

BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

MILENA RAZUK

**CONTROLE POSTURAL E INFORMAÇÃO SENSORIAL EM
IDOSOS DIABÉTICOS PRATICANTES E NÃO PRATICANTES
DE ATIVIDADE FÍSICA**

A large, abstract graphic in the bottom half of the page, consisting of overlapping light blue and white geometric shapes that form a stylized, fragmented globe or sphere.

Trabalho de Conclusão de Curso -
TCC apresentada ao Instituto de
Biociências do Campus de Rio
Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do grau
de Bacharel em Educação Física.

Rio Claro
2009

MILENA RAZUK

**CONTROLE POSTURAL E INFORMAÇÃO SENSORIAL EM
IDOSOS DIABÉTICOS PRATICANTES E NÃO PRATICANTES DE
ATIVIDADE FÍSICA**

Orientador: Prof. Dr. José Angelo Barela

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Bacharel em Educação
Física.

Rio Claro
2009

796.0132 Razuk, Milena

R279c Controle postural e informação sensorial em idosos diabéticos praticantes e não praticantes de atividade física / Milena Razuk. - Rio Claro : [s.n.], 2009
50 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: José Angelo Barela

1. Capacidade motora. 2. Diabetes. 3. Sistemas sensoriais. 4. Controle postural. 5. Atividade física. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **DEUS**, pois ELE na sua infinita misericórdia e graça me direciona em tudo, pois a vontade de Deus é boa, perfeita e agradável. Nos momentos de desânimo me deu forças, nos momentos de tristeza encheu meu coração de alegria, nos momentos de dúvidas me deu a certeza, nos momentos de insegurança me segurou pela SUA forte mão. Sem ELE não sou nada. Tudo que tenho e tudo que sou vem DELE.

Querida família, muito obrigada por estarem sempre ao meu lado. Vocês são muito especiais para mim!!!

Pai (Jamal), obrigada pelo carinho e pelo amor de pai. Obrigada também pelo seu apoio e curiosidade em querer saber sobre minha pesquisa, coletas e tudo o que diz respeito com relação ao mundo acadêmico. E tantas outras coisas, que ficarão para sempre guardadas em meu coração. Tenho o privilégio de tê-lo como meu pai.

Mãe (Clemência), obrigada pela recepção amorosa, carinhosa e calorosa dos finais de semana, pelas conversas e pelos conselhos sábios. Obrigada pelos joelhos dobrados.

Você é meu referencial de mãe e mulher. Sou privilegiada de tê-la como minha mãe.

Queridas e amadas irmãs **Ju** (Maria Julia) e **Ana** (Ana Lucia), obrigada pelo amor, constante torcida e principalmente pelas orações, AMO muito vocês!!!

Fabiano (meu cunhado e meu pastor), obrigada pelas orações.

Meu amor **Ronaldo**. Obrigada por ser meu grande incentivador e por estar sempre disposto a me ajudar em TUDO.

Seu amor me completa, seu sorriso me acalma, sua proteção me fortalece, suas palavras me dão confiança para enfrentar o amanhã. Obrigada pelas orações. Eu amo você!!!

Agradeço imensamente ao pessoal do LEM (Andrei, Ana, Dalva, Dianinha, Dianona, Gui, Matheus, Paula, Raquel e Thátia).

Agradeço ao Prof. Dr. Barela, pela brilhante orientação, pelas conversas, pelos ensinamentos, pelo exemplo de caráter e honestidade, pela oportunidade em ter sido sua orientanda, pela rigidez com “toque” de carinho e também pelos momentos de descontração (churrascos).

Sou grata ao CNPq pelo apoio financeiro.

Agradeço a todos os meus professores da graduação, pois cada um contribuiu com minha formação e bagagem acadêmica.

Para finalizar agradeço o BEF 2006, em particular ao Guy, pelo companheirismo e amizade.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais
Jamal e Clemência, minhas irmãs Maria Julia e Ana Lucia, pelo carinho,
cuidado e AMOR! Amo MUITO vocês!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Idade, massa, estatura, IMC e gênero do grupo diabético ativo (GDA)	24
Tabela 2: Idade, massa, estatura, IMC e gênero do grupo diabético sedentário (GDS).....	25
Tabela 3: Idade, massa, estatura, IMC e gênero do grupo controle ativo (GCA)	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Situação experimental da avaliação de sensibilidade ao movimento articular passivo.	26
Figura 2: Kit Estesiômetro (Semmes-weinstein Momofilaments) (A) e situação experimental de realização da avaliação de sensibilidade cutânea (B)	28
Figura 3: Situação experimental dentro da sala	29
Figura 4: Valores médios e desvios padrão da massa do filamento sentido pelos participantes dos três grupos na avaliação da sensibilidade cutânea do pé direito (PD) e pé esquerdo (PE).	31
Figura 5: Valores médios e desvios padrão do deslocamento angular da avaliação de sensibilidade ao movimento passivo das articulações do tornozelo (A) e do joelho (B), em ambas as direções para os grupos controle ativo (GCA), diabético ativo (GDA) e diabético sedentário (GDS).	32
Figura 6: Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação na manipulação da postura ereta na posição normal nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) dos grupos controle ativo (GCA), diabético ativo (GDA) e diabético sedentário (GDS)	33
Figura 7: Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação na manipulação da postura ereta na posição tandem stance nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) dos grupos controle ativo (GCA), diabético ativo (GDA) e diabético sedentário (GDS)	34

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho dos sistemas sensoriais e do controle postural de idosos diabéticos e investigar a relação entre as alterações destes sistemas e do controle postural desta população. Participaram deste estudo dez idosos diabéticos ativos ($62 \pm 4,4$ anos) (GDA), 10 diabéticos sedentários ($65,5 \pm 7,4$ anos) (GDS) e 10 idosos saudáveis ativos ($63,2 \pm 4,5$ anos) (GCA) foram submetidos a avaliações sensoriais e de controle postural. As avaliações sensoriais foram compostas por avaliação somatossensorial (sensibilidade cutânea e sensibilidade ao movimento passivo). Para avaliar o controle postural foram analisadas medidas de oscilação corporal durante manutenção da postura ereta (em *tandem stance* e *bipodal*). Os resultados indicaram pior desempenho do GDS na avaliação do movimento passivo e de controle postural. Nas avaliações de controle postural, o GDS apresentou uma maior amplitude média de oscilação (AMO) (cm) nas condições de manutenção da postura ereta na posição *tandem stance* na direção médio-lateral. No teste de sensibilidade ao movimento passivo, o GDS precisou, em média, de um maior deslocamento angular para perceber o movimento das articulações do joelho e tornozelo. Estes resultados indicam, portanto, que as alterações estruturais e fisiológicas decorrentes do diabetes, resultam em piora do desempenho dos sistemas sensoriais e de controle postural. Além disso, a maior deterioração do sistema proprioceptivo em idosos diabéticos pode interferir negativamente no desempenho de controle postural dos mesmos. Desta forma, a atividade física minimiza a perda sensorial e ainda ajuda no controle postural dos diabéticos.

Palavras-chave: diabetes, sistemas sensoriais, controle postural, atividade física.

SÚMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	06
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	09
2.1. Diabetes mellitus.....	09
2.2. Controle postural.....	12
2.2.1 Acoplamento entre informação sensorial e ação motora.....	14
2.2.2 Controle postural em diabéticos.....	16
2.2.3 Relacionamento entre informação sensorial e ação motora em diabéticos.....	17
2.3. Atividade física e diabetes.....	18
2.3.1 Envelhecimento, atividade física e controle postural.....	19
2.3.2 Atividade física, diabetes e controle postural.....	21
3. OBJETIVOS.....	23
4. MÉTODO.....	24
4.1. Participantes.....	24
4.2. Procedimentos.....	25
4.3. Tratamento e Análise dos dados.....	29
5. RESULTADOS.....	31
5.1. Sensibilidade cutânea.....	31
5.2. Sensibilidade ao movimento passivo.....	32
5.3. Controle postural.....	33
6. DISCUSSÃO.....	35
7. CONCLUSÃO.....	39
8. REFERÊNCIAS.....	40
ANEXO.....	46
APÊNDICE.....	48

1. INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) é uma doença de caráter endócrino que afeta cerca de 2 a 10% da população mundial e seus números crescem de acordo com o aumento populacional global (GAMBA & PARDINI, 1999). Atualmente, somente no Brasil, cerca de 7,6% da população é acometida pela doença, o que corresponde a um total de 11,5 milhões de brasileiros clinicamente diagnosticados (GAMBA & PARDINI, 1999). Estes índices de incidência, além de outros aspectos, indicam os enormes gastos relacionados ao tratamento da população acometida.

Este fato é mais alarmante pois; de acordo com a Organização Mundial da Saúde, o número de pacientes diabéticos irá aumentar em aproximadamente 122% até 2025, atingindo um total de 300 milhões de pessoas no mundo. Ainda, o DM está na lista das cinco doenças de maior índice de morte no mundo, e está chegando cada vez mais perto do topo da lista. De acordo com a American Diabetes Association existem cerca de 6.2 milhões de pessoas não diagnosticadas e cerca de 41 milhões de pessoas que poderiam ser consideradas pré-diabéticas. Os Centros de Controles de Doenças classificaram o aumento da doença como epidêmico, e a National Diabetes Information Clearinghouse fez uma estimativa de gastos de 132 bilhões de dólares, nos Estados Unidos, somente para este ano.

O avanço da idade, de uma forma geral, vem acompanhado de uma série de alterações estruturais, funcionais e comportamentais e, como consequência, diversas mudanças ocorrem na realização das atividades de vida diária (AVDs). Um problema frequentemente verificado nessa fase da vida é a maior pré-disposição ao diabetes mellitus do tipo 2 (IVY, ZDERIC et al. 1999; POWERS and HOWLEY 2000).

A Neuropatia Diabética (ND) é uma das complicações decorrentes do DM que causa um déficit nervoso progressivo dos componentes sensoriais, motor e autônomo dos nervos periféricos. Este déficit afeta diretamente o comportamento

motor (CAVANAGH, DERR et al. 1992; MUELLER, MINOR et al. 1994; COURTEMANCHE, TEASDALE et al. 1996), devido ao fato do nervo periférico ser o veículo comum de carreamento das informações sensoriais e o veículo efetor dos comandos provindos do Sistema Nervoso Central. Cabe ressaltar que tanto as alterações do andar quanto as alterações do controle postural acompanham o caráter progressivo da ND devido, principalmente, a uma íntima relação entre alterações fisiológicas e mecânicas ocorridas ao longo da evolução da doença.

Os pacientes com ND podem apresentar um maior índice de quedas, durante o andar, na manutenção da postura ereta e também nas AVDs (MUELLER, MINOR et al. 1994; KATOULIS, EBDON-PARRY et al. 1997; KATOULIS, EBDON-PARRY et al. 1997; SHAW, van SCHIE et al. 1998; ABOUD, ROWLEY et al. 2000; SACCO and AMADIO 2003; YAVUZER, YETKIN et al. 2006). A razão para o aumento no número de quedas com o envelhecimento tem sido atribuída ao declínio do desempenho do sistema de controle postural (BLASZCZYK, LOWER et al. 1994; WADE, LINDQUIST et al. 1995; DI FABIO and EMASITHI 1997). Apesar da estarrecida previsão de aumento de casos da doença, sabe-se muito pouco sobre possíveis alterações que o DM poderia causar no funcionamento do sistema de controle postural e, por conseguinte, afetando a manutenção e o equilíbrio de uma posição corporal desejada.

