insulina, diminui a dose necessária de medicamentos e reduzem a concentração de glicose sanguínea. Quando praticados, deve-se monitorar a glicemia antes, durante e depois dos mesmos, evitando bruscas hipoglicemias e a possibilidade de cetose quando a atividade é realizada com glicemia elevada.

A manutenção da glicemia em níveis normais através da prática de atividade física, dieta e medicamentos garante ao indivíduo diabético uma ótima qualidade de vida e um futuro sem complicações. Para isso, é necessário, acima de tudo, muita disciplina e força de vontade.

## INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus é hoje uma das doenças mais comuns da espécie humana. Apenas no Brasil, são estimados cerca de 12 milhões de diabéticos. Grande parte destas pessoas não conhecem quais as complicações que esta doença pode causar com o passar dos anos, especialmente pelo descontrole da glicemia sangüínea. Muitos ainda, não a entendem e não sabem como controlá-la.

Através de pesquisa bibliográfica, descrevo nesta monografia, as características do Diabetes Mellitus tipo 1 e 2 desde sua gênese até o seu tratamento, dando maior ênfase para a relação entre o exercício físico e o diabetes, tentando passar aos leitores, o quão importante é sua prática para controle diário de glicemia e prevenção de futuras possíveis complicações.

## **CAPÍTULO I**

### **DIABETES MELLITUS**

Neste capítulo, será descrito desde a definição de Diabetes Mellitus até o seu tratamento.

#### **1. DEFINIÇÃO**

Diabetes Mellitus (DM) é uma doença metabólica crônica, caracterizada por uma desordem do metabolismo dos carboidratos, proteínas e gorduras associada a uma relativa ou absoluta insuficiência de insulina e, acompanhada de vários graus de resistência à insulina, levando ao quadro de hiperglicemia e glicosúria no organismo.

No Diabetes Mellitus, o açúcar dos alimentos não é captado integralmente pelas células; ou porque existe falta de insulina ou porque as células aproveitam apenas parcialmente o efeito do referido hormônio. Por isso, o açúcar permanece no sangue, e quando esta quantidade é muito alta (hiperglicemia), uma parte passa para a urina.

O nome Diabetes Mellitus vem da explicação: Diabetes significa atravessar e Mellitus significa doce como mel.

As alterações do metabolismo do açúcar são acompanhadas de outras alterações metabólicas, que serão vistas nos próximos itens.

Existem duas formas principais de Diabetes: tipo 1 ou Diabetes Mellitus Insulino Dependente e tipo 2 ou Diabetes Mellitus Não Insulino Dependente.

## **2. DIABETES MELLITUS TIPO 1 E TIPO 2**

Tipo 1  $\Rightarrow$  também chamado de diabetes insulino dependente (IDDM), ocorre em aproximadamente 10% indivíduos diabéticos. Neste, as células  $\beta$  das Ilhotas de Langerhans foram destruídas, não produzindo mais insulina. Assim, as células do organismo não podem mais captar açúcar do sangue na velocidade adequada, permanecendo no estado de “jejum”, ao mesmo tempo que o açúcar do sangue se mantém muito elevado. Isto, obriga estes diabéticos a tomarem doses injetáveis de insulina. Manifesta-se na maioria dos casos em jovens e em crianças.

Mais recentemente, o IDDM foi dividido em dois tipos:<sup>1</sup>

- Tipo 1A - é o tipo mais comum de diabetes. Foi postulado que fatores ambientais, como uma infecção viral, nutrição e agentes químicos superpostos a fatores genéticos, “dirigem” a destruição auto-imune das células  $\beta$ . É comumente associado a

histocompatibilidade de antígeno DR4. Classicamente, este tipo ocorre mais em crianças e adolescentes, entretanto, pode ser reconhecido e ser sintomático, pela primeira vez, em qualquer idade.

- Tipo 1B - tipo mais raro de diabetes. A causa mais comum que leva ao desenvolvimento do IDDM é a auto imunidade. Alguns estudiosos associam à doenças auto imunes endócrinas (Tiroidite de Hashimoto, Doença de Graves, Doença de Adisson), e não endócrinas (Anemia Perniciosa, doença de tecidos conectivos e Míastenia Gravis). É comumente associado a histocompatibilidade do antígeno DR3. Ocorre tanto em mulheres quanto homens e tem sintomas tardios, aos 30 a 50 anos de idade.

Tipo 2  $\Rightarrow$  é o Diabetes Mellitus não Insulino Dependente (NIDDM). Corresponde a 90% dos casos. Neste tipo, as células  $\beta$  não foram destruídas, e células ainda produzem insulina, porém de maneira deficiente. Assim, o nível de açúcar no sangue se eleva devido a um problema no local de ação da insulina. As células do tecido muscular e do tecido adiposo somente aproveitam de forma parcial a insulina produzida pelo pâncreas com captação deficiente de glicose. Esta falta parcial de ação da insulina ou a ação reduzida da insulina é denominada resistência à insulina.

Na maioria dos casos, dieta, redução de peso e medicamentos orais são meios utilizados para o controle da glicemia, sem a necessidade de aplicação de insulina. Com o passar do tempo, grande parte dos indivíduos passa a necessitar de insulina injetável.

Os sintomas do NIDDM são menos evidentes. Em geral, as pessoas que o desenvolvem são indivíduos adultos (e/ou) com mais de 40 anos que foram ou são obesos.

O Diabetes tipo 2, também foi subdividido:<sup>2</sup>

- NIDDM em indivíduos obesos

---

<sup>1</sup> Derick LeROITH, Diabetes Mellitus - A Fundamental and Clinical Text, p.251

<sup>2</sup> Ibid, p.253

- NIDDM em indivíduos não obesos

- Mody - Maturity Onset Diabetes of the Young. Este tipo se encontra nesta classificação por ser a única forma de diabetes que a herança genética foi estabelecida, com identificação dos genes responsáveis pelo DM. Diferentemente dos demais, ocorre em crianças ou jovens.

Diabetes gestacional  $\Rightarrow$  ocorre durante a gravidez, é também chamada de Diabetes Mellitus Gestacional (GDM). Tem como característica a intolerância à glicose. Ocorre em aproximadamente 2% das grávidas. Geralmente, a mulher volta ao nível normal de tolerância à glicose após o parto. Destas, 60% se tornam diabéticas após uma a duas décadas.

### 3. FISIOPATOLOGIA

A insulina é produzida no pâncreas, órgão localizado atrás do estômago, na frente da coluna, parte superior do abdome. Tem função exócrina através da secreção de enzimas digestivas. No pâncreas existem pequenas ilhas de células que secretam hormônios (substâncias lançadas no sangue que exercem suas funções em todo o organismo), chamadas Ilhotas de Langerhans. Estas são constituídas por diferentes tipos de células que secretam diferentes hormônios. As células  $\beta$  secretam insulina.

Para entendermos o quadro clínico, o diagnóstico e as complicações do Diabetes Mellitus, devemos primeiro saber quais as funções da insulina no organismo.

- A insulina no metabolismo dos glicídios  $\rightarrow$  a insulina atua sobre a membrana das células musculares e adiposas, facilitando a penetração da glicose. Também atua na degradação metabólica dos glicídeos. O armazenamento de glicose sob forma de glicogênio é limitada a pequena porcentagem de glicose captada, sendo a maior parte dirigida à via glicolítica, com posterior oxidação no ciclo de Krebs. No adipócito, a glicose destina-se a promover a síntese

dos triglicerídeos. Por isso, a insulina é considerada o principal hormônio lipogênico do organismo.

No fígado, a penetração da glicose no hepatócito independe da insulina. Entretanto, a conversão da glicose em glicose 6 fosfato impede que a hexose possa sair livremente da célula. Esta reação é regulada pela enzima glicocquinase, cuja atividade é modulada pela concentração de insulina.

A insulina também reduz a degradação do glicogênio hepático (glicogenólise), inibindo as fosforilases responsáveis por esta reação. Ainda, inibe a formação de glicose a partir de substâncias não glicídicas.

Dessa maneira, a insulina exerce seu efeito hipoglicemiante aumentando a utilização periférica da glicose e diminuindo a sua formação no fígado.

- A insulina no metabolismo dos protéicos → a insulina é um importante hormônio anabolizante, cuja ação é exercida em todas as células, especialmente nos músculos. Ela controla a entrada de aminoácidos que irão incorporar-se às proteínas. Regula também o ritmo da proteólise tecidual, inibindo a liberação de aminoácidos, componentes que servirão de substrato para a gliconeogênese.

- A insulina no metabolismo dos lipídeos → a insulina promove a penetração de ácidos graxos livres nas células, que irão se combinar com o glicerol para formar triglicerídeos. Por outro lado, a insulina impede a fragmentação dos triglicerídeos nos seus constituintes fundamentais, ácido graxo e glicerol, ou seja, possui uma ação antilipolítica. Esta ação é independente da lipogênese e, é exercida através da inibição da adenilciclase, impedindo portanto a lipólise mediada pelo AMPc. A somatotrofina, o glucagon e as catecolaminas antagonizam esta ação da insulina. O nível de insulina necessário para impedir a lipólise é menor do que a capaz de promover a lipogênese.

- A insulina no metabolismo dos eletrólitos → a deficiência de insulina está associada à depleção de vários eletrólitos, tais como sódio, potássio, fósforo, cloro.

