




Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2 – uma revisão sistemática

Oscillations in static balance related to type 2 diabetes mellitus – a systematic review

Vaneska Sousa Oliveira¹ 
Taynara Esperança Silva Santos² 
Wellington Costa Souza³ 

Rayana Fontenele Alves⁴ 
Rebeca Barbosa da Rocha⁵ 
Vinicius Saura Cardoso⁶ 

¹⁻⁴Universidade Federal do Delta do Parnaíba (Parnaíba). Piauí, Brasil.

⁵Centro Integrado de Especialidades Médicas (Parnaíba). Piauí, Brasil.

⁶Autor para correspondência. Universidade Federal do Piauí (Teresina). Piauí, Brasil. vsfcisio@ufpi.edu.br

RESUMO | INTRODUÇÃO: A diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é uma doença crônica sistêmica ligada às mudanças no estilo de vida, fatores genéticos e ambientais, ocasionando complicações como a neuropatia diabética periférica (NDP). Além disso, pessoas com DM2 apresentam um retardo na condução nervosa das vias motoras e sensoriais, podendo levar a alterações no equilíbrio. **OBJETIVO:** Descrever as alterações de equilíbrio estático em pacientes com DM2. **MATERIAIS E MÉTODOS:** A revisão sistemática iniciou em outubro de 2021 ocorrendo a última busca em março de 2023, os artigos foram selecionados por dois autores de forma independente nas bases de dados Pubmed, Scopus e Web of Science. Seguindo o protocolo registrado no PROSPERO e descrito com base nas recomendações do PRISMA, foram selecionados estudos observacionais sem restrição a ano de publicação e idioma, envolvendo equilíbrio de DM em qualquer idade. **RESULTADOS:** Foram eleitos 20 artigos com indivíduos DM e NDP em um total de 1564 voluntários, demonstrando: DM causa mudança na velocidade e deslocamento do COP alterando o equilíbrio estático, a presença da NDP piora a estabilidade corporal devido as alterações sensitivo motoras. **CONCLUSÃO:** Indivíduos com DM e NDP demonstram alterações na estabilidade postural como velocidade e deslocamento do centro de pressão (COP) para as direções AP e ML, com ou sem informação visual e na presença da NDP.

PALAVRAS-CHAVE: Diabetes Mellitus. Equilíbrio Postural. Neuropatias Diabéticas. Revisão Sistemática.

ABSTRACT | INTRODUCTION: Type 2 diabetes mellitus (DM2) is a chronic systemic disease linked to changes in lifestyle, genetic and environmental factors, causing complications such as peripheral diabetic neuropathy (PDN). In addition, people with DM2 have a delay in nerve conduction in motor and sensory pathways, which can lead to changes in balance. **OBJECTIVE:** To describe static balance changes in patients with DM2. **MATERIALS AND METHODS:** The systematic review started in October 2021 with the last search occurring in March 2023, the articles were selected by two authors independently from the Pubmed, Scopus and Web of Science databases. Following the protocol registered in PROSPERO and described based on the PRISMA recommendations, observational studies were selected without restriction on year of publication and language, involving DM balance at any age. **RESULTS:** 20 articles were chosen with DM and NPD individuals in a total of 1564 volunteers, demonstrating that DM causes changes in the speed and displacement of the COP, altering the static balance and the presence of NPD worsens body stability due to sensory-motor changes. **CONCLUSION:** Individuals with DM and NPD demonstrate changes in postural stability such as velocity and displacement of the center of pressure (COP) for the AP and ML directions, with or without visual information and in the presence of DPN.

KEYWORDS: Diabetes Mellitus. Postural Balance. Diabetic Neuropathies. Systematic Review.



Introdução

A diabetes mellitus (DM) destaca-se como uma epidemia mundial devido à grande prevalência e aumento da incidência da doença no mundo.¹ A causa associada a DM tipo 2 (DM2), o tipo mais frequente, está principalmente ligada às mudanças no estilo de vida, fatores genéticos e ambientais.¹ A Federação Internacional da Diabetes (FID) em 2010 estimou que haveria no mundo cerca de 438 milhões de pessoas com DM em 2025, no entanto, este número foi ultrapassado antes do previsto. Em 2021 nos adultos entre 20 e 79 anos a prevalência mundial foi de 536,6 milhões de pessoas com DM, estimando 643 milhões em 2030 e 783 milhões de adultos com DM até 2045, já no Brasil, a prevalência de adultos com DM foi de 15,7 milhões em 2021 e estimativa de 23,2 milhões em 2045.²

Por ser uma doença crônica sistêmica, provoca várias complicações como retinopatia, déficit no sistema locomotor, Neuropatia Periférica Diabética (NPD), alterações no equilíbrio postural e consequentemente risco de quedas.³ O equilíbrio postural é a habilidade de sustentar o centro de gravidade do corpo em relação à base de apoio⁴, sendo dependente da interação entre informações sensoriais, vestibulares e visuais, bem como o uso de estratégias posturais advindas de movimentos oscilatórios em torno das articulações do quadril e tornozelo.^{5,6} O equilíbrio pode ser classificado em estático ou dinâmico, que consistem na baixa oscilação corporal mediante a manutenção de uma postura ou durante a realização de tarefas motoras, respectivamente.⁷