A manutenção da postura ereta envolve um relacionamento coerente e dinâmico entre informação sensorial e ação motora (BARELA, JEKA et al. 1999). Quando este relacionamento entre informação sensorial e ação motora é alterado, como pode ser o caso em pacientes com DM, alterações no desempenho do controle postural podem ocorrer. Mais importante ainda é que não há, num mesmo estudo, análise do desempenho de controle postural em idosos diabéticos ativos, idosos diabéticos sedentários e grupo controle observando e comparando o desempenho dos sistemas sensoriais e efetores de forma separada e de forma integrada (percepção-ação). Desta forma, a realização de um estudo neste aspecto tornaria possível iniciar o esclarecimento das reais causas das alterações no controle postural em idosos diabéticos. O funcionamento do sistema do controle postural envolve a coordenação e o controle dos segmentos corporais com base nas informações sensoriais, porém há necessidade de investigar de forma mais precisa este sistema, avaliando os mecanorreceptores e proprioceptores e relacioná-los com o desempenho do controle postural.

Considerando que pacientes diabéticos apresentam deterioração do sistema nervoso periférico, com possíveis perdas sensoriais e motoras, é provável que o funcionamento do sistema de controle postural seja alterado, nesta população. Especialmente, durante a manutenção da postura ereta, se pacientes com DM apresentarem deterioração de informação somatossensorial ao redor da articulação do tornozelo, a magnitude de oscilação corporal destes pacientes poderia ser maior. Ainda, diversos estudos apontam para a importância da prática do exercício físico, principalmente na terceira idade. Neste caso, idosos ativos apresentam melhor controle postural estando, desta forma, menos suscetíveis à incidência de quedas. Alguns estudos reforçam indícios dos efeitos positivos da prática regular de atividade física no controle postural de idosos (LORD, WARD et al. 1995; GAUCHARD, JEANDEL et al. 1999; FERRAZ, BARELA et al. 2001; NELSON, LAYNE et al. 2004). Nesta perspectiva, o objetivo desse estudo é examinar as mudanças no desempenho dos sistemas sensoriais e motor que ocorrem com o diabetes e investigar a contribuição da atividade física no desempenho do controle postural de idosos diabéticos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Diabetes Mellitus

O diabetes mellitus (DM) é uma doença que caracteriza-se etiológica e clinicamente por grupos heterogêneos que apresentam um quadro de hiperglicemia resultante da deficiência total ou parcial da secreção de insulina ou de uma resposta ineficiente da insulina nos tecidos hepáticos e periféricos sensíveis a ela (IVY, ZDERIC et al. 1999). Existem basicamente dois tipos dessa doença, o diabetes mellitus insulino dependente, e o diabetes mellitus não insulino dependente (IVY, ZDERIC et al. 1999). A classificação do DM é baseada na etiologia e não no tipo de tratamento, portanto, os termos diabetes mellitus insulino dependente e diabetes mellitus insulino independente devem ser eliminados. A classificação proposta pela Organização Mundial da Saúde e pela Associação Americana de Diabetes recomenda utilizar os termos: DM tipo 1 (DM1) e DM tipo 2 (DM2).

O DM1 é uma doença auto-imune multifatorial, cuja suscetibilidade é determinada por uma combinação de fatores genéticos e ambientais (ROSSINI 2004). Essa doença é caracterizada por uma hiperglicemia crônica e pelo desenvolvimento de patologias vasculares específicas (BROWNLEE 2001). Neste tipo de diabetes, há destruição mediada pelas células T (pertencem a um grupo de glóbulos brancos do sangue e são os principais efetores da imunidade celular, sendo formados ao nível do timo a partir de precursores indiferenciados da medula óssea), das células secretoras de insulina das ilhotas pancreáticas (células beta). Esse processo destrutivo leva a severa depleção de insulina, sendo necessária a administração exógena do hormônio (KELLY, RAYNER et al. 2003). Este tipo de

diabetes caracteriza-se por evidenciar seus sintomas em pessoas de pouca idade, primeira e segunda décadas de vida, e está presente em 5%-10% dos casos.

O DM2 é geralmente diagnosticado após os 40 anos de idade, representando cerca de 90%-95% de todos os diabéticos e pode ser desencadeado por vários fatores tais como obesidade, dieta hipercalórica e falta de atividade física (IVY, ZDERIC et al. 1999; POWERS and HOWLEY 2000). O DM2 apesar de também parecer resultar da degeneração das células beta das Ilhotas de Langerhans do pâncreas endócrino, ocorre em consequência do próprio processo de envelhecimento. Acredita-se ainda, que dois fatores estejam envolvidos neste processo. O primeiro, e talvez o maior responsável, é uma resistência aumentada dos tecidos periféricos (tecidos alvo) à própria insulina. O segundo fator envolvido neste processo de desenvolvimento do DM2 é a presença da obesidade, pois nesta condição há a necessidade de um aumento na quantidade de insulina a ser produzida para garantir a normalização do controle glicêmico (BENNET 1990). Deste modo, tanto o DM1 quanto o DM2 promovem uma diminuição da utilização da insulina pelas células dos tecidos periféricos. Como consequência desta diminuição da utilização de insulina, a quantidade de glicose difundida para o interior das células torna-se menor e, assim, o aporte energético de cada célula torna-se deficitário, implicando em diminuição do trabalho celular e consequente sofrimento tissular. A hiperglicemia, conforme mencionado anteriormente, é uma característica comum aos dois tipos de diabetes (DM1 e DM2) que leva aos principais sintomas da doença.

A elevação das cargas filtradas e excretadas de glicose pelos rins provoca glicosúria (presença de glicose na urina) e diurese osmótica. Uma vez que o efeito osmótico impede a reabsorção do líquido, aparece poliúria (aumento do volume urinário), resultando em desidratação e, consequentemente, polidipsia (sensação de sede em demasia). Essa elevada concentração de glicose sanguínea no diabetes é tóxica, e causa danos micro e macrovasculares sérios. Como consequência, a patologia microvascular no diabetes é uma das principais causas de cegueira, doença renal em estágio final e uma variedade de neuropatias diabéticas (ND) por afetar componentes primordiais da inervação periférica e, consequentemente, do comportamento motor.

A ND é a alteração crônica mais comum associada ao DM, afetando 20-50% dos pacientes diabéticos após dez anos do seu diagnóstico (CAVANAGH,

SIMONEAU et al. 1993). A ND leva a uma perda progressiva da sensibilidade, da propriocepção e da função muscular distal (PIRART 1978; YAVUZER, YETKIN et al. 2006), especialmente nos membros inferiores, o que pode causar uma modificação do controle motor durante a marcha e durante a postura (MUELLER, MINOR et al. 1994; KATOULIS, EBDON-PARRY et al. 1997; SHAW, van SCHIE et al. 1998; ABOUD, ROWLEY et al. 2000; SACCO and AMADIO 2003; YAVUZER, YETKIN et al. 2006). Estas alterações podem aumentar o risco de quedas em pacientes diabéticos com ND (CAVANAGH, DERR et al. 1992). Devido a íntima relação existente entre a ND e o diabetes, o caráter progressivo evidenciado pelo DM também passa a ser revelado pela ND (CINELLI, GONZALEZ et al. 1990; UNGER and FOSTER 1992). Isso significa que, com a manutenção de níveis de glicose plasmática acima dos valores normais, as funções primordiais da inervação periférica são gradualmente alteradas, sendo que nos estágios mais avançados da ND as funções sensorial, motora e autônoma podem estar extremamente comprometidas (THOMAS and TOMLINSON 1993).

Uma característica importante da ND que deve ser ressaltada é que estas alterações das funções nervosas periféricas possuem uma distribuição anatômica típica, que acomete primeiramente as porções distais dos membros superiores (dedos e mãos) e inferiores (artelhos e pés). Esta característica singular de distribuição anatômica é denominada de acometimento em “botas e luvas” e pode evoluir, com o passar do tempo, às porções mais proximais dos segmentos superiores (punho e antebraço) e inferiores (tornozelo e pernas) (SANVITO 1981).

O DM também está associado à doença macrovascular aterosclerótica, afetando artérias que suprem coração, cérebro e extremidades inferiores. Como resultado, pacientes com diabetes correm um risco muito maior de sofrer infarto do miocárdio, derrame e amputação de membros (BROWNLEE 2005). Uma vez que as complicações desta doença são fortemente correlacionadas com o tempo de duração da mesma, os pacientes insulino-dependentes, cuja doença se desenvolve mais cedo, são os mais atingidos. Conforme (PORTUESE, KULLER et al. 1995), a doença cardiovascular é a principal causa de morte no diabetes mellitus insulino-dependente.

A deficiência de insulina causa, conjuntamente, uma outra alteração metabólica significativa: o aumento da degradação e oxidação de gordura, resultando em excessiva produção de cetonas (KELLY, RAYNER et al. 2003). A cetoacidose

diabética é um outro fator que pode levar a morte nessa patologia (PORTUESE, KULLER et al. 1995).

O tratamento para o diabetes DM1 inclui administração exógena de insulina, dieta e educação. Já o tratamento básico dos diabéticos DM2 inclui a dieta e o exercício, para reduzir o peso corporal e auxiliar no controle da glicemia (KELLEY and GOODPASTER 1999). Esses cuidados permitem aos pacientes manterem uma vida normal e produtiva. Entretanto, uma grande parte dos portadores desta doença eventualmente desenvolvem complicações no decorrer do tempo que, se não tratadas, levam progressivamente a uma piora do quadro diabético, diminuindo a expectativa e qualidade de vida dessas pessoas (EIZIRIK 1995; KELLY, RAYNER et al. 2003). Entretanto, sabe-se muito pouco sobre possíveis alterações que o DM poderia causar no funcionamento do sistema de controle postural, e por conseguinte, afetando a manutenção e o equilíbrio de uma posição corporal desejada.

2.2. Controle Postural

O controle postural está diretamente envolvido com o controle da posição dinâmica no espaço com o objetivo de orientação e equilíbrio postural (HORAK 2006). A orientação postural refere-se à posição dos segmentos corporais em relação aos demais segmentos e em relação ao meio ambiente. O equilíbrio postural refere-se ao buscar um estado em que as forças que atuam sobre o corpo estão balanceadas para manter o corpo na posição e orientação desejada (estática ou em movimento).

Horak e McPherson (1996) sugeriram que estes dois objetivos são alcançados a partir de um relacionamento dinâmico entre informação sensorial e ação motora. Informações sensoriais para o controle postural são provenientes basicamente de três canais sensoriais: somatossensorial, vestibular e visual. Embora existam três sistemas sensoriais principais, não há um que possa ser considerado como o mais importante. O papel que cada um tem em relação à orientação e ao equilíbrio postural pode mudar, dependendo da tarefa e do contexto em que esta tarefa é realizada (HORAK and MACPHERSON 1996).

O sistema somatossensorial fornece ao sistema nervoso central informações sobre a posição e o movimento do corpo, em referência às superfícies de apoio. O

sistema somatossensorial permite ao ser vivo experimentar sensações nas partes distintas do corpo humano. Podem ser sensações de tato, temperatura, da posição das partes do corpo ou da dor. Os receptores do sistema somatossensorial se encontram distribuídos pelo corpo todo e servem para detectar os estímulos mecânicos, químicos e físicos.

O sistema somatossensorial é abrangente no que se diz respeito à localização corporal. Segundo Winter (1995) e Horak e MacPherson (1996), este sistema tem como função fornecer informações sobre a posição e velocidade dos segmentos, uns em relação aos outros, comprimento muscular e informações com relação ao contato com objetos externos. Neste caso, por exemplo, quando uma pessoa assume a posição em pé, as informações captadas, incluindo informações do contato dos pés com o solo e referentes aos músculos e articulações dos membros inferiores, são utilizadas pelo sistema de controle postural para que, integradas com as informações provindas de outros canais, permita ao indivíduo permanecer estável na posição em pé ou se preparar para qualquer outra ação que possa ocorrer.