Concluindo, de modo geral, através dessas ações, a insulina diminui a glicemia e promove o anabolismo e a lipogênese (Fig. 1).

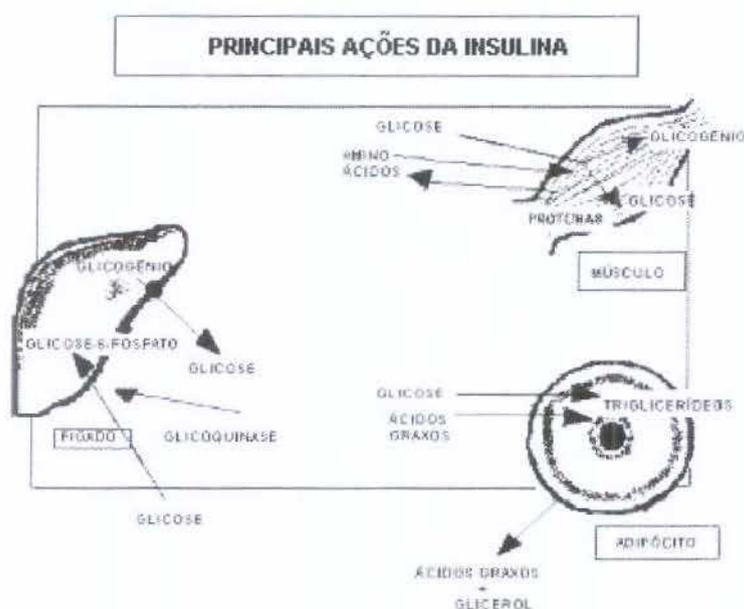


Fig. 1 - Principais ações da insulina no organismo<sup>3</sup>

No Diabetes, quando a insulina é incapaz de exercer adequadamente seus efeitos, ocorrem os seguintes eventos:

- Glicídeos → dificuldade da penetração de glicose nos músculos e no tecido adiposo, aumento do nível glicêmico. No fígado, já que não há efeitos inibidores da insulina, os hormônios glicogenolíticos (adrenalina e glucagon) estimulam as fosforilases responsáveis pela degradação do glicogênio, elevando a glicemia. Ainda, ocorre intensa neoglicogênese, a partir de aminoácidos, glicerol e lactato.

<sup>3</sup> Figura extraída de Francisco ARDUINO, *Diabetes Mellitus*, p. 69

- Proteínas → os aminoácidos não são mais incorporados às proteínas musculares, ocorrendo então uma lise destas, aumentando o teor de aminoácidos no sangue e indo ao fígado, onde são utilizados na produção de glicose.

- Lipídeos → nos adipócitos, os ácidos graxos não são mais incorporados para formar triglicérides teciduais. Ocorre ativação das lipases, quebrando os triglicérides liberando ácido graxo e glicerol. Os ácidos graxos, migram para o fígado podendo ser reesterificados (para formar triglicérides) ou oxidados na mitocôndria, sendo transformados em acetil Coa. Este, é convertido em acetil acético, que é liberado na circulação. O glicerol é utilizado como substrato para a neoglicogênese (Figs. 2 e 3).

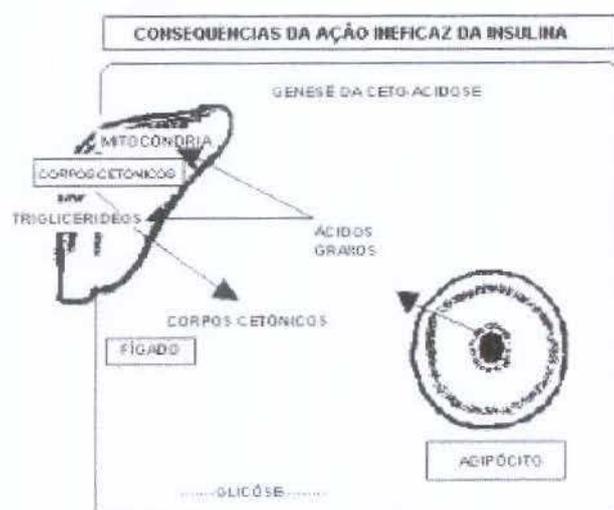


Fig. 2 - Consequência da ação ineficaz da insulina sobre o metabolismo dos lipídeos.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Figura extraída de Ibid, p. 72



**Fig. 3 - Consequências da ineficácia da ação da insulina na glicogenólise e gliconeogênese hepáticas na proteólise muscular e na excreção de água e glicose pelos rins.<sup>5</sup>**

#### 4. QUADRO CLÍNICO / SINTOMAS

Quando a concentração de glicose sanguínea excede o nível de 180mg%, a capacidade de reabsorção tubular máxima renal é ultrapassada. A glicose, não podendo retornar ao sangue, é eliminada pela urina. A isto se dá o nome de *glicosúria* ( Fig. 4). Sendo a glicose uma substancia osmoticamente ativa, sua excreção pela urina acarreta perda concomitante de água, com aumento do volume urinário = *poliúria*. Isto leva a uma desidratação, provocando sede e aumento do consumo de água = *polidipsia*. Esse processo pode permanecer em equilíbrio ou sofrer aceleração, acarretando uma grave desidratação, comprometendo o SNC, causando alterações da consciência - sonolência, obnubilação, torpor e coma. Este coma recebe o nome de coma hiperosmolar glicêmico não cetótico.

<sup>5</sup> Figura extraída de Ibid, p. 71

A deficiência acentuada e duradoura de insulina pode levar o organismo à uma lipólise maciça, com liberação de ácidos graxos livres e glicerol na corrente sanguínea. Os ácidos graxos, originam os corpos cetônicos (ácido  $\beta$ -hidrobutírico, ácido acetil acético e acetona). A cetona seria eliminada pela urina e pelos pulmões causando o hálito cetônico. No processo de instalação desse quadro, há grande perda urinária. As náuseas e vômitos, causados pela acidose, impedem a ingestão hídrica. A esse quadro dá-se o nome de cetoacidose.

Ainda, outros sinais são evidenciados no diabetes descompensado: emagrecimento, astenia, distúrbios visuais e polifagia.

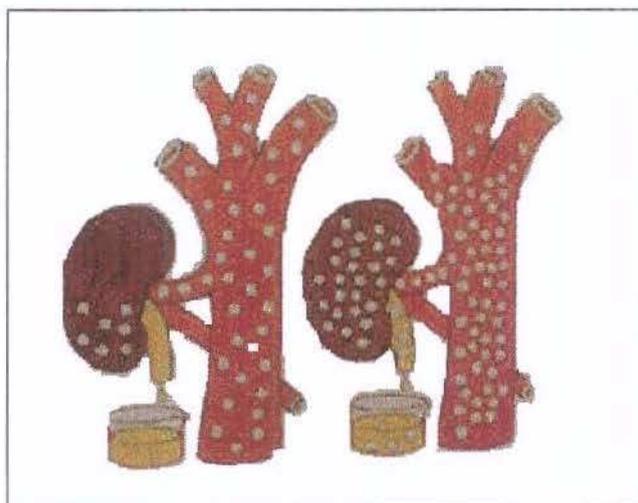


Fig. 4 - Eliminação de glicose na urina quando os níveis no sangue estão muito elevados.<sup>1</sup>

Como a glicose não é aproveitada na deficiência de insulina, o organismo utiliza as gorduras e proteínas para fornecer energia. Mas, como já dito, ocorre assim o acúmulo de ácidos cetônicos, levando o indivíduo à acidose.

<sup>1</sup> Figura extraída de Novo NORDISK, O Diabético Insulino Dependente - Informação e Instruções, p.9

Como o diabético come e seu corpo não utiliza a glicose dos alimentos para produção de energia, as células do corpo ficam glicopênicas, e a pessoa sempre está com fome mesmo tendo feito refeição = *polifagia*.

Ainda, destacam-se outros sintomas, que também apresentam grande importância.

- fraqueza, preguiça mental, astenia, sonolência, cansaço fácil, irritabilidade, peso nas pernas.

- cainbras, dormência e formigamento de extremidades, dores vagas nos membros.

- hipoglicemia espontânea - pode se constituir uma manifestação precoce do diabetes ou ainda pode ocorrer na fase pré diabetes. O sintoma surge 3 a 5 horas após uma refeição, principalmente quando é farta em carboidratos, e resultante de uma secreção inapropriada de insulina.

- distúrbios visuais - vista turva e diminuição da acuidade visual. São corrigidas com o controle da glicemia.

- distúrbios sexuais - diminuição da libido, ejaculação precoce e semi ereção do pênis.

Também voltam ao normal com o controle da glicemia.

Os sintomas do diabetes tem início insidioso e só chegam a chamar atenção quando adquirem maior intensidade. Por isso, é difícil o indivíduo saber a data do seu início. Porém, algumas vezes, podem se instalar subitamente, geralmente acompanhado de stress emocional, infeccioso, cirúrgico ou traumático.

O diabetes também pode aparecer na ausência de qualquer sintoma apreciável, sendo descoberto casualmente num exame de rotina ou no curso de uma complicação da doença.

## 5. DIAGNÓSTICO

Para diagnosticar apropriadamente o diabetes, o médico deve saber a quantidade exata de glicose presente no sangue do indivíduo. Esta quantidade de glicose é expressa em miligramas de açúcar por decilitro (mg/dl ou mg%).

Em indivíduos não diabéticos, o nível normal de glicose no sangue é aproximadamente de 90mg/dl. O nível glicêmico raramente cai abaixo de 63mg/dl.

Os testes mais utilizados para se obter estes números são os seguintes:

- Glicosúria → é um teste de urina que indica a presença de glicose e ácidos cetônicos (traduzindo grande queima de gordura) na urina. A hora mais indicada para este teste seria de 2 a 3 horas após a primeira refeição.

- Glicemia → sua avaliação é feita em jejum ou 2 horas após a tomada de alimento (refeição). Valores em jejum maiores que 126mg/dl ou após refeição maiores que 180mg/dl, indicam suspeita de diabetes. Por outro lado, glicemias menores que 126mg/dl após refeição excluem o diabetes. Resultados que deixam dúvidas são os de 99mg/dl a 124mg/dl em jejum e valores entre 126mg/dl a 178mg/dl após a refeição.<sup>7</sup>

Para comodidade dos pacientes, há o teste de glicemia feito com fitas glicoperoxidase e sangue colhido nas extremidades. Esta fita modifica sua cor conforme o valor da glicose.

- Provas de tolerância à glicose → somente são feitos quando a glicemia situa-se em limites duvidosos ou em circunstâncias especiais (gestação). O TOTG (teste oral de tolerância à glicose) é feito com a coleta de sangue antes, 1, 2, e 3 h após a administração oral de 75g de glicose.

## 6. CAUSAS

---

<sup>7</sup> M.C.SHEPPARD, Clinical Endocrinology and Diabetes, p.155

As causas do diabetes Mellitus ainda não foram plenamente entendidas, mas, estudos mais recentes indicam que há uma interação entre genética e fatores ambientais, infecções e fatores imunológicos. Alguns autores afirmam que sem a predisposição genética não há diabetes. Outros, dizem que isso é possível. Abaixo serão feitas as apresentações das causas do diabetes relacionados ao seu determinado tipo.

### 1. Diabetes Mellitus Tipo 1

- Genético - a genética é estudada pela (histocompatibilidade) relação entre sistema de antígenos HLA. Estes, constituem o grande sistema de histocompatibilidade, controlado por genes localizados em 4 locos principais: ABC e D do cromossomo 6. No diabetes infanto juvenil, o risco de se desenvolver a doença é 2 a 4 vezes maior nos indivíduos que possuem antígenos HLA-B8 e BW15. Quando esta composição é heterogênicamente, o risco é bem mais elevado B8-BW15. Ainda, o IDDM apresenta maior incidência de outros antígenos dos loci D e C no cromossoma 6 (DW3, DW4 e CW3). Dependendo da combinação destes genes, a pessoa pode apresentar a doença ou apenas ter uma predisposição genética.

De acordo com pesquisas feitas em cima dos dados apresentados, afirma-se que a carga genética é muito maior nos diabéticos não insulino dependentes do que nos insulino dependentes. A probabilidade de os filhos virem a apresentar IDDM é muito pequena, cerca de 1% a 2%. Já no NIDDM, esse número salta para 33%<sup>8</sup>

- Imunidade - assim como a genética, o processo de doenças auto imune e sua relação com o diabetes ainda não está claro. Alguns autores afirmam que esses anticorpos estão vinculados à outras doenças dentre: Anemia Perniciosa, Doença de Addison, Tireoidite de Hashimoto entre outras. De acordo com uma pesquisa, 60% a 90% das crianças

---

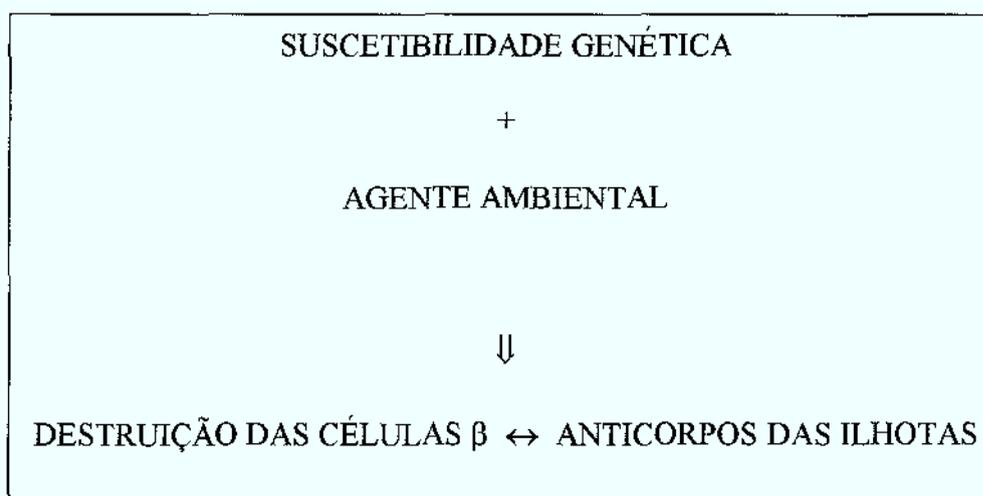
<sup>8</sup> Francisco ARDUINO, Diabetes Mellitus, p.51

diagnosticadas de diabetes apresentavam anticorpos, porém, estes desapareceram com o passar dos anos.<sup>9</sup>

- Infecção Viral - a infecção viral é até agora o fator ambiental de maior importância na etiologia do IDDM.<sup>10</sup> Segundo várias pesquisas realizadas, um número variado de vírus podem causar destruição das células  $\beta$  do pâncreas. Os principais são: Coxsakie B4, infecção por Cytomegalovirus, Rubéola Congênita, Caxumba, Influenza, Varicella Zoster.

Os vírus possuem uma afinidade pelas células  $\beta$ , alterando-as o suficiente para iniciar um processo auto-imune, que leva as células humorais e imunes reagirem contra as células  $\beta$ , diminuindo o número de células  $\beta$  ativas, levando assim ao NIDDM.<sup>11</sup>

- Toxinas<sup>12</sup> - alguns experimentos com animais mostraram que certas toxinas causam destruição das células  $\beta$  como a aloxana e a streptozotocina. Mas ainda não foram comprovados que estas toxinas podem causar o diabetes no homem.



Quadro 1 - Possível mecanismo de desenvolvimento do diabetes tipo 1.<sup>13</sup>

<sup>9</sup> M.C. SHEPPARD, Clinical Endocrinology and Diabetes, p.158

<sup>10</sup> Ibid, p.158

<sup>11</sup> A .H. CRUIKSHANK, Pathology of The Pancreas, p.84

<sup>12</sup> Ibid, p. 86

<sup>13</sup> M.C. SHEPPARD, Clinical Endocrinology and Diabetes, p.157

## 2. Diabetes Mellitus Tipo 2

- Herança - a etiologia do NIDDM está menos clara do que o IDDM. Pouco se sabe sobre a herança genética deste tipo de diabetes. Resultados mostram que fatores genéticos interferem nos receptores celulares da insulina, que se tornam mais resistentes aos efeitos do hormônio<sup>14</sup>. Esta resistência se torna mais precoce e mais acentuada com o excesso de peso.

Alguns indivíduos apresentam transmissão autossômica dominante, mas na maioria dos casos, a herança é poligênica ou multifocal.

- Ambiente, Infecção e Toxinas<sup>15</sup> - o maior fator ambiental que contribui para o desenvolvimento do NIDDM é a obesidade. Cerca de 75% dos indivíduos diabéticos são obesos. Outros fatores como traumas, doenças endócrinas e/ou crônicas, remédios como por exemplo corticosteróides, Tiazide, diuréticos e drogas contraceptivas influenciam na diminuição ou disfunção da produção de insulina.

- Imunidade<sup>16</sup> - o fator imunidade está descartado das causas do NIDDM. Não foram encontrados anticorpos de células  $\beta$  nos indivíduos com diabetes tipo 2.

## 7. COMPLICAÇÕES<sup>17</sup>

O diabetes não controlado (hiperglicemia) durante um período prolongado, pode resultar em vários problemas graves: cegueira, insuficiência renal, ataques cardíacos, acidente vascular cerebral, amputação de pés ou pernas, aumento da infecções, problemas sexuais, problemas na gravidez.

Complicações agudas:

---

<sup>14</sup> Rogério, OLIVIERA, Diabetes Dia a Dia, p.5

<sup>15</sup> M.C. SHEPPARD, Clinical Endocrinology and Diabetes, p.160

<sup>16</sup> Ibid, p.160

<sup>17</sup> Ministério da SAÚDE, Manual de Diabetes, p.31

- Cetose e cetoacidose diabética (CAD) - forma extrema de descompensação diabética, ocorre geralmente no indivíduo insulino dependente. O desenvolvimento da cetose já foi explicado no item de sintomas. O quadro clínico da cetose caracteriza-se por náuseas, vômitos, dor abdominal, rubor facial, poliúria e polidipsia intensas de evolução rápida. O indivíduo apresenta-se bastante desidratado, polipneico, taquicárdico, hipotenso, com hálito cetônico e graus variáveis de alteração do sensório, que podem variar do torpor ao coma.

O exame laboratorial indica cetonúria, cetonemia, hiperglicemia, acetose metabólica e alterações eletrolíticas.