O sistema vestibular está localizado na cabeça e fornece informações com respeito às alterações que ocorrem na posição da mesma em relação ao ambiente. O sistema vestibular é constituído por uma estrutura óssea dentro da qual se encontra um sistema de tubos membranosos cheios de líquido, cujo movimento – provocado por movimentos da cabeça – estimula células ciliadas que enviam impulsos nervosos ao cérebro ou diretamente a centros que controlam o movimento dos olhos ou os músculos que mantêm o corpo numa posição de equilíbrio. Numa descrição mais detalhada do funcionamento deste sistema, Shumway-Cook e Woolacott (2003) afirmam que o sistema vestibular possui dois tipos de receptores. Os canais semicirculares são responsáveis pela aceleração angular da cabeça e os otólitos são responsáveis pela posição e aceleração linear.

O sistema visual fornece informações sobre a localização e a distância de objetos no ambiente, o tipo de superfície onde se dará o movimento e a posição das partes corporais uma em relação à outra e ao ambiente. Os componentes deste sistema, considerados essenciais para o equilíbrio incluem, a visão periférica (perceber o que está fora do foco principal de visão), a sensibilidade ao contraste (uma habilidade visual que possibilita a visão de detalhes quando há exposição a diferentes níveis de contraste), a acuidade (reconhecer dois pontos muito próximos)

e a percepção de profundidade (a habilidade visual de perceber o mundo em três dimensões).

De forma geral, o funcionamento do sistema do controle postural envolve a coordenação e o controle dos segmentos corporais com base nas informações sensoriais provenientes destes canais sensoriais.

2.2.1 Acoplamento entre informação sensorial e ação motora

Como já foi dito anteriormente, a manutenção de uma postura envolve um relacionamento intrincado entre informação sensorial e ação motora (HORAK and MACPHERSON 1996) de forma que informação influencia a realização de uma ação e, ao mesmo tempo, esta ação influencia a obtenção de informação. Esta dependência mútua entre percepção e ação caracteriza a formação do ciclo percepção-ação (BARELA 2001).

A partir desta perspectiva, alguns autores têm investigado os efeitos da manipulação da informação sensorial na oscilação corporal, como uma estratégia de entender diversos aspectos do ciclo percepção-ação e conseqüentemente o funcionamento do controle postural (JEKA and LACKNER 1994; JEKA and LACKNER 1995). De forma geral, as informações sensoriais, provenientes dos diversos canais sensoriais, são integradas nos centros superiores do sistema nervoso central, possibilitando a formação de um quadro de referência utilizado para identificar o relacionamento entre os segmentos e a orientação destes segmentos com o ambiente (JEKA, OIE et al. 2000). Com base nas informações sensoriais, atividade muscular específica é desencadeada, buscando manter ou alcançar a orientação e o equilíbrio postural desejado (BARELA 2000).

Uma maneira de investigar este relacionamento entre informação sensorial e ação motora é manipular a informação de um sistema sensorial e verificar as repostas motoras. Jeka e Lackner (1994; 1995). Investigaram a manipulação da informação somatossesorial no controle postural utilizando a estratégia do toque suave em uma superfície rígida e estacionária. Estes autores sugeriram que o contato com uma superfície estacionária fornece um quadro de referência que é utilizado pelo sistema de controle postural para estabilizar a postura. A aplicação desta estratégia também foi utilizada para verificar a influência da visão no controle postural e nos estudos pioneiros de Lee e colaboradores (LISHMAN and LEE 1973)

e foi denominada de paradigma da sala móvel. Neste paradigma, a orientação e equilíbrio postural são influenciados a partir do movimento de paredes e/ou teto de uma sala independente do solo. Neste caso, os efeitos da manipulação de uma dada fonte sensorial são observados na oscilação corporal. De forma geral os participantes expostos à situação da sala móvel. A primeira situação é quando a sala inicia o movimento, pois a informação visual indica que ocorreu variação no arranjo ótico, interpretado como oscilação corporal, enquanto que os demais canais não indicam qualquer alteração. A segunda situação ocorre quando os indivíduos passam a movimentar junto com o movimento da sala. Neste momento, o sistema visual indica que o participante não está se movimentando, enquanto os sistemas somatossensório e vestibular indica que oscilação corporal está ocorrendo.

Este paradigma tem sido utilizado em bebês (BUTTERWORTH and HICKS 1977; DELOME, FRIGON et al. 1989; DELORME, FRIGON et al. 1989; HIGGINS, CAMPOS et al. 1996; BERTENTHAL, ROSE et al. 1997), crianças (SCHMUCKLER 1997; GODOI 2004), adultos e idosos (WADE, LINDQUIST et al. 1995). O efeito da informação visual na oscilação corporal tem sido explicado pelo fato de que o deslocamento da sala altera a projeção da imagem do ambiente na retina do participante, criando ilusão de movimento corporal. Quando a sala se aproxima do indivíduo, a imagem projetada na retina aumenta provocando a impressão que o indivíduo foi para frente e contrações musculares são realizadas para reverter este suposto deslocamento corporal. Quando a sala se afasta do indivíduo, a imagem na retina diminui provocando a impressão que o indivíduo foi para trás e contrações musculares são também desencadeadas para compensar esta suposta oscilação corporal.

A partir destes pressupostos, Oie, Kiemel e Jeka (2002) elaboraram um modelo teórico para explicar como o sistema de controle postural utiliza e integra as informações sensoriais. Este modelo foi testado experimentalmente (OIE, KIEMEL et al. 2002), com o objetivo de investigar os processos de “repesagem sensorial”. Repesagem sensorial (sensory re-weighting) refere-se ao processo que o sistema nervoso central utiliza para controlar a contribuição de cada sistema sensorial que varia em função das diferentes condições do ambiente (HORAK and MACPHERSON 1996) e estas contribuições sensoriais necessitam ser ajustadas para um eficiente e flexível controle da postura. Neste contexto, o processo de repesagem sensorial atribui diferentes pesos sensoriais em função da amplitude/velocidade do cenário

visual e, o sistema de controle atribui pesos sensoriais às informações mais relevantes (somatossensorial e vestibular) para determinada tarefa. Por exemplo, quando ocorre aumento da velocidade/amplitude do movimento do cenário visual, o peso sensorial atribuído à visão é diminuído (downweighting) e o peso sensorial à informação somatossensorial e vestibular é aumentado (upweighting), pois estas informações são mais confiáveis e precisas para controlar a postura e realizar a tarefa.

Quando este relacionamento entre informação sensorial e ação motora é alterado, como pode ser o caso em pacientes com DM, alterações no desempenho do controle postural podem ser observadas.

2.2.2 Controle Postural em Diabéticos

O sistema de controle postural foi desenvolvido durante a evolução humana, o que nos tornou hábeis não somente em manter a posição ereta e andar, mas também em realizar movimentos independentes entre membros superiores e inferiores.

Considerando que pacientes diabéticos apresentam deterioração do sistema nervoso periférico, com possíveis perdas sensoriais e motoras, é provável que o funcionamento do sistema de controle postural seja também alterado nesta população. Durante a manutenção da postura ereta, se pacientes com DM apresentarem deterioração de informação somatossensorial ao redor da articulação do tornozelo, a magnitude de oscilação corporal destes pacientes poderia ser maior.

Dentre os efeitos deletérios do DM está a ocorrência de déficits sensoriais decorrentes, em partes, de alterações no sistema nervoso periférico. Esta é uma característica da ND, uma das complicações mais importantes do DM, causando de maneira direta e progressiva um déficit dos componentes sensorial e motor (CAVANAGH, DERR et al. 1992; MUELLER, MINOR et al. 1994; COURTEMANCHE, TEASDALE et al. 1996).

Segundo Simoneua et al. (1994), estes déficits são reconhecidos pela maior oscilação do centro de pressão corporal sobre a base de sustentação bipodal. Essas oscilações podem chegar a ser 66% a 117% maiores, tanto na direção ântero-posterior quanto na direção médio-lateral em portadores de ND quando comparados a pessoas saudáveis ou diabéticas não neuropatas.

A permanência estática em postura unipodal também é afetada considerando a dificuldade na manutenção do equilíbrio nesta posição. Richardson et al. (1996) observaram maior oscilação postural em sujeitos portadores de ND sobre uma plataforma de força, nos sentidos ântero-posterior e médio-lateral, durante a permanência estática em postura unipodal. Esta dificuldade em manter o equilíbrio em pé, seja em postura bipodal ou unipodal, entre portadores de ND poderia estar relacionada à diminuição da função proprioceptora dos membros inferiores.

As freqüentes quedas em diabéticos têm sido enfatizadas e, como conseqüência, maior atenção à prevenção faz-se necessário. Estudos relatam uma incidência global de quedas de 1,25 quedas / pessoa / ano, em grupos de indivíduos diabéticos (WALLACE 2005).

Ducic et al. (2004) examinaram a relação entre a crescente perda de sensibilidade do pé e o aumentando da perda do equilíbrio em pacientes diabéticos. Estes autores concluíram que a neuropatia conduz à perda da sensação e a incapacidade do sistema de controle neuromuscular de responder a um ambiente desafiador, podendo ser um mecanismo responsável pela anormalidade da marcha e aumento do risco de quedas.

Os resultados observados por Gutierrez et al. (2001) sugerem que a ligeira neuropatia diabética afeta a função motora do tornozelo. Estes autores concluíram que a ND leva a uma diminuição na força do tornozelo que atrapalha a recuperação do equilíbrio entre as mulheres mais velhas. Desta forma, as pessoas mais velhas com ND têm uma menor capacidade para estabilizar seu corpo ao caminhar em superfícies irregulares, mesmo que adote um padrão mais conservador. Os resultados desse estudo fornecem novas perspectivas sobre o papel do sistema sensorial periférico no controle da estabilidade da marcha, sugerindo possíveis mecanismos subjacentes ao aumento do risco de queda em idosos com ND (MENZ, LORD et al. 2004).

De forma geral, a DM provoca alterações importantes na capacidade do sistema de controle postural e que necessitam se melhora elucidada.

2.2.3 Relacionamento entre informação sensorial e ação motora em diabéticos

Embora diversos estudos têm mostrado que pacientes com DM oscilam mais que não portadores de DM, Simoneau et al. (1994) sugeriram que o DM por si só

não tem qualquer efeito sobre as alterações na estabilidade postural. Entretanto, temos pouco conhecimento sobre este relacionamento entre informação sensorial e ação motora em pessoas com DM. Tanto o sistema sensorial quanto o sistema motor vão perdendo sua capacidade funcional com a presença das neuropatias diabéticas (ND). Especificamente, as alterações principalmente do sistema somatossensorial podem fornecer informação sensorial reduzida e inapropriada para os centros de controle postural. Desta forma, se o acoplamento entre informação sensorial e ação motora não ocorre de maneira coerente e estável, a eficácia do sistema de controle postural pode estar ameaçada.

Considerando o intrincado relacionamento entre informação sensorial e ação motora no funcionamento do sistema postural, pode-se sugerir que este relacionamento esteja alterado em pacientes com DM. Simoneau et al. (1994) demonstrou que a perda da percepção no movimento da articulação do tornozelo está relacionada ao declínio do controle postural de pacientes com DM. Para a realização deste estudo, os autores utilizaram três testes sensoriais: teste do limiar de percepção vibratória, teste do monofilamento, teste de percepção do movimento do tornozelo e avaliação clínica da posição da articulação do tornozelo. Os autores enfatizam a necessidade de estudos futuros que relacionem testes sensoriais em conjunto com testes de avaliação postural, para uma melhor compreensão do papel dos mecanorreceptores das articulações do tornozelo e as suas estruturas no que diz respeito ao controle da postura e da marcha.