- Coma hiperosmolar não cetótico (CHNC) - é também uma forma extrema de descompensação diabética, geralmente em indivíduos não insulino dependentes. Quase sempre, estes apresentam um comprometimento da função renal. Os fatores desencadeantes são os mesmos que o do CAD. O quadro clínico consiste de poliúria e polidipsia intensas de desenvolvimento mais insidioso. Quatro características são evidentes no CHNC: hiperglicemia extrema entre 1000 e 2000 mg/dl, ausência de cetose significativa (cetonúria), hiperosmolaridade plasmática e desidratação profunda.

O indivíduo apresenta-se com alteração do sensório (confusão mental, torpor e coma), mucosas secas, taquicardia, hipotensão, respiração superficial e ausência de hálito cetônico.

- Acidose láctica - ocorre igualmente em ambos os diabéticos. Pode ser espontânea ou precipitada por CAD, CHNC. Seu início é rápido (um a dois dias) e sua apresentação clínica é semelhante às anteriores. O diagnóstico mostra presença de acidose grave, porém sem cetose.

- Hipoglicemia - ocorre também em ambos os pacientes diabéticos. Geralmente está associada ao tratamento com insulina, mas pode ocorrer por excesso de exercício físico e interações medicamentosas. O quadro clínico é representado por alterações de comportamento, do sensório, coma, convulsões, sudorese, tremores, fome intensa e

taquicardia. A instalação é súbita (minutos). Os níveis glicêmicos encontram-se abaixo de 50mg/dl.

Complicações crônicas:

As complicações crônicas do DM são causadas por danificações dos vasos sanguíneos e nervos, ocasionando uma circulação deficiente, pela debilidade e endurecimento das paredes dos vasos e inflamação das células nervosas, diminuindo a sensibilidade dos pés e das pernas.

O comprometimento vascular se apresenta de duas formas: macroangiopatia ou acometimento de grandes artérias e microangiopatias, cuja característica é o espessamento da membrana basal dos capilares sanguíneos.

A seguir, estão descritas as principais complicações crônicas que podem ocorrer nos indivíduos diabéticos.

- Macroangiopatia - é a aceleração no processo de aterosclerose das grandes artérias. Acomete principalmente o território coronário, cerebral e das extremidades inferiores. As manifestações são relativas aos territórios acometidos, levando portanto, a doença isquêmica do coração em suas formas agudas e crônicas, doenças cerebrovasculares dos membros inferiores, isquemia mesentérica, entre outros.

- Doença ocular - o olho pode ser acometido de várias formas: catarata, grande predisposição ao desenvolvimento de glaucoma agudo, e principalmente a retinopatia que seria uma forma de microangiopatia. A retinopatia não causa sintomas até chegar no estado mais avançado. A oscilação da glicemia também pode causar desajustes da refração e da acomodação visual.

- Doença renal - geralmente ocorre mais em indivíduos com diabetes tipo 1. A nefropatia é a expressão da microangiopatia ao nível da microcirculação renal. A alteração básica caracteriza-se pela perda da seletividade da membrana de filtração do glomérulo, que deixa de reter várias macromoléculas, principalmente protéicas como a albumina. Geralmente

ocorre após 10 anos do início do DM. Quanto mais alta a taxa de glicemia, maior a perda de proteínas pelo rim, devido o maior espessamento dos microvasos. Posteriormente também ocorre aumento da pressão arterial e possível evolução para a insuficiência renal.

Em relação ao trato urinário, o diabético está sujeito a mais infecções.

- **Mononeuropatias** - São causadas por infarto isquêmico do tronco nervoso, devido a obstrução dos vaso nervorum. Geralmente ocorrem manifestações motoras e posteriormente sensitivas. As formas mais comuns são: oftalmoplegia, paralisia facial, alterações vestibulares. Outros nervos comprometidos são o radial, femural superficial, peroneal e plexo lombo sacral.

- **Neuropatia autonômica** - a patogenia é a mesma que na polineuropatia, acomete vários setores de acordo com território que se instala:

- **Sistema urogenital** - pode provocar impotência sexual nos homens, reduzindo a sensibilidade das terminações nervosas responsáveis pela ereção. Diminuição da libido. Outro problema é a bexiga neurogênica, que apresenta sintomas de retenção ou incontinência, infecção de repetição entre outros.

- **Cardiovascular** - manifestação mais comum é a hipotensão postural. Pode manifestar-se com taquicardia de frequência fixa em repouso; é associada a morte súbita. São comuns a aterosclerose, hipertensão arterial e risco de infarto.

- **Aparelho digestivo** - pode envolver o estômago, causando gastroparesia. Os sintomas são náuseas, vômitos, desconforto abdominal. Também pode ocorrer acometimento intestinal, acarretando obstipação ou diarreia.

- **Alterações sudomotoras e vasomotoras** - anidrose crural, sudorese em hemiface, vasodilatação cutânea nas extremidades, alteração da regulação térmica.

- **Insensibilidade à hipoglicemia** - devido lesão do sistema simpático, o indivíduo deixa de apresentar sintomas de hipoglicemia iniciais ocorrendo diretamente as alterações do SNC (convulsão, distúrbio de comportamento e perda da consciência).

- Pé diabético - perda de sensibilidade e problemas de circulação que levam à isquemia, infecção, ulceração, gangrena e necrose. Devido à necrose, o indivíduo chega a amputar o pé. Anualmente, são feitas 30 mil amputações no Brasil.<sup>18</sup>

## 8. TRATAMENTO

O controle adequado do diabetes baseia-se num tripé: dieta, exercícios físicos e medicamento. Os três fatores são igualmente importantes e é necessário que todos sejam adequadamente observados simultaneamente. Abaixo, uma explicação básica de cada item, e também algumas informações importantes para situações especiais.

### 8.1 Dieta

A dieta do diabético é a mesma adequada para qualquer pessoa, ou seja, aquela que fornece o conjunto de nutrientes necessários à vida e ao desempenho das atividades, como trabalho, estudo, esportes. A dieta deve ser fracionada em refeições regulares bem balanceadas, geralmente dividida em seis períodos: café da manhã, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde, jantar e ceia. Deve conter todos os grupos de alimentos. Deve ser prescrita pela nutricionista num plano de refeição personalizada, baseado nas necessidades de cada indivíduo.

A única restrição real para a dieta do diabético é a ingestão de açúcar comum refinado, ou sacarose, e de qualquer alimento que contenha açúcar na sua elaboração. Para suprir o desejo de doces, hoje encontram-se no mercado diversos produtos dietéticos feitos com adoçantes que substituem o açúcar, tais como: a frutose, sorbitol, ciclamato, aspartame,

---

<sup>18</sup> Folha de SÃO PAULO, Diabetes provoca 30 mil amputações, Caderno C7.

estévia, sacarina, sucralose, etc. Porém, o seu consumo deve ser meticoloso, uma vez que alguns destes, principalmente a frutose, contém muitas calorias.

Geralmente, os nutrientes a serem consumidos durante o dia seguem o padrão: 55% a 60% da alimentação diária deve conter glicídios, 15% a 20% protéicos, 15% a 30% pelos lipídeos. Aconselha-se ingestão de colesterol no máximo 300mg por dia. Para pacientes com problemas de nefropatia e obesidade, a ingestão de protéicos e lipídeos deve ser diminuída. O consumo de fibras é de extrema importância, podendo ser ingerido 40g por dia, principalmente as derivadas dos vegetais. Bebidas alcoólicas devem ser evitadas, uma vez que induzem à hipoglicemia quando indivíduo está de estômago vazio.

## **8.2 Exercício Físico**

Os exercício físicos ajudam a controlar o diabetes aumentando a sensibilidade dos tecidos à insulina, diminuindo o nível de glicose no sangue e reduzindo a quantidade de insulina necessária. Além disso, controlam o peso, melhoram o condicionamento físico, aliviam stress e tensão e previnem as possíveis complicações do diabetes.

Atuação do exercício no controle do diabetes, seus benefícios e malefícios, e sua prescrição serão descritas detalhadamente nos próximos capítulos.

## **8.3 Medicamentos**

Para alguns indivíduos, a dieta e o exercício devem ser combinados com medicamentos para um controle adequado. Estes medicamentos são a insulina e agentes hipoglicemiantes orais.

Existem vários tipos de insulina quanto ao seu respectivo tempo de ação. Assim, misturas adequadas desses diferentes tipos permite um controle rígido dos níveis glicêmicos do indivíduo. Podem ser injetadas com seringas ou canetas, estas são de fácil manuseio. Mais recentemente, foram introduzidos no arsenal de tratamento dos diabéticos as bombas de insulina. Estas são alocadas no subcutâneo do indivíduo e a administração de doses múltiplas de insulina durante o dia permite um controle mais adequado do indivíduo.

Os agentes hipoglicemiantes orais são, no geral, drogas usadas para estimular a produção e secreção de insulina. Mais recentemente, alguns fármacos foram introduzidos para reduzir a captação de glicose pelo intestino ou auxiliar a ação da insulina nos órgãos alvos.