2.3 Atividade Física e Diabetes

Estudos epidemiológicos e de intervenção demonstram claramente que a prática regular de atividade física é eficaz para a prevenção e controle do DM2 (TUOMILEHTO, LINDSTROM et al. 2001; CASTANEDA, LAYNE et al. 2002). A prática regular de atividade física tem demonstrado diminuir o risco de desenvolver o DM2, tanto para homens como em mulheres, independente do histórico familiar, do peso e de outros fatores de risco cardiovascular como o fumo e a hipertensão (Manson, RIMM et al. 1991; MANSON, NATHAN et al. 1992). Estudos de intervenção têm demonstrado que mudanças no estilo de vida, adotando-se novos hábitos alimentares e prática regular de atividade física, diminuem a incidência do DM2 em indivíduos com intolerância à glicose (TUOMILEHTO, LINDSTROM et al.

2001); a realização de pelo menos quatro horas semanais de atividade física de intensidade moderada a alta diminui em média 70% a incidência de DM2, em relação ao estilo de vida sedentário, após quatro anos de seguimento (TUOMILEHTO, LINDSTROM et al. 2001).

Segundo a American Diabetes Association (ADA), a prática de atividade física também tem sido considerada uma importante ferramenta no tratamento de indivíduos com DM2. Programas de exercício físico têm demonstrado ser eficientes no controle glicêmico de diabetes, melhorando a sensibilidade à insulina e tolerância à glicose e diminuindo a glicemia sanguínea desses indivíduos (CASTANEDA, LAYNE et al. 2002). Geralmente tem sido recomendada a realização de exercícios aeróbios para indivíduos com DM2 (CASTANEDA, LAYNE et al. 2002). No entanto, recentes estudos têm demonstrado que o exercício resistido também é benéfico no controle glicêmico de DM2 (DUNSTAN, PUDDEY et al. 1998; ISHII, TADA et al. 1998).

O exercício resistido pode ser especialmente benéfico para diabéticos idosos, pois durante o envelhecimento há diminuição da força e massa muscular, a qual afeta o metabolismo energético de maneira indesejável. O aumento da força e massa muscular através da prática de exercício resistido pode reverter esse quadro, melhorando o controle glicêmico desses indivíduos (CIOLAC and GUIMARÃES 2004). De acordo com isso, foi demonstrada diminuição dos níveis de glicose sanguínea, aumento dos estoques de glicogênio muscular, redução da pressão sistólica e gordura do tronco, aumento da massa muscular. Após 16 semanas de exercício resistido houve redução da medicação em 72% dos praticantes, enquanto que indivíduos que participaram do grupo controle tiveram inalterados os níveis de glicemia sanguínea, pressão sistólica, gordura do tronco, sendo que 42% tiveram a medicação aumentada (CASTANEDA, LAYNE et al. 2002).

2.3.1 Envelhecimento, Atividade Física e Controle Postural

A Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte (SBME) e Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia (SBGG) se posicionam claramente quanto à importância da prática regular de atividade física na melhora da qualidade e expectativa de vida do idoso (NOBRÉGA 1999). Especificamente, além dos benefícios na qualidade de vida, os resultados de diversos estudos apontam benefícios da prática regular de

atividade física no controle postural de idosos (LORD, WARD et al. 1995; GAUCHARD, JEANDEL et al. 1999; FERRAZ, BARELA et al. 2001; NELSON, LAYNE et al. 2004). Porém, ainda não estão claros quais fatores poderiam estar colaborando para tais benefícios da atividade física no controle postural em idosos.

Recentemente, foi observado que atividade física pode minimizar os efeitos do envelhecimento nas respostas do sistema de controle decorrentes de manipulação da informação visual (PRIOLI, CARDOZO et al. 2005). Neste caso, idosos ativos apresentaram deslocamento corporal similar ao de adultos jovens, desencadeados pela sala móvel e menor que idosos sedentários. Granacher, Jeandel, Tessier e Perrin (2006) observaram que programas de exercícios sensoriomotores em idosos provocam redução da latência e redução do desequilíbrio postural causada por uma perturbação externa. Estes autores sugeriram que os exercícios sensoriomotores melhoraram a recepção e processamento sensoriais, otimizando a integração central e produzindo respostas motoras mais adequadas. Woollacott e Tang (1997) sugeriram que com atividades que buscassem melhorias no processamento da informação sensorial seria possível aumentar significativamente a capacidade de idosos manterem o equilíbrio, seja em tarefas específicas ou na realização das atividades da vida diária.

Os efeitos da atividade física no controle postural de idosos têm sido observados em diversos protocolos e atividades. Por exemplo, melhoras significativas foram observadas no equilíbrio de idosos após a participação em programas de treinamento de força (NELSON, FIATARONE et al. 1994; ETTINGER, BURNS et al. 1997; NELSON, LAYNE et al. 2004). Resultados similares foram observados em atividades envolvendo trabalho de agilidade e resistência (LIU-AMBROSE, KHAN et al. 2004), atividades proprioceptivas e atividades que envolvem coordenação (GAUCHARD, JEANDEL et al. 1999). Mais interessante, entretanto, é que a atividade física, em geral, independente do tipo de exercício, promove benefícios no controle postural de idosos (LORD, WARD et al. 1995), sendo necessário que a mesma seja realizada regularmente (GAUCHARD, JEANDEL et al. 1999).

Judge, Lindsey, Underwood e Winsemius (1993) constataram que um programa de atividade física mais vigoroso, incluindo o treinamento de força, resistência aeróbia, equilíbrio e flexibilidade, é mais eficiente e eficaz na melhora do equilíbrio em idosas do que um programa de atividade física que incluía somente o

treinamento de flexibilidade e equilíbrio. De forma geral, um programa de atividade física para os idosos deveria incluir exercícios aeróbios de baixa intensidade, exercícios resistidos para estimular a manutenção da força muscular, flexibilidade e equilíbrio (NOBRÉGA 1999; MATSUDO, MATSUDO et al. 2001)

Inúmeras são as evidências dos efeitos da atividade física no controle postural em idosos saudáveis. Infelizmente os benefícios da atividade física no controle postural dos idosos diabéticos ainda são desconhecidos e, portanto, há necessidade de elucidar esta questão.

2.3.2 Atividade Física, Diabetes e Controle Postural

A relação entre a neuropatia diabética e o comprometimento da extremidade física inferior indica que é importante desenvolver intervenções destinadas a reduzir as conseqüências funcionais da neuropatia diabética, a fim de reforçar a mobilidade do paciente e ajudar a manter a sua independência. Alguns poucos estudos já relataram sobre o efeito da intervenção com relação às melhorias das capacidades físicas e equilíbrio postural.

A eficácia de um programa específico de exercícios de intervenção sobre análise da estabilidade postural foi demonstrado em pacientes com neuropatia diabética (SIMMONS and RICHARDSON 2001). O programa de exercícios teve como finalidade aumentar rapidamente os níveis de força do tornozelo a fim de melhorar a estabilidade postural dos pacientes. Após três semanas de exercícios diários, houve uma melhora significativa das medidas de equilíbrio. Assim, um programa de exercício específico pode melhorar a estabilidade postural em pacientes com neuropatia periférica.

Com a análise do trabalho de Simmons e Richardson (2001), a intervenção realizada no período de apenas três semanas foi o suficiente para encontrar melhoras nos resultados dos níveis de força da articulação do tornozelo e como conseqüência melhoras na estabilidade postural, sendo assim, podemos pensar que um indivíduo diabético que participa regularmente de um programa de atividade física sistematizada tem grandes probabilidades de sofrerem os benefícios da atividade física no controle postural.

Diante do exposto, se compararmos idosos saudáveis com idosos diabéticos sedentários, podemos dizer que o sistema sensorial do segundo grupo pode

apresentar maiores alterações quando comparados aos idosos saudáveis devido ao processo natural de envelhecimento somado ao processo natural da doença afetando ainda mais o sistema sensório-motor. Ainda, comparando estes grupos com um grupo idosos diabéticos praticantes de atividade física, poderíamos verificar os possíveis efeitos desta prática no funcionamento do controle postural nesta população. Desta forma, este estudo procura examinar o controle postural de pacientes com DM praticantes e não praticantes de atividade física relacionando-o com a capacidade de detecção de informação sensorial dos membros inferiores.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi avaliar e comparar o desempenho do sistema somatosensorial e do controle postural de idosos diabéticos praticantes e não praticantes de atividade física com o de idosos não diabéticos.

Os objetivos específicos foram:

- Quantificar e comparar o limiar de sensibilidade à pressão cutânea em pacientes com Diabetes Mellitus praticantes e não praticantes de atividade física;
- Determinar o limiar de detecção de movimento passivo articular do tornozelo e joelho em pacientes com Diabetes Mellitus;
- Verificar a associação entre a obtenção de informação sensorial dos membros inferiores e o desempenho do controle postural em pacientes com Diabetes Mellitus;
- Verificar os efeitos da atividade física na obtenção de informação sensorial e o desempenho do controle postural em pacientes com Diabetes Mellitus.

4. MÉTODOS

4.1. Participantes

Participaram deste estudo 30 indivíduos idosos, de ambos os gêneros, que compuseram três grupos: diabéticos participantes de um programa de atividade física regular e sistematizado (GDA); participantes diabéticos que não praticaram ou estavam envolvidos em qualquer prática regular e sistematizada de atividade física, sendo denominados de diabéticos sedentários (GDS); e, finalmente, participantes não diabéticos que estavam envolvidos em qualquer prática regular e sistematizada de atividade física, sendo denominados de controle ativos (GCA). Os participantes nos respectivos grupos foram pareados por gênero e idade.

Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice1), aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da UNESP, Campus de Rio Claro (Anexo4), no qual o participante foi informado de que poderia interromper sua participação quando da sua vontade e que sua identidade seria mantida em sigilo.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam a idade, massa corporal, estatura, índice de massa corpórea (IMC) e gênero dos participantes referentes ao grupo diabético ativo (GDA), grupo diabético sedentário (GDS) e grupo controle ativo (GCA).

Tabela 1. Idade, massa, estatura, IMC e gênero do grupo diabético ativo (GDA).

Participante	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC	Gênero
1	59	70	1.62	26.7	F
2	62	66	1.62	25.1	F
3	70	77	1.71	26.3	M
4	64	94	1.71	32.1	M
5	65	78	1.76	25.2	M
6	66	63	1.54	26.6	F
7	56	72	1.57	29.2	F
8	60	73	1.61	28.2	F

9	62	74	1.63	27.9	F
10	56	72	1.57	29.2	F
Média	62.0	73.9	1.6	27.6	-
Desvio Padrão	4.4	8.4	0.1	2.0	-

Tabela 2. Idade, massa, estatura, IMC e gênero do grupo diabético sedentário (GDS).

Sujeito	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC	Gênero
1	67	81	1.65	29.8	M
2	71	61	1.50	27.1	F
3	59	106	1.54	44.7	F
4	63	52	1.55	21.6	M
5	50	82	1.62	31.2	F
6	61	64	1.52	27.7	F
7	72	72	1.51	31.6	F
8	63	133	1.61	51.3	F
9	74	69	1.51	30.3	F
10	75	80	1.44	38.6	F
Média	65.5	80.0	1.5	33.4	-
Desvio Padrão	7.4	23.7	0.1	8.9	-

Tabela 3. Idade, massa, estatura, IMC e gênero do grupo controle ativo (GCA)

Sujeito	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC	Gênero
1	58	95	1.56	39.0	F
2	70	79	1.57	32.0	F
3	65	68	1.48	31.0	F
4	67	76	1.60	29.7	F
5	64	68	1.66	24.7	F
6	56	75	1.51	32.9	F
7	63	99	1.50	44.0	F
8	68	49	1.52	21.2	F
9	59	80	1.64	29.7	F
10	62	63	1.48	28.8	F
Média	63.2	75.2	1.6	31.3	-
Desvio Padrão	4.5	14.7	0.1	6.5	-

4.2. Procedimentos

Os participantes realizaram uma única visita ao Laboratório para Estudos do Movimento (LEM – Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP – RC) para a realização das avaliações. Para avaliar o sistema somatossensorial foi realizado o teste de sensibilidade ao movimento passivo das articulações do tornozelo e joelho do lado direito. Para tanto, foi utilizado um equipamento especialmente desenvolvido para este fim, ilustrado na Figura 1.