#### **8.4 Situações especiais**

Existem várias situações que o indivíduo diabético deve se preocupar. Uma das principais é o cuidado com feridas, que podem desenvolver com maior facilidade processos infecciosos. Estes, assim como a febre, causam o aumento da glicemia, ocorrendo um descontrole durante este período. O mesmo ocorre na boca, em que doenças dentárias são focos de infecções. Muito cuidado com os pés, principalmente diabéticos com complicações crônicas como falta de sensibilidade, em que úlceras são fáceis de ocorrer.

Controle do peso é essencial, uma vez que requer menos insulina quanto mais magro o indivíduo.

A constante visita ao oculista é recomendada, uma vez que complicações na retina são comuns em indivíduos descompensados.

Ao viajar, passear, levar sempre balas ou açúcar, para evitar possíveis hipoglicemias. Avisar sempre o médico quando a viagem puder causar alguma mudança na sua rotina de vida.

E, lógico, o mais importante é manter o diabetes compensado, sempre realizando testes e fazendo controle diário da glicemia.

## **CAPÍTULO II**

### **EXERCÍCIOS FÍSICOS EM DIABÉTICOS INSULINO DEPENDENTES**

É sabido, que o perfeito controle da diabetes depende da interação entre a dieta, exercícios físicos e a administração de insulina. O exercício deve capacitar os indivíduos a manter a glicose controlada antes, durante e depois da atividade física e evitar ou minimizar possíveis complicações futuras ocorridas pelo mal controle do diabetes.

Neste capítulo, serão vistos os riscos e benefícios do exercício, bem como as adaptações físicas e hormonais que ocorrem durante a atividade física no indivíduo diabético insulino dependente.

#### **1. BENEFÍCIOS DO EXERCÍCIO**

Os exercícios regulares trazem ao indivíduo diabético ou não, vários benefícios. Além da diminuição da glicemia, o exercício aumenta a sensibilidade à insulina, previne os riscos de doenças cardiovasculares. Com o exercício físico nota-se declínio da concentração de glicerol e triglicérides devido a diminuição das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e aumento das lipoproteínas de alta densidade (HDL). Ocorre, conseqüentemente, perda de gordura corporal, reduzindo o peso do indivíduo com preservação da massa magra. Hipertensões brandas são reduzidas, o trabalho do músculo cardíaco é reduzido e há um aumento da capacidade aeróbia máxima (VO<sub>2</sub> máx.). Psicologicamente, ocorrem o melhora do bem estar, da auto estima e mesmo um ganho de uma melhor qualidade de vida.

É importante que o indivíduo não aumente sua ingesta de comida para compensar o gasto energético aumentado pelo exercício.

Logicamente o exercício físico não deve ser prescrito como o único meio de controle de glicemia em indivíduos com IDDM.

## **2. RISCOS DO EXERCÍCIO**

O exercício físico , além de trazer vários benefícios aos diabéticos IDDM, pode levar à vários riscos. Estes devem ser “pesados” em relação aos benefícios para a realização de atividades mais vigorosas.

Quando o exercício é muito intenso, mesmo em diabéticos bem controlados, a falta de insulina na circulação pode levar ao aumento rápido de glicemia no sangue, podendo progredir para a cetose.

Em adultos, o exercícios pode precipitar ou exacerbar complicações cardiovasculares como a angina peitoral, infarto do miocárdio, arritmias cardíacas e repentina morte caso apresente alguma doença coronária. Muito importante é o fato do exercício piorar o quadro de

complicações crônicas já existentes , como retinopatias, que podem progredir para hemorragias e deslocamento de retina; aumento de proteinúria, que embora seja um problema hemodinâmico, pode ser influenciado com a atividade vigorosa. Neuropatias periféricas podem levar o indivíduo a ter feridas na pele sem perceber; em neuropatias autonômicas, a capacidade física cai significativamente, pois está relacionada à diminuição do pulso cardíaco, do sistema cardiovascular, diminuição da capacidade aeróbia máxima (VO<sub>2</sub> máx.) e desidratação.<sup>19</sup>

Assim, é de extrema importância que os adultos, principalmente, façam uma avaliação antes de começarem a rotina de atividade física, evitando possíveis complicações. Crianças, raramente apresentam estes riscos, uma vez que o diabetes é mais recente e a prática do exercício físico é iniciada mais cedo.

### **3. REGULAÇÃO DOS SUBSTRATOS ENERGÉTICOS DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO**

Durante o exercício, várias respostas hormonais, cardiovasculares e neurais se manifestam com grande intensidade para distribuição do oxigênio e combustíveis para os músculos e para remover produtos metabólicos.

O aumento da entrega de oxigênio e remoção de dióxido de carbono dos tecidos são realizados com o aumento da respiração, aumento da frequência cardíaca, redistribuição do fluxo sanguíneo para áreas de maior necessidade e aumento da perfusão capilar dos músculos. Os combustíveis metabólicos são disponíveis pelo complexo sistema que envolve a quebra de glicogênio e triglicérides do músculo e aumento da entrega de substrato pelo sangue. A glicose e os ácido graxos são liberados na circulação pelo fígado e tecido adiposo respectivamente, e

---

<sup>19</sup> Deric LeROITH, Diabetes Mellitus - A Fundamental and Clinical Text, p.396

aminoácidos são disponíveis pelo aumento da liberação pelo músculo, porém são raramente utilizados.

A concentração de glicose sanguínea é mantida num nível constante pelo balanço entre a utilização de glicose e glicose hepática produzida. Aproximadamente 50% da glicose é captada pelo cérebro, 30% a 35% pelos tecidos, incluindo células sanguíneas, rim e região splancnica, e, 15% a 20% são utilizados pelos músculos. A glicose hepática é produzida pela quebra do glicogênio estocado (glicogenólise) e a formação da nova glicose pela gliconeogênese. Em pessoas não diabéticas, a produção de glicose ocorre predominantemente pela gliconeogênese, em contraste com os diabéticos, em que esta concorre com 40% da produção de glicose hepática. O maior precursor da gliconeogênese (lactato, piruvato, alanina e glicerol) são derivados da glicólise e da oxidação de aminoácidos dos músculos e outros tecidos periféricos, e ainda, da lipólise do tecido adiposo. Da lipólise também provem os ácidos graxos livres, que são os maiores substratos para produção de energia.

De toda a energia utilizada pelo músculo, 10% vem da oxidação da glicose, 85% a 90% da oxidação de ácidos graxos e somente 1% a 2% dos aminoácidos. Com o aumento do exercício, a utilização de carboidratos é exacerbada bruscamente através da quebra de glicogênio muscular, provocando formação e acúmulo de lactato no músculo, o qual é rapidamente liberado para a circulação. Associado à glicogenólise muscular, ocorre um aumento da captação de glicose da circulação.

A ativação da lipólise no tecido adiposo com liberação de ácidos graxos e glicerol para a circulação também ocorre durante o exercício. Lactato, alanina e outros aminoácidos gliconeogênicos, bem como o glicerol são utilizados pelo fígado para a neoglicogênese.

Fatores como a duração, intensidade do exercício, nível de treinamento e dieta antecedente influenciam na quantidade de carboidratos e ácidos graxos que serão utilizados durante o exercício. Quando se realiza exercício com intensidade de 50% de VO<sub>2</sub> máx.,

aproximadamente metade da energia é provinda de ácido graxos e metade da glicose. Quando esta intensidade sobe para 70% a 75%, ocorre diminuição da utilização de ácidos graxos e aumento do consumo de glicose. Quando a intensidade passa os 90%, a fonte de energia é provinda exclusivamente dos carboidratos.

Em exercícios de alta intensidade, a velocidade de oxidação dos carboidratos é muito aumentada, o glicogênio muscular é rapidamente esgotado, e a utilização de glicose sanguínea é muito alta. Se o armazenamento de glicogênio hepático é adequado, a produção de glicose por esse órgão é capaz de se igualar ou exceder o montante procedente dos músculos, e a concentração de glicose do sangue permanece constante, ou mesmo aumentada durante o exercício.

Com o aumento da duração do exercício de baixa ou média intensidade, ocorre um declínio do armazenamento do glicogênio muscular e hepático, tendo como consequência o aumento da concentração de ácido graxos no plasma proveniente da lipólise no tecido adiposo. Por último, a oxidação dos aminoácidos aumenta gradualmente. Com o aumento da duração do exercício, ocorre diminuição da produção de glicose hepática, entretanto, essa produção restante é suficiente para manter a concentração de glicose no sangue. Hipoglicemias raramente se desenvolvem, mas podem ocorrer em exercícios aeróbios muito prolongados. Neste caso, é devida a depleção do glicogênio muscular e hepático associado a inabilidade de maior produção hepática de glicose para via neoglicogênese.

O antecedente dietético é importante para determinar a utilização de substratos durante o exercício. Uma dieta rica em carboidratos está associada ao aumento da velocidade de oxidação desse substrato durante o exercício, e a resistência é maior após esse tipo de alimentação, comparada com uma rica em gordura.

Após o exercício, a captação de glicose pelo músculo ainda continua para restabelecimento do glicogênio muscular. Quando indivíduo se alimenta após o exercício, essa

restituição é realizada mais rápido, alcançando níveis normais entre 12 a 14 horas. O armazenamento de glicose hepático é recuperado com menor velocidade.<sup>20</sup>

As respostas hormonais durante o exercício são complexas, envolvendo ativação do sistema nervoso simpático, e liberação de hormônios que regulam o metabolismo da glicose, aminoácidos e ácido graxos. O maior efeito do sistema nervoso simpático é o aumento da frequência cardíaca e vasoconstrição periférica, ocorrendo redistribuição de sangue, aumentando o fluxo para os músculos em trabalho. A secreção de insulina é reduzida pela estimulação alfa adrenérgica, a lipólise é estimulada pela  $\beta$  adrenérgica e as catecolaminas estimulam a gliconeogênese do fígado e do tecido muscular, dispondo de glicose para contração muscular.

A secreção de insulina é reduzida durante a atividade física em resposta ao efeito da inibição alfa adrenérgica nas células  $\beta$  pancreáticas. A queda da concentração de insulina no plasma torna a glicose, aminoácidos e lipídeos mais disponíveis para produção de energia. A insulina é o maior inibidor da produção de glicose hepática. A redução de sua concentração associado ao aumento da concentração de glucagon no plasma, resulta num aumento da produção de glicose hepática. Ainda, a queda da concentração de insulina diminui seus efeitos inibitórios sobre a lipólise no tecido adiposo e a liberação de aminoácidos pelo músculo. Essa diminuição, não prejudica a utilização de glicose durante o exercício.

A secreção de glucagon pelas células  $\alpha$  das ilhotas pancreáticas aumenta em resposta à queda da glicose. A resposta do glucagon é melhor em indivíduos treinados do que não treinados. A principal função do glucagon é estimular a glicogenólise e a neoglicogênese hepáticas. A adrenalina, é o hormônio regulador de glicose de maior importância durante o exercício. Também regula a lipólise do tecido adiposo.

---

<sup>20</sup> Ibid. p.397

Durante o exercício, o hormônio de crescimento e o cortisol aumentam suas concentrações no plasma, antagonizando a ação da insulina em tecidos periféricos. Estes hormônios, juntamente com a adrenalina, noradrenalina e glucagon são importantes na manutenção da homeostase da glicose sanguínea, durante o exercício.

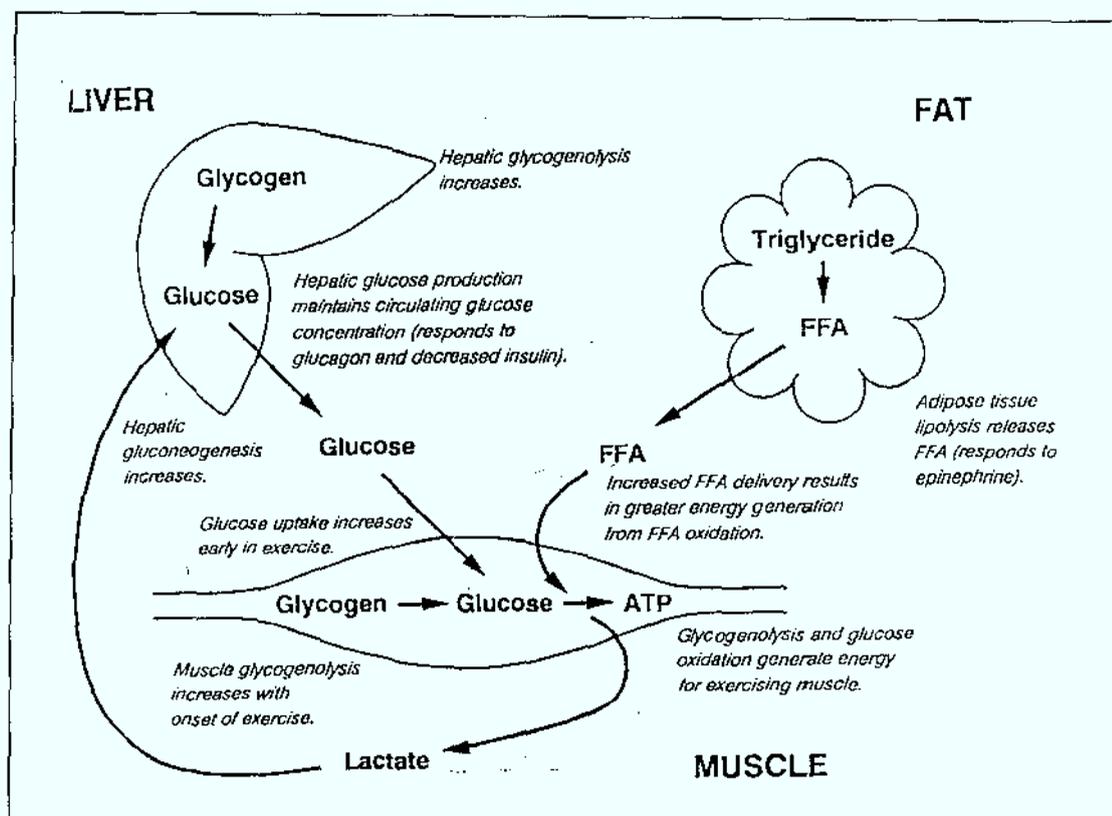


Fig. 5. - Mudanças de utilização dos combustíveis metabólicos durante o exercício.<sup>21</sup>

#### 4. EFEITOS DO EXERCÍCIO NA REGULAÇÃO DO DIABETES MELLITUS

- Exercício induz a hipoglicemia

O exercício físico potencializa o efeito da insulina injetável e a atividade física regular leva à diminuição da necessidade de insulina, aumentando o risco de hipoglicemia. Ocorre ainda um aumento da sensibilidade da insulina, juntamente com o aumento do VO<sub>2</sub> máx. ,

ainda um aumento da sensibilidade da insulina, juntamente com o aumento do VO<sub>2</sub> máx. , devido aumento de glicose captado pelo músculo pelo aumento do conteúdo de GLUT4 muscular.

↳ O exercício intenso causa, além do aumento da sensibilidade insulínica, metabolismo aumentado de glicose durante horas após o mesmo. Esses efeitos estão relacionados com um maior gasto energético associado a necessidade de reposição de glicogênio muscular e hepático durante e após o exercício.

O maior problema nos diabéticos tipo 1 é que a concentração de insulina no plasma não responde ao exercício de uma maneira normal, ocorrendo transtorno entre a utilização de glicose periférica e a produção de glicose hepática. Em pessoas normoglicêmicas, a concentração de insulina no plasma diminui juntamente com o aumento da concentração de glucagon , promovendo um aumento da produção hepática de glicose para igualar o aumento da velocidade de utilização periférica da mesma. A baixa concentração de insulina durante o exercício também aumenta a resposta lipolítica das catecolaminas, colocando à disposição ácidos graxos para oxidação e glicerol para gliconeogênese no fígado. No diabético, a concentração plasmática de insulina não diminui durante o exercício e seu efeito pode aumentar caso seja realizada atividade logo após sua aplicação, devido maior absorção pelo tecido subcutâneo. Esse efeito é marcante quando se injeta insulina no local do corpo a ser exercitado, como por exemplo nas perna. O aumento da velocidade de absorção não está associado ao aumento do fluxo cutâneo de sangue, mas devido a estimulação mecânica do local injetado. Com um intervalo longo de pelo menos uma hora entre a aplicação e o início do exercício, menos significativo será esse efeito. Recomenda-se aplicações de insulina no abdome quando forem realizados exercícios após aplicação.

---

<sup>21</sup> Figura extraída de C.Ronald KAHN, Joslin's - Diabetes Mellitus, p. 452

Outro fator que contribui para aparecimento de hipoglicemias são as neuropatias autonômicas.

Para se evitar a hipoglicemia em indivíduos IDDM, deve-se reduzir a dose de insulina e aumentar o consumo de carboidratos antes ou mesmo durante do exercício. As aplicações devem ser feitas pelo menos 1 hora antes de iniciar a atividade.

- Hipoglicemia após exercício

Embora não se conheça ao certo o mecanismo que causa essa hipoglicemia tardia, acredita-se que seja devido ao aumento da captação de glicose e síntese de glicogênio nos músculos exercitados, associado com o aumento da sensibilidade à insulina e ativação da síntese de glicogênio muscular. O estoque de glicogênio hepático é refeito após o exercício em menor velocidade que no músculo, assim, a necessidade do aumento da ingestão de carboidratos persiste por até 24 horas depois da depleção de glicogênio hepático. Geralmente a hipoglicemia ocorre a noite, 6 a 15 horas após exercício.

- Hiperglicemia após exercício

Em contraste com o exercício moderado e sustentado durante o qual a glicemia permanece constante ou mesmo ligeiramente aumentada, exercícios de alta intensidade (80% de VO<sub>2</sub> máx. ou mais), estão associados com o aumento transitório da concentração de glicose sangüínea. A subida da glicose sangüínea durante o exercício alcança um pico de 5 a 15 minutos após seu término e retorna aos níveis normais dentro de 40 a 60 minutos.

Essa hipoglicemia transitória se deve a estimulação da produção de glicose pelo fígado o qual excede o consumo de glicose pelo músculo.

Normalmente a energia para a contração muscular é provinda da oxidação da glicose estocada sob forma de glicogênio no músculo, além do aumento da captação de glicose da circulação. Em exercício, a produção de glicose hepática é rapidamente estimulada pela redução da insulina na veia porta, levando a diminuição da relação insulina-glucagon e por um

aumento rápido da adrenalina no plasma. Quando o exercício é finalizado, a concentração de insulina no plasma triplica rapidamente, o que inibe a produção de glicose hepática e aumenta a captação desta pelo músculo e fígado. Como resultado, a concentração de glicose sanguínea volta ao nível normal.