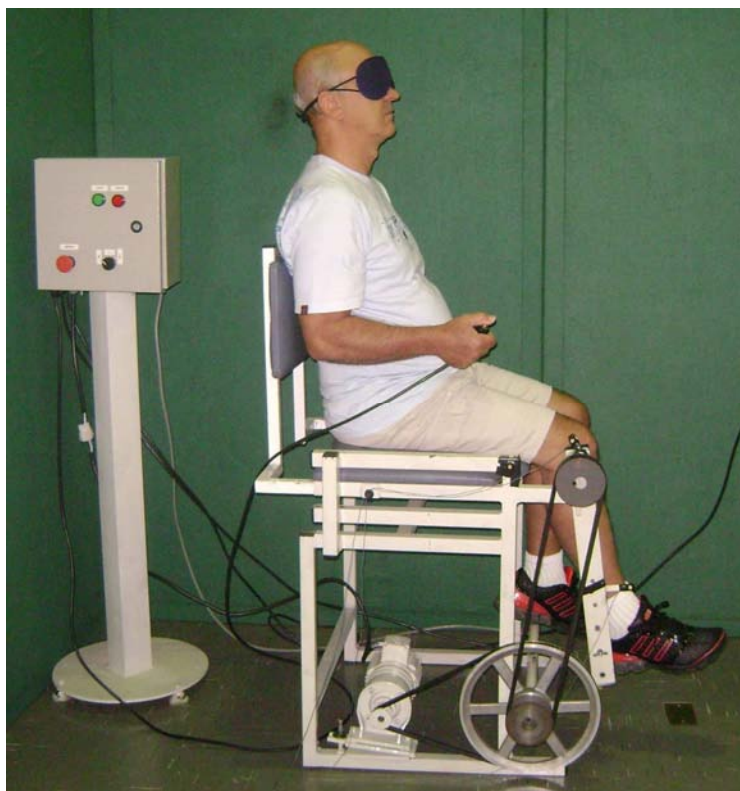


Figura 1. Situação experimental da avaliação de sensibilidade ao movimento articular passivo.

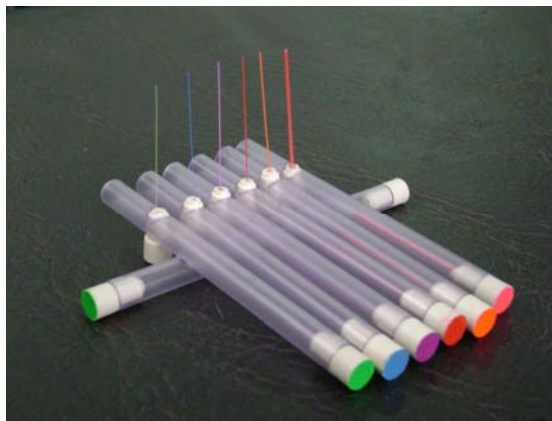
O participante, na posição sentada (ângulo coxa-perna em torno de 90 graus) em uma cadeira especial, permanecendo com o pé direito apoiado sobre uma base (ângulo perna-pé em torno de 90 graus) que realizava ora flexão plantar, ora dorsiflexão do tornozelo e ora flexão, ora extensão do joelho a 0,5 grau/segundo (BONFIM; PACCOLA e BARELA, 2003). Assim que o participante, de olhos vendados, detectava o movimento ao redor da articulação do tornozelo ou joelho, ele interrompia o movimento acionando um dispositivo, mantido em sua mão. Foram realizadas três tentativas em cada condição (flexão plantar/dorsiflexão e flexão/extensão), determinadas de forma aleatória. O participante foi informado de que o movimento poderia iniciar a qualquer momento após o comando “Prepare...valendo!” e foi instruído a acionar o dispositivo o mais rápido possível, assim que percebesse o movimento. O intervalo de tempo decorrido entre o comando e o início do movimento foi também variado randomicamente para evitar que o participante acionasse o dispositivo sem que o movimento tivesse realmente ocorrido. Após cada tentativa, o participante era questionado sobre a direção do movimento (flexão plantar/dorsiflexão e flexão/extensão) para certificar que ele de

fato tinha identificado o deslocamento. O deslocamento angular foi registrado utilizando um sistema de análise de movimento OPTOTRAK (3020, NDI, INC.), sendo considerada a variação angular entre o início do deslocamento da articulação do tornozelo ou joelho até a interrupção desta pelo participante.

Ainda para avaliar o sistema sensorial, foi realizado o teste de sensibilidade à pressão cutânea. Para tanto, foi utilizado o Kit Estesiômetro (Semmes-Weinstein Monofilaments), que consiste em um conjunto de 6 monofilamentos de nylon, de comprimentos iguais, cores e diâmetros diferentes, utilizados para exercer pressão sobre a pele de acordo com a gramagem do filamento, que varia de 0,05 a 300 g. O protocolo da avaliação seguiu as instruções do fabricante do produto. A aplicação foi feita a partir de um posicionamento no ângulo de 90° graus entre o filamento e a pele do avaliado e a pressão deve atingir a força suficiente para curvar o filamento. A avaliação começou com o filamento menos espesso e o avaliado, com olhos fechados, foi instruído a responder “sim” quando sentisse a pressão na pele e deveria indicar o local em que tinha sentido a pressão do filamento. Os dois filamentos menos espessos podiam ser aplicados até 3 vezes, sendo que uma única resposta positiva era o suficiente para indicar a sensibilidade no nível indicado. A avaliação foi realizada na superfície plantar da primeira articulação metatarsofalangiana do pé direito do avaliado (Menz; Morris e Lord, 2006). A variável decorrente deste teste foi a gramagem do filamento que o participante apontou como produzindo pressão sobre a superfície do pé.

A Figura 2 ilustra o Kit Estesiômetro e como foi avaliada a sensibilidade cutânea.

A)



B)



Figura 2. Kit Estesiômetro (Semmes-weinstein Monofilaments) (A) e situação experimental de realização da avaliação da sensibilidade cutânea (B).

Participantes também realizaram um teste para aferir o desempenho do controle postural. Os participantes foram solicitados a manter a posição em pé, o mais estático possível, nas condições: pés paralelos – mantidos alinhados com os ombros; pés na posição tandem-stance – pés posicionados um na frente do outro. Cada tentativa teve duração de 60 segundos, sendo os participantes solicitados a olhar para um alvo de 4,5 cm de diâmetro, posicionado na altura dos olhos e a uma distância de um metro do participante. Nas costas do participante, na região interescapular, foi fixado um emissor infravermelho do sistema OPTOTRAK, possibilitando registrar a oscilação corporal nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

Para tanto, os participantes permaneceram dentro de uma sala móvel, o mais estático possível, com os braços posicionados ao lado do corpo, olhando para um alvo fixado na parede do fundo de uma sala. Esta sala possui dimensão de 2,1 x 2,1 x 2,1 m (altura, largura e comprimento) e as paredes internas são pintadas com listras pretas e brancas, intercaladas, com o objetivo de aumentar o contraste visual. Estas paredes são apoiadas sobre rodas, em sua parte inferior, posicionadas sobre trilhos, possibilitando movimento para frente e para trás, independentemente da superfície onde o participante está posicionado. Importante salientar que durante a realização deste experimento, não houve movimentação da sala. O deslocamento corporal do participante foi obtido a partir do sistema OPTOTRAK, com marcas infravermelhas posicionadas nas costas do participante e na parede frontal da sala.



Figura 3. Situação experimental dentro da sala.

4.3. Tratamento dos dados

No teste de sensibilidade ao passivo, a variável dependente foi o deslocamento em graus da posição inicial até a posição em que o movimento foi detectado e interrompido pelo participante. O cômputo das variáveis no teste foi realizado utilizando rotinas escritas em MATLAB (Math Works, versão 7.0). Esta rotina tem por finalidade ilustrar graficamente tanto os dados referentes ao joelho quanto ao tornozelo. Para analisar o deslocamento em graus de ambos os movimentos, foi preciso identificar manualmente nos gráficos resultantes de cada tentativa os pontos inicial e final do movimento passivo, sendo assim, revelado o valor do deslocamento angular.

Os dados do deslocamento angular foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa baixa de 2ª ordem e com frequência de corte de 30Hz. Quanto menor o deslocamento, menor o limiar de detecção de movimento passivo, indicando uma melhor qualidade da informação somatossensorial.

No teste da manutenção da postura ereta na posição bipodal e tandem stance, a variável dependente foi a amplitude média de oscilação (AMO) (cm) nas direções ântero-posterior e médio-lateral, sendo calculada como o desvio padrão

dos dados do deslocamento corporal durante a tentativa, após remoção da média e tendência linear. O cômputo das variáveis no teste foi realizado utilizando rotinas escritas em MATLAB.

Os dados foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa baixa de 2ª ordem e com frequência de corte de 5 Hz.. Neste caso, a AMO corresponde à variância dos dados, sendo que valores menores indicam menor oscilação corporal, e, portanto, melhor desempenho do sistema de controle postural.

Análise estatística:

Duas ANOVAS e uma MANOVA foram realizadas para verificar possíveis diferenças entre grupos: controle ativo, diabéticos ativos e seus pares sedentários, nos testes realizados. As duas primeiras ANOVAS testaram a oscilação corporal, nas direções ântero-posterior e médio-lateral, nas condições normal e tandem stance, tendo como variáveis dependentes os respectivos valores de amplitude média de oscilação. A última MANOVA teve como variáveis dependentes os valores de deslocamento angular para detecção de movimento passivo das articulações do tornozelo e joelho. Quando necessário, testes de Post Hoc com ajustes de Bonferroni foram realizados e o nível de significância foi mantido em 0,05. As análises foram realizadas utilizando o programa SPSS (SPSS for Windows – versão 10.0).

5– RESULTADOS

A apresentação dos resultados foi agrupada de acordo com os testes realizados, sendo assim apresentados os resultados da sensibilidade cutânea, sensibilidade ao movimento passivo e controle postural.

5.1 – Sensibilidade cutânea

Os valores de massa referentes à sensibilidade cutânea dos participantes dos três grupos, para o pé direito e pé esquerdo, são apresentados na Figura 4. O teste não paramétrico Kruskal-Wallis não revelou qualquer diferença entre os grupos tanto para o pé direito, $X^2(2)=3,851$, $p=0,146$, quanto para o pé esquerdo, $X^2(2)=1,646$, $p=0,439$. Estes resultados indicam que a sensibilidade cutânea, inferida pela aplicação de pressão na sola dos pés, é similar entre os três grupos avaliados neste estudo.