No indivíduo diabético, esta resposta é anormal e pode ocorrer hiperglicemia. A hiperglicemia, após o exercício, é dependente da concentração inicial de glicose (antes da atividade). Uma quantidade mínima de insulina é necessária para a captação de glicose pelos músculos e para regular a produção hepática de glicose. Assim, diabéticos totalmente descontrolados, terão uma piora no grau de controle devido a um aumento exagerado dos níveis séricos de hormônios contrareguladores, levando a um aumento da produção hepática de glicose e da lipólise, com aumento da produção de corpos cetônicos e diminuição da utilização desses substratos pela falta de insulina.

A melhor maneira de se evitar a hiperglicemia é a tomada de doses pequenas de insulina<sup>22</sup> após ao exercício e monitorar a glicemia antes, durante e depois da atividade.

A figura 6 ilustra os efeitos de exercícios de intensidade moderada na glicose sanguínea.

---

<sup>22</sup> Derick LeROITH, *Diabetes Mellitus - A Fundamental and Clinical Text*, p. 399

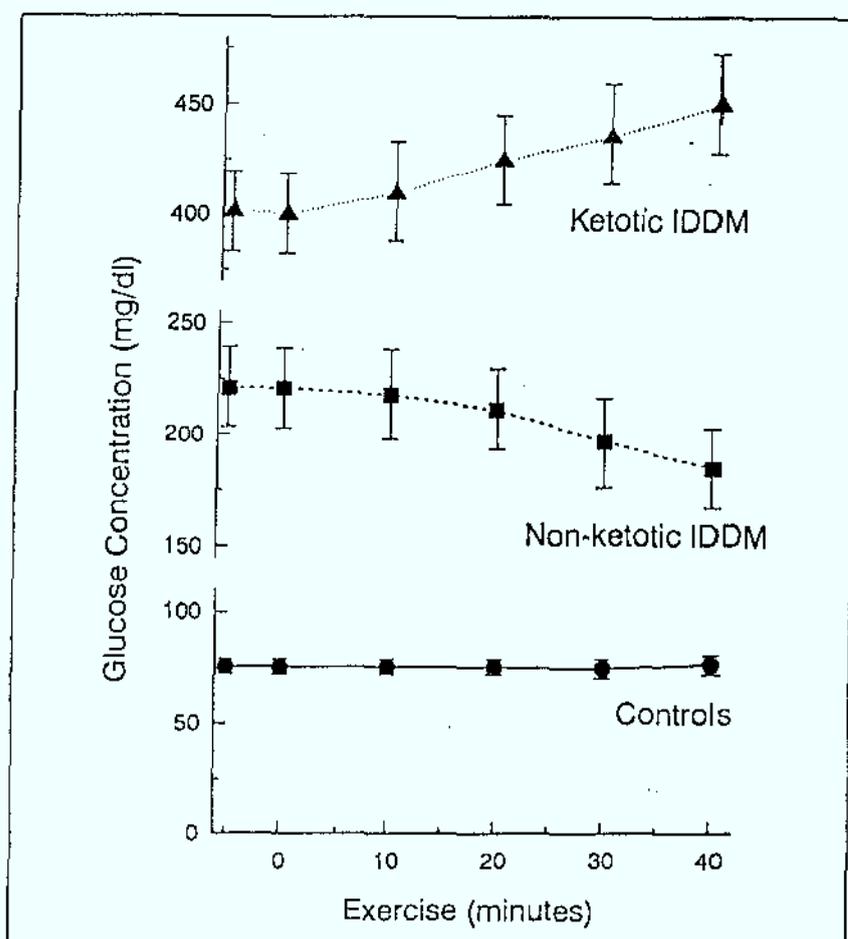


Fig 6 - Efeitos do exercício de média intensidade na taxa de glicose sanguínea<sup>1</sup>

- O exercício induz a cetose

Outro problema relacionado ao exercício ocorre quando há uma severa falta de insulina no organismo. Nesta situação, a hiperglicemia e a cetose estão presentes. Com o avanço do exercício, a utilização de glicose periférica é prejudicada, ocorre aumento da lipólise e a produção de glicose hepática e corpos cetônicos são estimuladas.

Para evitar essa hiperglicemia, deve-se avaliar a concentração de glicose sanguínea e presença de corpos cetônicos na urina antes de se iniciar o exercício físico. Se a glicose estiver maior que 250mg/dl e houver presença de corpos cetônicos na urina, o exercício não deve ser

<sup>1</sup> Figura extraída de C.Ronald KAHN, Joslin's - Diabetes Mellitus, p. 452

feito até que a concentração de glicose volte aos valores normais pela aplicação de pequena dose de insulina.

## **5. GUIA DE EXERCÍCIOS PARA INDIVÍDUOS DIABÉTICOS INSULINO DEPENDENTES**

Antes de iniciar um programa de exercícios, é muito importante que o diabético saiba quais passos deve seguir para evitar hipo ou hiperglicemias:

- ↳ - Monitorar a glicose sanguínea antes, durante e depois do exercício. Deve ser feito principalmente quando se irá começar uma nova modalidade de atividade física, uma vez que não se sabe qual será a resposta do organismo.

- ↳ - Se a glicose sanguínea estiver abaixo de 100mg/dl, carboidrato deve ser ingerido antes do exercício. No exercício prolongado, 15 a 30 g de carboidratos devem ser ingeridos em intervalos de 30 minutos. O aumento da ingesta de alimentos deve ser feita nas 24 horas após o término da atividade.

- ↳ - Evitar a realização de atividade física nos picos de ação de insulina.

- ↳ - Evitar a aplicação de insulina nos locais de maior movimentação durante atividade, assim como tomá-las com no mínimo 1 hora de antecedência.

Além destes lembretes, o indivíduo deve fazer um exame clínico geral como todos os outros indivíduos.

Para atingir um condicionamento físico adequado e um bom controle metabólico, devem ser realizados, principalmente, atividades aeróbias como caminhadas, corridas, dança, ciclismo, natação e jogos coletivos. Esses requerem grande quantidade de oxigênio para produção de energia e geralmente envolvem exercícios com os braços e as pernas, os quais contem grande parte da massa muscular de nosso corpo.

O programa divide-se em 3 partes: aquecimento, treinamento aeróbio e desaquecimento.

1. Aquecimento - deve durar de 10 a 12 minutos. Os exercícios feitos são de flexibilidade e alongamento, prevenindo entorses e complicações musculares. Também deve ser feito exercício aeróbio, lentamente, para ativar o sistema cardiovascular.

2. Treinamento aeróbio - Devem ser realizados exercícios com o fim de desenvolver a resistência e a capacidade física geral. Para isso, é necessário a execução correta da duração, intensidade e frequência do exercício.

Os exercícios devem ser realizados num tempo de pelo menos 20 a 30 minutos, com o controle da frequência cardíaca(FC) em 70% da FC máxima. Esta é calculada da seguinte maneira:

$$FC_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}(\text{anos})$$

Essa intensidade pode ser aumentada com o passar das semanas e com o aumento do condicionamento físico do indivíduo. A FC pode chegar até 75 a 85% da  $FC_{\text{máx}}$ .

Com indivíduos completamente despreparados, o programa deve ser iniciado de maneira mais lenta, com a execução da atividade num tempo de 15 minutos, podendo ser realizado 2 vezes por dia.

O programa de exercícios deve ser realizado de 3 a 4 vezes por semana, afim de aumentar o condicionamento físico. Indivíduos bem treinados, podem executar atividades de 6 a 7 vezes por semana.

O controle da frequência cardíaca deve ser sempre monitorada durante o exercício, afim de assegurar-se de que está sendo feita atividade aeróbia.

Como regra geral, gradualmente aumenta-se a duração do exercício de acordo com a capacidade do indivíduo. Deve-se aumentar a duração do exercício antes de se aumentar sua intensidade.

3. Desaquecimento - Começa-se com o desaquecimento do sistema cardiovascular, com a diminuição da atividade aeróbia e conseqüentemente diminuição da frequência cardíaca. Em seguida realiza-se alongamento afim de prevenir dores musculares .

Para indivíduos que não apresentam complicações, pode ser feito treinamento de resistência com exercícios de alta intensidade. Estes também podem ser executados dentro do período do exercício aeróbio.

Esta etapa tem duração de 5 a 12 minutos.

## **CAPÍTULO III**

### **EXERCÍCIO FÍSICO EM DIABÉTICOS NÃO INSULINO DEPENDENTES**

O exercício físico exerce função terapêutica importante no controle do diabetes tipo 2 . É freqüentemente prescrito junto com a dieta e medicamentos orais hipoglicêmicos. Hoje, existem fortes evidências de que o exercício físico regular protege contra o desenvolvimento do NIDDM em pessoas de alto risco.

O exercício físico, juntamente com a dieta e o tratamento da obesidade é um componente importante para a modificação do estilo de vida de indivíduos que apresentam intolerância à glicose.

Quando se pretende utilizar o exercício como um meio de intervenção terapêutica no NIDDM, a sua eficácia e seus riscos precisam ser considerados. Estes itens analisados a seguir.