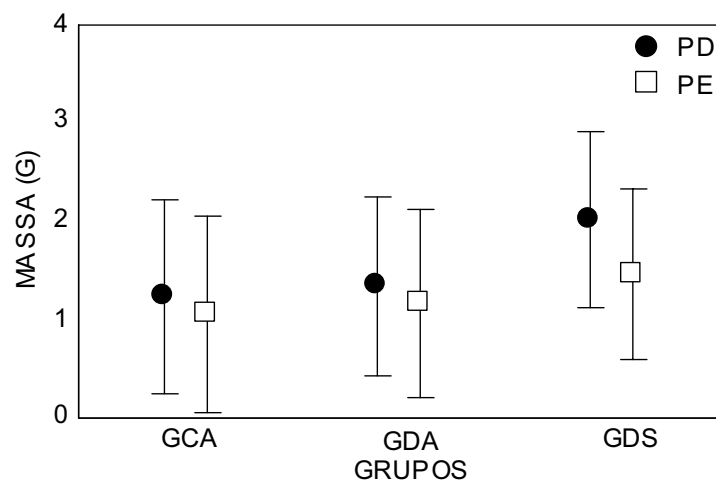


Figura 4. Valores médios e desvios padrão da massa do filamento sentido pelos participantes dos três grupos na avaliação da sensibilidade cutânea do pé direito (PD) e pé esquerdo (PE).

5.2 – Sensibilidade ao movimento passivo

No teste de sensibilidade ao movimento passivo, em média, o GDS necessita de um maior deslocamento angular para perceber o movimento passivo das articulações de tornozelo e joelho, em ambas as direções. A Figura 5 apresenta os valores médios de deslocamento angular dos grupos em ambas as articulações (tornozelo e joelho) e em ambas as direções (flexão e extensão).

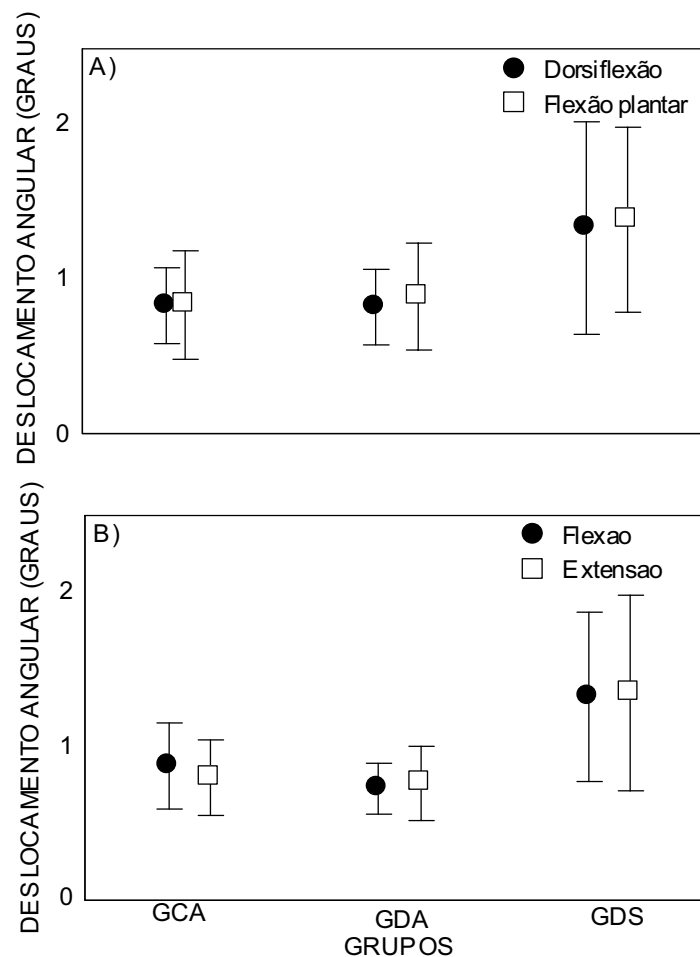


Figura 5. Valores médios e desvios padrão do deslocamento angular da avaliação de sensibilidade ao movimento passivo das articulações do tornozelo (A) e joelho (B), em ambas as direções para os grupos controle ativo (GCA), diabético ativo (GDA) e diabético sedentário (GDS).

MANOVA revelou diferença para fator grupo, Wilks' Lambda=0,623, $F(4,52)=3,469$, $p<0,05$, porém não revelou diferença para o fator direção, Wilks' Lambda =0,982, $F(2,26)=0,237$, $p>0,05$, e para a interação grupo e direção, Wilks' Lambda=0,933, $F(4,52)=0,462$, $p>0,05$. Testes univariados indicaram diferença entre grupos tanto para o deslocamento angular do tornozelo, $F(2,27)=5,350$, $p<0,05$, quanto do joelho, $F(2,27)=7,207$, $p<0,05$. Testes post hoc indicaram que o deslocamento para que o GDS pudesse detectar o movimento foi maior do que o necessário para o GDA e GCA, tanto para o tornozelo quanto para o joelho.

5.3- Controle Postural

No presente estudo, a magnitude de oscilação corporal na posição normal é, em média, maior nos três grupos, na direção ântero-posterior, porém esta magnitude é similar entre os grupos. Os valores da AMO para os três grupos e para as direções AP e ML são apresentados na Figura 6.

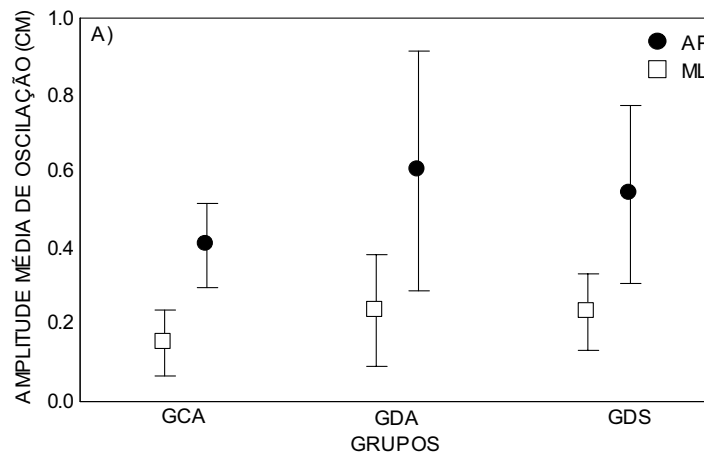


Figura 6. Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal na manutenção da postura ereta na posição normal nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) dos grupos controle ativo (GCA), diabético ativo (GDA) e diabético sedentário (GDS).

ANOVA revelou diferença para o fator direção, $F(1,27)=65,065$, $p<0,001$, porém não revelou diferença entre grupo, $F(2,27)=2,350$, $p=0,115$, e nem interação grupo e direção, $F(2,27)=0,687$, $p>0,05$. No caso de direção, foi observada maior oscilação na direção AP do que na direção ML.

Para a posição tandem stance, os resultados indicaram que a magnitude de oscilação é, em média, maior nos três grupos, na direção médio-lateral do que direção antero-posterior. Ainda, há interação entre os grupos e a direção de oscilação. A Figura 7 apresenta a amplitude média de oscilação para os três grupos, nas direções médio-lateral e antero-posterior.

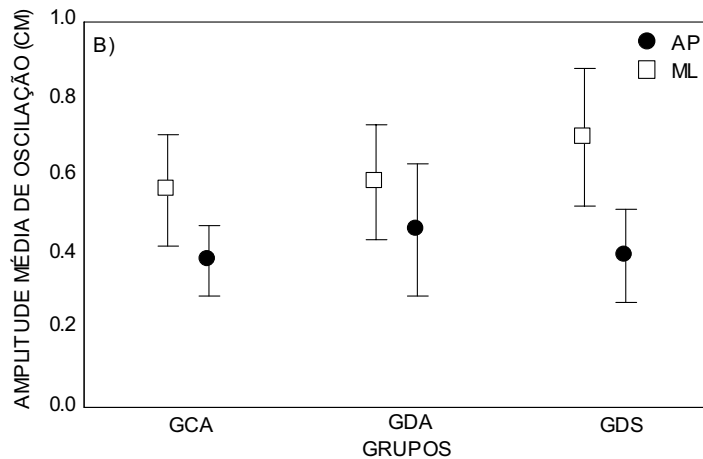


Figura 7. Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal na manutenção da postura ereta na posição tandem stance nas direções antero-posterior (AP) e médio lateral (ML) dos grupos controle ativo (GCA), diabético ativo (GDA) e diabético sedentário (GDS).

ANOVA revelou diferença para o fator direção, $F(1,27)=51,888$, $p<0,001$, não revelou diferença para o fator grupo, $F(2,27)=0,806$, $p>0,05$, porém revelou diferença para a interação grupo e direção, $F(2,27)=3,662$, $p<0,05$. Testes post hoc indicaram que a oscilação na direção ML foi maior do que na direção AP e que enquanto não há diferença entre os grupos para a direção AP, o GDS oscilou mais que o GDA e o GCA na direção ML.

6 – DISCUSSÃO

A realização deste estudo permitiu o esclarecimento de alguns aspectos quanto à relação entre informação sensorial e o controle postural de idosos diabéticos praticantes e não praticantes de atividade física. Especificamente, o objetivo do presente estudo foi de examinar o relacionamento entre informação sensorial e controle postural em diabéticos e como os sistemas sensoriais podem contribuir para o desempenho do controle postural nesta população. De forma geral, os resultados indicaram que idosos diabéticos apresentam uma deterioração na capacidade de obter informação sensorial proveniente dos membros inferiores, evidenciado pelo teste de detecção de movimento passivo. Ainda, idosos diabéticos apresentam desempenho inferior no funcionamento do sistema de controle postural quando comparados com idosos não diabéticos, entretanto este desempenho inferior é apenas observado em tarefas com maior exigência no funcionamento deste sistema. Finalmente, a perda sensorial e desempenho inferior no funcionamento do sistema de controle postural em idosos diabéticos pode ser minimizada e atenuada pela prática regular de atividade física.

Alguns estudos têm apontado que idosos diabéticos apresentam perda de informação sensorial decorrente da neuropatia diabética (CAVANAGH et al., 1992; MUELLER et al., 1994; COURTEMANCHE et al., 1996), causando um déficit nervoso progressivo dos componentes sensoriais. O presente estudo, no entanto, é o primeiro que avaliou a sensibilidade ao movimento passivo em idosos diabéticos praticantes e não praticantes de atividade física. O método de avaliação de forma passiva parece mais indicado para investigar minuciosamente a função proprioceptiva em indivíduos

idosos, principalmente para que as associações entre os desempenhos nesta avaliação e em avaliações de controle postural possam ser realizadas de forma mais fidedigna.

Desta forma, os resultados do presente estudo corroboram os resultados destes estudos prévios, indicando que pacientes diabéticos apresentam perdas sensoriais nos membros inferiores. Entretanto, os resultados do presente estudo também indicam que esta perda sensorial é observada em alguns testes enquanto em outros não. Especificamente, no caso do presente estudo, diferença quanto à capacidade de obter informação sensorial foi detectada no teste de sensibilidade ao movimento passivo, mas não no teste de sensibilidade cutânea. Neste caso, pacientes diabéticos necessitaram que as articulações do joelho e do tornozelo fossem movimentadas em uma amplitude maior para que eles pudessem detectar este movimento do que adultos idosos não diabéticos.

Estudos anteriores já haviam apontado algumas diferenças entre perdas sensoriais e conseqüente piora da performance do controle postural: nas atividades da vida diária (AVDs), marcha e manutenção da postura ereta em idosos diabéticos (MUELLER et al., 1994; SHAW et al., 1998; KATOULIS et al., 1997; BEEK et al., 1998; ABOUD et al., 2000; SACCO e AMADIO 2000, 2003; YAVUZER ETA al., 2006). Os resultados do presente estudo, portanto, não apenas indicam perda de informação sensorial em pacientes diabéticos, mas também alertam para a importância do teste a ser utilizado, de forma a propiciar informação fidedigna sobre a real condição dos pacientes diabéticos em obter informação sensorial sobre a posição relativa dos segmentos dos membros inferiores. De qualquer forma, os procedimentos metodológicos empregados para buscar estabelecer uma relação entre as alterações sensoriais decorrentes do diabetes foram capazes de indicar esta diferença tanto na capacidade dos pacientes diabéticos, quanto possíveis diferenças entre os testes empregados. Mais ainda, as mudanças na capacidade de obter informação sensorial podem ser creditadas apenas para as complicações relacionadas à diabetes, uma vez que a inclusão dos participantes esteve condicionada à ausência de quaisquer outras doenças associadas ao envelhecimento que não fosse o DM tipo 1, o que poderia ocasionar exacerbação destas alterações.