## 1. BENEFÍCIOS DO EXERCÍCIO

O exercício moderado em pacientes NIDDM se associa com o decréscimo de concentração de glicose sangüínea em direção ao normal. Isto, ajuda o indivíduo a regular a concentração de glicose no sangue, além de ser um mecanismo de controle do diabetes ao longo da vida. O exercício aumenta a sensibilidade à insulina e diminui a concentração de insulina ao jejum e depois da refeição<sup>24</sup>.

Também, reduz os fatores de riscos cardiovasculares através da melhora do perfil de lipídeos com redução de hipertensão. O exercício físico se associa à diminuição da concentração de triglicerídeos no soro. Reduz também os níveis séricos de LDL e VLDL aumentando os níveis de HDL.

Os lipídeos são melhor utilizados com a execução de exercícios com duração acima de 30 minutos. Por exemplo, seria aconselhável corridas de baixa - média intensidade de 4 a 5 km, várias vezes por semana. Distâncias menores que estas, não requerem a utilização de lipídeos.

Outro efeito do treinamento físico é a melhora da hipertensão fraca a moderada, ocorrendo independentemente de perda de peso ou de mudança da composição corporal. Pode ter como resultado um decréscimo das pressão sangüínea sistólica e diastólica de 5 a 10 mmHg. Embora não se conheça o mecanismo para tal efeito, está correlacionado com a diminuição de insulina no soro e concentração de triglicerídeos; ainda pode ser relacionado a uma reversão de um efeito de hiperinsulinemia crônico na retenção de sódio no rim.

---

<sup>24</sup> Derick LeROITH, Diabetes Mellitus - A Fundamental and Clinical Text, p. 639

O exercício físico regular, junto com a dieta, pode ser um meio de acompanhamento eficaz para a perda de peso. Ocorre, assim, uma perda de gordura considerável, preservando a massa magra.

Concluindo, o exercício físico em indivíduos NIDDM tem como resultado os mesmos benefícios gerais que ocorrem nos indivíduos não diabéticos. Estes benefícios incluem aumento do condicionamento cardiovascular e capacidade de trabalho físico. Também ocorrem benefícios psicológicos, como o aumento da auto estima, força de vontade e melhor qualidade de vida.

## **2. RISCOS DO EXERCÍCIO<sup>25</sup>**

Um dos riscos mais comuns que ocorrem nos diabéticos é a hipoglicemia, principalmente naqueles que tomam insulina. Pode ocorrer durante ou após o exercício, e seu efeito durar até 24 horas. Exercícios de curta duração, ao contrário dos aeróbios, podem levar ao aumento da glicemia durante várias horas após a sua finalização.

É recomendado que todos os indivíduos com NIDDM façam um triagem antes de realizar atividade física, pois o exercício também pode causar a piora de doenças cardiovasculares que não foram diagnosticadas, como angina, infarto do miocárdio e arritmias cardíacas. Indivíduos obesos, devem tomar cuidado com problemas nas articulações devido o sobrepeso sobre pés e pernas. O mesmo se indica a portadores de neuropatias sensitivas, que podem lesar facilmente tecidos moles.

Uma das complicações mais importante a ter cuidado é a retinopatia proliferativa. O exercício pode causar hemorragia na retina ou no vítreo. Devem ser evitados exercícios muito fortes que levem à alterações do tipo manobra de valsalva e aqueles que induzem movimentos

rápidos de cabeça ou de forte impacto. Estes podem precipitar ou causar hemorragia ou descolamento da retina.

Indivíduos com nefropatia diabética devem ter cuidado, pois o exercício pode causar o aumento da proteinúria devido a mudanças hemodinâmicas no rim.

O exercício deve ser diminuído em indivíduos que apresentam neuropatia autonômica, devido a diminuição da frequência máxima do coração e da capacidade aeróbia. Também podem ocorrer respostas de hipotensão postural e desidratação.

Portanto, é muito importante o uso de planejamento e seleção adequada de exercícios para que estas complicações sejam evitadas.

### **3. EXERCÍCIO E A SENSIBILIDADE À INSULINA**

A atividade física regular se associa a um aumento da sensibilidade periférica à insulina. Em consequência, ocorre um aumento de absorção de glicose pelos músculos.

Esse aumento da sensibilidade à insulina se perde muito rapidamente quando se pára de fazer exercícios. Dentro de 60h, os efeitos são perdidos; e, já não existem mais dentro de 5 a 7 dias após finalização de execução da atividade.

Estudos recentes feitos por Mikines<sup>26</sup> mostram um aumento adaptativo à longo prazo na resposta dos tecidos à insulina, além de níveis de ação aumentados da insulina após treinamento. Sugere-se que esse feito seja devido ao aumento da densidade de capilares no músculo, ou um aumento da capacidade oxidativa, ou ainda, um aumento na quantidade de GLUT4 no músculo esquelético.

---

<sup>25</sup> Ibid, p. 639

<sup>26</sup> Ibid, p. 640

#### **4. O EXERCÍCIO NA PREVENÇÃO DO DIABETES NÃO INSULINO DEPENDENTE**

A dieta e a atividade física, geralmente são os meios mais usados para o controle do NIDDM. Estudos mais recentes mostram que a ocorrência de diabetes é o é duas vezes maior em indivíduos que não realizam nenhuma atividade física. Concluiu-se que indivíduos obesos, hipertensos e inativos são pessoas que tem uma maior chance de desenvolver o diabetes. Entretanto, mesmo que não haja o controle da obesidade e da hipertensão, a atividade física apresenta efeitos benéficos de prevenção ao diabetes.

#### **5. GUIA DE EXERCÍCIOS PARA INDIVÍDUOS DIABÉTICOS NÃO INSULINO DEPENDENTES**

Como já dito anteriormente, é recomendado que o indivíduo com NIDDM faça uma triagem, antes de iniciar seu programa de atividades físicas. Este previne possíveis complicações no caso do indivíduo apresentar previamente alguma das doenças já mencionadas anteriormente (cardiopatias, hipertensão descontrolada, retinopatias, nefropatias). Nestes casos, deve-se ter muito cuidado em selecionar a intensidade e a duração dos exercícios. Os exercícios devem ser prescritos individualmente, de acordo com a anomalia apresentada pelo indivíduo.

Como os indivíduos com NIDDM não apresentam hipoglicemias severas, não é preciso que se alimentem antes da execução da atividade, com exceção dos casos de controle de glicemia com insulina ou medicamentos orais. Nestes, antes do início do exercício, deve ser feito o exame de glicemia a fim de se obter o valor atual. Caso esteja acima de 250mg/dl e /ou presença de corpos cetônicos na urina, a atividade é contra indicada.

É recomendado que o monitoramento da glicemia seja feito antes, durante e após o exercício. No caso do NIDDM, o monitoramento durante o exercício é relativo.

O programa de exercícios é o mesmo utilizado pelos indivíduos com IDDM, como descrito no capítulo anterior.

## CONCLUSÃO

O conhecimento do Diabetes Mellitus , de suas características e complicações é de fundamental importância para seu controle diário.

Com esse conhecimento, e o balanceamento adequado do uso correto de medicamentos, dieta e prática de exercícios físicos, é que o indivíduo saberá regular sua glicemia.

Vale ressaltar que este controle quando bem feito, dará ao diabético uma vida tão saudável quanto os indivíduos que não o possuem, livrando-os (certamente) das possíveis complicações.

## BIBLIOGRAFIA

ARDUINO, Francisco. Diabetes Mellitus, 3ª ed., Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 1980.

DIABETES JUVENIL, Associação de. Jornal Folha de São Paulo, 2000.

CRUIKSHANK, A . H. Pathology of The Pancreas, 1ª. ed., Great Britain, Ed. Spinger - Verlag Berlin Heidelberg, 1986.

KAHN, C. Ronald. Joslin's - Diabetes Mellitus, 3ª ed., USA, Ed. Williams & Wilkins, 1994.

LeROITH, Derick. Diabetes Mellitus - A Fundamental and Clinical Text, 1ª ed., Philadelphia, Ed. Lippincott - Raven, 1996.

NOVOCARE. Convivendo com o Diabetes Tipo I, Novo Nordistick Diabetes Services.

- NOVOCARE. O diabético Insulino Dependente - Informações e nutrição, Novo Nordistick Diabetes Services.
- NOVOCARE. Situações Especiais, Novo Nordistick Diabetes Services.
- OLIVEIRA, R. Diabetes Dia a Dia, 1ª ed, Rio de Janeiro, Ed. Revinter, 1995.
- POLLOCK, M. & WILMORE, J. H. Exercícios na Saúde e na Doença Avaliação e - Prescrição para Prevenção e Reabilitação, 2ª ed, Rio de Janeiro, Ed. Medsi, 1993.
- SAÚDE, Ministério da. Manual de Diabetes, 2ª ed., Brasília, 1993.
- SAÚDE, Ministério da. Orientações Básicas para o Diabético, 2ª ed., Brasília, 1993.
- SHEPPARD, M.C. Clinical Endocrinology and Diabetes, 1ª ed., Edinburgh, Ed. Churchill Livingstone, 1988.
- WIEDERIN, Cristina. Jornal Dia a Dia, Tudo para o Diabético, 1998, pág. 7.
- ZAGURY, Leão. Diabetes Sem Medo, 4ª. ed., Rio de Janeiro, Ed. Rocco, 1987.