Como os sistemas sensoriais contribuem para o funcionamento do sistema de controle postural, esperava-se que a integridade deste sistema também fosse alterada em idosos diabéticos. O presente estudo revelou que diabéticos apresentam alteração no controle postural, ou seja, idosos diabéticos oscilam mais que seus pares saudáveis. Estes resultados confirmam os resultados encontrados por Richardson et al. (1996), no qual reconheceu que diabéticos oscilam mais que seus pares saudáveis, na direção ântero-posterior e médio-lateral na permanência estática em posição unipodal. O mesmo foi observado no estudo de Simoneau et al. (1994) sobre a base de sustentação bipodal. Estes resultados foram contrários aos do nosso estudo, pois não foi possível analisar o grau da neuropatia diabética dos participantes. Porém, neste estudo, diferenças significativas entre os grupos foram evidenciadas em condições em que o ambiente e/ou a tarefa exigiu mais do que o sistema de controle postural. Foi observado um desempenho inferior no controle postural dos diabéticos apenas na tarefa de maior demanda e a atividade física não teve papel fundamental para minimizar estas perdas. Portanto, diabéticos não apenas apresentam perda sensorial, mas também apresentam diferença significativa no funcionamento do sistema de controle postural.

Considerando todos estes resultados, pode-se afirmar que a diabetes por si só é responsável por alterações no funcionamento dos sistemas sensoriais e do controle postural apenas em tarefas que exigem mais do sistema de controle postural. A atividade física pode minimizar as perdas sensoriais dos grupos praticantes de atividade física, uma vez que a prática regular de atividade física pode promover uma melhora funcional destes sistemas, o que foi observado no teste de percepção do movimento passivo.

Quanto ao controle postural durante a manutenção da postura ereta, os participantes ao permanecerem na posição tandem stance, tiveram sua base de suporte reduzida na direção médio-lateral, com isso, o grupo diabético sedentário apresentou maior amplitude média de oscilação que os demais grupos, na direção médio-lateral. Sabe-se que diferenças no controle postural são evidenciadas em condições mais desafiadoras (PRIOLI et al., 2006; FERRAZ, BARELA e PELEGRINI, 2001). Podemos sugerir, então, que a tarefa de manter a postura na posição normal

(pés paralelos) não seja tão difícil de realizar quanto o é na posição tandem stance para encontrar diferenças entre os grupos quanto à AMO na direção ML.

Apesar da perda sensorial e do pior desempenho no controle postural da população de diabéticos, estas diferenças podem ser minimizadas com a prática regular de atividade física. Observando o desempenho dos diabéticos sedentários e ativos tanto no teste sensorial quanto no controle postural nota-se diferença entre os grupos. Especialmente, os diabéticos ativos não apresentam qualquer diferença em comparação aos adultos idosos, enquanto que esta diferença foi observada entre diabéticos sedentários e adultos idosos. Recentes estudos com idosos saudáveis mostram que a prática regular de atividade física contribui no funcionamento do controle postural (FERRAZ, BARELA, PELLEGRINI, 2001; NELSON, LAYNE, BERNSTEM, 2003; LORD, WARD, WILLIAMS, STRUDWICK, 1995; GAUCHARD, JEANDEL, TESSIER, PERRIN, 1999). Os resultados do presente estudo apontaram que a atividade física pode contribuir para manter a qualidade na captação de informação sensorial dos membros inferiores, melhorando o desempenho do sistema de controle postural em idosos diabéticos ativos.

A inclusão de participantes diabéticos praticantes e não praticantes de atividade física permitiu verificar que a doença por si só provoca alterações no sistema proprioceptivo, levando a um prejuízo da quantidade da informação deste sistema sensorial utilizado para controlar a estabilidade postural em tarefas de maior demanda. Na condição de manutenção da postura ereta na posição tandem stance, por exemplo, por ser uma tarefa mais desafiadora, houve uma exigência maior do sistema somatossensorial o que não ocorreu na posição normal, sendo uma tarefa relativamente fácil para os três grupos do experimento.

7 – CONCLUSÃO

Ao final do presente estudo, algumas conclusões podem ser feitas com base nos resultados obtidos. As conclusões estão principalmente relacionadas à perda de informação sensorial em idosos diabéticos e suas conseqüências na manutenção da postura ereta.

O grupo dos idosos diabéticos necessitou de uma amplitude maior para que a movimentação passiva das articulações do joelho e tornozelo quando comparado aos idosos saudáveis. Dessa forma, possíveis déficits no sistema de informação sensorial dos membros inferiores foram suficientes para impedir uma rápida percepção da movimentação destas articulações.

Embora tenham apresentado um maior deslocamento angular das articulações do tornozelo e joelho, estes déficits sensoriais só foram observados no teste de sensibilidade ao movimento passivo e não no teste de sensibilidade cutânea. Sendo assim, estes déficits sensoriais dos membros inferiores também influenciaram na oscilação corporal.

As diferenças na oscilação corporal dos grupos só foram observadas na tarefa de maior demanda, ou seja, na posição tandem stance. O grupo diabético sedentário oscilou mais que o grupo diabéticos ativo e o grupo controle ativo na direção ML.

Com base nesses resultados, foi evidenciado que a atividade física regular e sistematizada é muito importante na vida da população diabética, não apenas para as melhoras fisiológicas como muitos estudos vêm mostrando ao longo do tempo, mas principalmente como forma de minimizar os déficits sensoriais acarretados naturalmente com o surgimento da doença.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUD, R. J., D. I. ROWLEY, et al. (2000). "Lower limb muscle dysfunction may contribute to foot ulceration in diabetic patients." Clin Biomech (Bristol, Avon) **15**(1): 37-45.

BARELA, J. A. (2000). "Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural." Revista Paulista de Educação Física São Paulo, **supl.3**: 79-88.

BARELA, J. A. (2001). Ciclo percepção-ação no desenvolvimento motor. Avanços em comportamento motor. L. A. Teixeira. Rio Claro, Movimento: 40-61.

BENNET, P. H. (1990). Epidemiology of diabetes mellitus. Diabetes Mellitus. A. Baron, D. Porte Junior and R. S. Sherwin. New York, Ellenberg and Rifkin's: 363-377.

BERTENTHAL, B. I., J. L. ROSE, et al. (1997). "Perception-action coupling in the development of visual control of posture." J Exp Psychol Hum Percept Perform **23**(6): 1631-43.

BROWNLEE, M. (2001). "Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications." Nature **414**: 813.

BROWNLEE, M. (2005). "The pathobiology of diabetic complications: a unifying mechanism." Diabetes **54**(6): 1615-25.

BUTTERWORTH, G. and L. HICKS (1977). "Visual proprioception and postural stability in infancy. A developmental study." Perception **6**(3): 255-62.

CASTANEDA, C., J. E. LAYNE, et al. (2002). "A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes." Diabetes Care **25**(12): 2335-41.

CAVANAGH, P. R., J. A. DERR, et al. (1992). "Problems with gait and posture in neuropathic patients with insulin-dependent diabetes mellitus." Diabet Med **9**(5): 469-74.

CAVANAGH, P. R., G. G. SIMONEAU, et al. (1993). "Ulceration, unsteadiness, and uncertainty: the biomechanical consequences of diabetes mellitus." Journal of Biomechanical: 23-40, s.1.

CINELLI, J. R., I. GONZALEZ, et al. (1990). Pé direito: conceituação, etiopatologia, diagnóstico e orientação terapêutica. Diabetes Mellitus: diagnóstico e tratamento São Paulo, Jablonka, 5. (Ed). 133-143.

CIOLAC, E. G. and G. V. GUIMARÃES (2004). "Exercício físico e síndrome metabólica." Revista Brasileira de Medicina do Esporte **10**(4): 319-324.

COURTEMANCHE, R., N. TEASDALE, et al. (1996). "Gait problems in diabetic neuropathic patients." Arch Phys Med Rehabil **77**(9): 849-55.

DELORME, A., J. Y. FRIGON, et al. (1989). "Infants' reactions to visual movement of the environment." Perception **18**(5): 667-73.

DUCIC, I., K. W. SHORT, et al. (2004). "Relationship between loss of pedal sensibility, balance, and falls in patients with peripheral neuropathy." Ann Plast Surg **52**(6): 535-40.

DUNSTAN, D. W., I. B. PUDDEY, et al. (1998). "Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM." Diabetes Res Clin Pract **40**(1): 53-61.

EIZIRIK, D. L. (1995). "Insulin-dependent diabetes mellitus and gothic cathedrals." Endocrinology and Metabolism **2**: 167-168.

ETTINGER, W. H., Jr., R. BURNS, et al. (1997). "A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST)." Jama **277**(1): 25-31.

FERRAZ, M. A., J. A. BARELA, et al. (2001). "Acoplamento sensório-motor no controle postural de indivíduos idosos fisicamente ativos e sedentários." Motriz **7**(2): 99-105.

GAMBA, M. A.; PARDINI, V. C., Cuidados com o pé diabético. Disponível em: <<http://www.biobras.com.br/cuidados>>. Acesso em 10 de março de 2009.

GAUCHARD, G. C., C. JEANDEL, et al. (1999). "Beneficial effect of proprioceptive physical activities on balance control in elderly human subjects." Neuroscience Letters **273**: 81-84.

GODOI, D. (2004). Efeitos da manipulação do estímulo visual no controle postural nas faixas etárias de 4 a 14 anos de idade. Instituto de Biociências. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. **Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade)**: 108f.

GRANACHER, U., A. GOLLHOFER, et al. (2006). "Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men." Gait Posture **24**(4): 459-66.

GUTIERREZ-FERNANDEZ, J., J. LINARES-PALOMINO, et al. (2001). "[The presence of anti-Chlamydia pneumoniae antibodies in peripheral vascular and neurological disorders]." Rev Neurol **32**(6): 501-5.

HIGGINS, C. I., J. J. CAMPOS, et al. (1996). "Effect of self-produced locomotion on infant postural compensation to optic flow." Developmental Psychobiology **32**: 836-841.

HORAK, F. B. (2006). "Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?" Age Ageing **35 Suppl 2**: ii7-ii11.

HORAK, F. B. and J. M. MACPHERSON (1996). Postural orientation an equilibrium. Handbook of Physiology. L. B. S. In Rowell, J.T. New York.

ISHII, H., H. TADA, et al. (1998). "An aldose reductase inhibitor prevents glucose-induced increase in transforming growth factor-beta and protein kinase C activity in cultured mesangial cells." Diabetologia **41**(3): 362-4.

IVY, J. L., T. W. ZDERIC, et al. (1999). "Prevention and treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus." Exerc Sport Sci Rev **27**: 1-35.

JEKA, J., K. S. OIE, et al. (2000). "Multisensory information for human postural control: integrating touch and vision." Experimental Brain Research **134**(1): 107-25.

JEKA, J. J. and J. R. LACKNER (1994). "Fingertip contact influences human postural control." Exp Brain Res **100**(3): 495-502.

JEKA, J. J. and J. R. LACKNER (1995). "The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control." Exp Brain Res **103**(2): 267-76.

Judge, J. O., C. LINDSEY, et al. (1993). "Balance improvements in older women: effects of exercise training." Phys Ther **73**(4): 254-62; discussion 263-5.

KATOULIS, E. C., M. EBDON-PARRY, et al. (1997). "Gait abnormalities in diabetic neuropathy." Diabetes Care **20**(12): 1904-7.

KELLEY, D. E. and B. H. GOODPASTER (1999). "Effects of physical activity on insulin action and glucose tolerance in obesity." Med Sci Sports Exerc **31**(11 Suppl): S619-23.

KELLY, M. A., M. L. RAYNER, et al. (2003). "Molecular aspects of type 1 diabetes " Molecular Pathology **56**(1): 1-10.

LISHMAN, J. R. and D. N. LEE (1973). "The autonomy of visual kinaesthesia." Perception **2**(3): 287-94.

LIU-AMBROSE, T., K. M. KHAN, et al. (2004). "Balance confidence improves with resistance or agility training. Increase is not correlated with objective changes in fall risk and physical abilities." Gerontology **50**(6): 373-82.

LORD, S. R., J. A. WARD, et al. (1995). "The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial." American Geriatrics Society **43**: 1198-1206.

MANSON, J. E., D. M. NATHAN, et al. (1992). "A prospective study of exercise and incidence of diabetes among US male physicians." Jama **268**(1): 63-7.

Manson, J. E., E. B. RIMM, et al. (1991). "Physical activity and incidence of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women." Lancet **338**(8770): 774-8.

MATSUDO, S. M., V. K. R. MATSUDO, et al. (2001). "Atividade física e envelhecimento: aspectos epidemiológicos." Revista Brasileira de Medicina do Esporte **7**(1): 1-13.

MENZ, H. B., S. R. LORD, et al. (2004). "Walking stability and sensorimotor function in older people with diabetic peripheral neuropathy." Arch Phys Med Rehabil **85**(2): 245-52.

MUELLER, M. J., S. D. MINOR, et al. (1994). "Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls." Physical Therapy **74**(4): 299-308; discussion 309-13.

NELSON, M. E., M. A. FIATARONE, et al. (1994). "Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial." Jama **272**(24): 1909-14.

NELSON, M. E., J. E. LAYNE, et al. (2004). "The effects of multi-dimensional home-based exercise on functional performance in elderly." Journal of Gerontology **59A**(2): 154-160.

NOBRÉGA, A. C. L. (1999). "Posicionamento oficial da sociedade brasileira de medicina do esporte da sociedade brasileira de geriatria e gerontologia: atividade e saúde no idoso." Revista Brasileira de Medicina do Esporte **2**(17).

OIE, K. S., T. KIEMEL, et al. (2002). "Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture." Brain Res Cogn Brain Res **14**(1): 164-76.

PIRART, J. (1978). "Diabetes mellitus and its degenerative complications: a prospective study of 4.400 patients observed between 1947 and 1973 (part 1)." Diabetes Care **1**(3): 168-188.

PORTUESE, E. I., L. KULLER, et al. (1995). "High mortality from unidentified CVD in IDDM: time to start screening?" Diabetes Res Clin Pract **30**(3): 223-31.

POWERS, S. K. and E. T. HOWLEY (2000). Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. Fisiologia do Exercício. São Paulo, 3. ed. Manole: 527.

PRIOLI, A. C., A. S. CARDOZO, et al. (2005). "Physical activity and postural control in elderly coupling between visual information and body sway." Gerontology **51**: 145-148.

RICHARDSON, J. K., J. A. ASHTON-MILLER, et al. (1996). "Moderate peripheral neuropathy impairs weight transfer and unipedal balance in the elderly." Arch Phys Med Rehabil **77**(11): 1152-6.

ROSSINI, A. A. (2004). "Autoimmune diabetes and the circle of tolerance." Diabetes **53**: 267-275.

SACCO, I. C. and A. C. AMADIO (2003). "Influence of the diabetic neuropathy on the behavior of electromyographic and sensorial responses in treadmill gait." Clinical Biomechanics (Bristol, Avon) **18**(5): 426-34.

SANVITO, W. L. (1981). Síndromes sensitivas. Propedêutica Neurológica Básica W. L. In Sanvito. São Paulo, Atheneu: 107-115.

SCHMUCKLER, M. A. (1997). "Children's postural sway in response to low- and high-frequency visual information for oscillation." J Exp Psychol Hum Percept Perform **23**(2): 528-45.

SHAW, J. E., C. H. van SCHIE, et al. (1998). "An analysis of dynamic forces transmitted through the foot in diabetic neuropathy." Diabetes Care **21**(11): 1955-9.

SHUMWAY-COOK, A. and M. H. WOOLLACOT (2003). Aplicações clínicas. Controle motor. São Paulo, 2.ed. Manole.

SIMMONS, R. W. and C. RICHARDSON (2001). "The effects of muscle activation on postural stability in diabetes mellitus patients with cutaneous sensory deficit in the foot." Diabetes Res Clin Pract **53**(1): 25-32.

SIMONEAU, G. G., J. S. ULBRECHT, et al. (1994). "Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy." Diabetes Care **17**(12): 1411-21.

THOMAS, P. K. and D. R. TOMLINSON (1993). (Ed.) Peripheral Neuropathy. Philadelphia, W.B. Saunders.

TUOMILEHTO, J., J. LINDSTROM, et al. (2001). "Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance." N Engl J Med **344**(18): 1343-50.

UNGER, R. H. and D. W. FOSTER (1992). Diabetes Mellitus. Willians Textbook of Endocrinology J. D. F. In: Wilson, D.W. 8 Ed. Philadelphia, WB. Saunders: 1255-1333

WADE, M. G., R. LINDQUIST, et al. (1995). "Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly." J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci **50**(1): P51-P58.

WALLACE, M. S. (2005). "Diagnosis and treatment of neuropathic pain." Curr Opin Anaesthesiol **18**(5): 548-54.

WINTER, D. A. (1995). "Human balance and posture control during standing and walking." Gait and Posture **3**: 193-214.

WOOLLACOT, M. H. and P. F. TANG (1997). "Balance control during walking in the older adult: research and its implication." Physical Therapy **77**(6): 646-660.

YAVUZER, G., I. YETKIN, et al. (2006). "Gait deviations of patients with diabetes mellitus: looking beyond peripheral neuropathy." Eura Medicophys **42**(2): 127-33.

ANEXO

DECISÃO CEP Nº 045/2009

Instituição: UNESP – IB – CRC	Departamento: Educação Física
Protocolo nº: 2107	Data: 17.03.2009
Projeto de Pesquisa: "Informação Somatosensorial e Controle Postural em Diabéticos Praticantes e não Praticantes de Atividade Física"	

Pesquisa Individual	Pesquisador Responsável:
---------------------	--------------------------

Pesquisa Alunos de Graduação	Pesquisador Responsável: Prof. Dr. José Angelo Barela
	Orientando(a): Milena Razuk


Pesquisa Alunos de Pós-Graduação	Pesquisador Responsável: -.-
	Orientador(a): -.-

Objetivo Acadêmico:	<input checked="" type="checkbox"/> TCC
	<input type="checkbox"/> Mestrado
	<input type="checkbox"/> Doutorado
	<input type="checkbox"/> Outros (especificar)

O Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP – Campus de Rio Claro, em sua 34ª reunião ordinária, realizada em 05/06/2009,	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator.
<input type="checkbox"/>	Referendou o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator.
<input type="checkbox"/>	Aprovou retornar ao interessado para atendimento das pendências encontradas (prazo máximo de 60 dias):
<input type="checkbox"/>	Não Aprovou.
<input type="checkbox"/>	Retirou , devido à permanência das pendências.
<input type="checkbox"/>	Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado e o encaminha , com o devido parecer, para apreciação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa- CONEP/MS , por se tratar de um dos casos previstos no capítulo VIII, item 4.c.

→ **"Formulário para Acompanhamento dos Protocolos de Pesquisa Aprovados"**
Data de Entrega: Dezembro de 2009

Rio Claro, 29 de junho de 2009.
OBS- Decisão emitida nesta data, face atendimento pelo pesquisador às solicitações do CEP.


 Profa. Dra. Maria Izabel Souza Camargo
 Coordenadora do CEP

APÊNDICE 1
Termo de Consentimento

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – (TCLE)

Gostaria de convidá-lo (a) a participar do projeto de pesquisa “**Controle Postural e Informação Sensorial em Idosos Diabéticos Praticantes e não Praticantes de Atividade Física**” conduzido pelo Prof. Dr. José Angelo Barela no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM) - Departamento de Educação Física - Instituto de Biociências - UNESP/Rio Claro.

Para participar deste projeto você terá que fazer uma visita ao LEM onde será submetido(a) aos seguintes testes: a) teste de sensibilidade à pressão cutânea: será utilizado o Kit Estesiômetro (Semmes-Weinstein Monofilaments), que consiste em um conjunto de 6 monofilamentos de nylon, de comprimentos iguais, cores e diâmetros diferentes, utilizados para exercer pressão sobre a pele. Com os olhos fechados, você será instruído a responder “sim” quando sentir a pressão na pele e deverá indicar o local em que sentiu a pressão do filamento. b) avaliação postural: você deverá permanecer em pé, com os braços colocados ao lado do corpo, dentro de uma sala, primeiramente 5 tentativas de 60 segundos de duração cada, depois, 3 tentativas com duração de 16 segundos cada, tendo que permanecer olhando para frente em todas as tentativas, havendo um intervalo de descanso entre elas.

b) sensibilidade ao movimento passivo: sentado(a) em uma cadeira especialmente desenvolvida para este experimento, você deverá informar o momento em que sentir qualquer movimento na articulação do joelho e joelho;

O desenvolvimento deste projeto e a sua participação não proporcionarão quaisquer benefícios financeiros, sendo que este projeto objetiva apenas investigar a utilização das informações sensoriais e motoras por idosos diante dos testes realizados. Da mesma forma, você não corre risco algum decorrente da participação neste projeto.

Durante a realização de todos os procedimentos você será auxiliado (a) pelo experimentador deste projeto. A pesquisa não trará danos ou despesas e, portanto, não haverá a necessidade de ressarcimento e/ou indenização.

Todas as informações adquiridas no estudo são confidenciais e o seu nome não será divulgado em momento algum. Ainda, toda e qualquer informação será utilizada para fins acadêmicos e, se assim você desejar, o responsável pelo estudo irá fornecer esclarecimentos, antes e/ou durante o curso da pesquisa, sobre a metodologia e também irá fornecer, em outra oportunidade, os resultados da sua participação.

A qualquer momento você poderá pedir para interromper a sua participação na realização do experimento sem que isto lhe acarrete qualquer prejuízo ou penalização.

Nome do participante: _____
Endereço: _____ Cidade/Estado: _____
CEP: _____ Telefone: (____) _____
RG: _____ CPF: _____

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

Dados do Aluno Pesquisados:

Graduanda Milena Razuk
Laboratório para Estudos do Movimento
Depto. de Educação Física - UNESP/RC
Av: 24-A, 1515 – Bela Vista – Rio Claro
CEP: 13505-900 – Fone: (19) 3526-4108

Dados do Pesquisador Responsável:

Prof. Dr. JOSÉ ANGELO BARELA
Laboratório para Estudos do Movimento
Depto. de Educação Física - UNESP/RC
Av: 24-A, 1515 - Bela Vista - Rio Claro - SP
CEP: 13505-900 – Fone: (19) 3526-4108

(cópia ficará em poder do participante)

Rio Claro, Dezembro de 2009.

MILENA RAZUK

Aluna: **MILENA RAZUK**



Orientador: **José Angelo Barela**