Estudos anteriores têm demonstrado alterações no equilíbrio estático de pessoas com DM^{3,8}, pois indivíduos com DM podem ter alterações na estabilidade postural por apresentarem atraso na condução nervosa das vias motoras e sensoriais, redução da força muscular e mobilidade articular levando a anormalidades na marcha.⁹⁻¹¹ Essa instabilidade postural torna-se mais significativa com a NPD, que é caracterizada por alterações sensoriais e motoras decorrentes da hiperglicemia. Esta condição altera a microvascularização levando ao espessamento do axônio e diminuição do fluxo sanguíneo, gerando hipóxia nos nervos. Sintomas como dor, dormência, parestesia, falta de sensibilidade à temperatura e dor são características da NPD.¹² Estas alterações sensório-motoras contribuem para o desenvolvimento de úlceras, deformidades, amputações de membros inferiores, e outras complicações microvasculares, ocasionando o acréscimo de pessoas internadas e mortes cardiovasculares decorrentes do avanço autonômico.¹³

No entanto, a literatura não apresenta dados homogêneos com relação ao surgimento das alterações no equilíbrio em pessoas com DM quanto à sua associação ou não a NPD e, em função disso, o conjunto desses dados pode oferecer importantes informações sobre quais medidas de estabilidade postural são afetadas pela DM e em quais condições ocorrem. Com isso, esta revisão sistemática tem como objetivo descrever as alterações de equilíbrio estático em pacientes com DM tipo 2.

Materiais e métodos

O presente artigo trata-se de uma Revisão Sistemática de literatura descrita com base nas recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020¹⁴ com registro na plataforma PROSPERO (CRD42020157495).

Critérios de elegibilidade

Para a inclusão, os estudos precisavam preencher os seguintes critérios: (1) artigos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas; (2) sem restrição do ano de publicação, idioma e idade; (3) estudos observacionais envolvendo equilíbrio de pessoas com DM tipo 2. Como critérios de exclusão foram utilizados: artigos que apresentaram resultados de indivíduos com DM tipo 1, diabetes gestacional ou que tenham outras doenças que possam interferir na condição dos sujeitos e análise dos resultados como Acidente Vascular Encefálico, Parkinson e Hanseníase.

Fontes de informação e busca

A última busca foi realizada no período de março de 2023 nas bases de dados Pubmed, Scopus e Web of Science. Os seguintes descritores foram utilizados: "Diabetes mellitus", "diabetic neuropathy", "diabetic peripheral neuropathy" "postural balance", "balance", "static balance", "static balance control", "postural stability", "observational study". Estes foram combinados com operadores booleanos para construção da estratégia de busca e utilizados separadamente na busca manual para contemplar estudos não selecionados pela estratégia escolhida. A lista de referência dos artigos selecionados foi analisada para seleção de estudos elegíveis. A estratégia utilizada para cada base de dados está esquematizada no Quadro 1.

Quadro 1. Estratégia de busca dos artigos nas bases de dados

<p>PubMed #1 “Diabetes Mellitus” (Title/Abstract) OR “Diabetic Neuropathy” (Title/Abstract) OR “Diabetic Peripheral Neuropathy” (Title/Abstract) #2 “Postural Balance” (Title/Abstract) OR “Balance” (Title/Abstract) OR “Static balance” (Title/Abstract) OR “Static balance control” (Title/Abstract) OR “Postural stability” (Title/Abstract) #3 “Observational Study” (Title/Abstract) #4 #1 AND #2 AND #3</p> <p>Scopus “Diabetes Mellitus” (Article title, Abstract, Keywords) OR “Diabetic Neuropathy” (Article title, Abstract, Keywords) OR “Diabetic Peripheral Neuropathy” (Article title, Abstract, Keywords) AND “Postural Balance” (Article title, Abstract, Keywords) OR “Balance” (Article title, Abstract, Keywords) OR “Static balance” (Article title, Abstract, Keywords) OR “Static balance control” (Article title, Abstract, Keywords) OR “Postural stability” (Article title, Abstract, Keywords) AND “Observational Study” (Article title, Abstract, Keywords)</p> <p>Web of Science #1 TS= (“Diabetes Mellitus” OR “Diabetic Neuropathy” OR “Diabetic Peripheral Neuropathy”) #2 TS= (“Postural Balance” OR “Balance” OR “Static balance” OR “Static balance control” OR “Postural stability”) #3 TS= (“Observational Study”) #4 #1 AND #2 AND #3</p>
--

Fonte: os autores (2023).

Seleção dos estudos

Conforme os critérios de elegibilidade, dois autores de forma independente selecionaram os artigos seguindo os seguintes passos: 1- leitura de título e resumo, 2- leitura do artigo completo. Para as divergências na seleção, um terceiro autor foi consultado.

Extração dos dados

Uma ficha de extração foi desenvolvida pelos pesquisadores com os seguintes dados: título, ano, objetivo do estudo, tipo de estudo, o n amostral e divisão dos grupos, características dos participantes, critérios de inclusão e exclusão, instrumento utilizado para avaliar o equilíbrio, resultados mais relevantes e conclusão. Para utilização da ficha foi realizado um piloto com a extração de três artigos, seguido de ajuste. Esta etapa foi realizada por dois autores independentes. As informações foram confrontadas e as divergências foram solucionadas por nova consulta no artigo e com a ajuda do terceiro autor.

Avaliação da qualidade dos estudos e risco de viés

O risco de viés dos estudos foi analisado através de uma adaptação da NOS (Newcastle-Ottawa Scale). Originalmente foi construída com a finalidade de avaliar estudos de coorte e caso-controle, no entanto a adaptação permite a avaliação de estudos transversais. Os artigos podem receber pontuação máxima de 7 estrelas, melhor escore, segundo os domínios de seleção dos grupos, comparabilidade entre os grupos e determinação dos desfechos ou resultado de interesse.

Análise dos dados

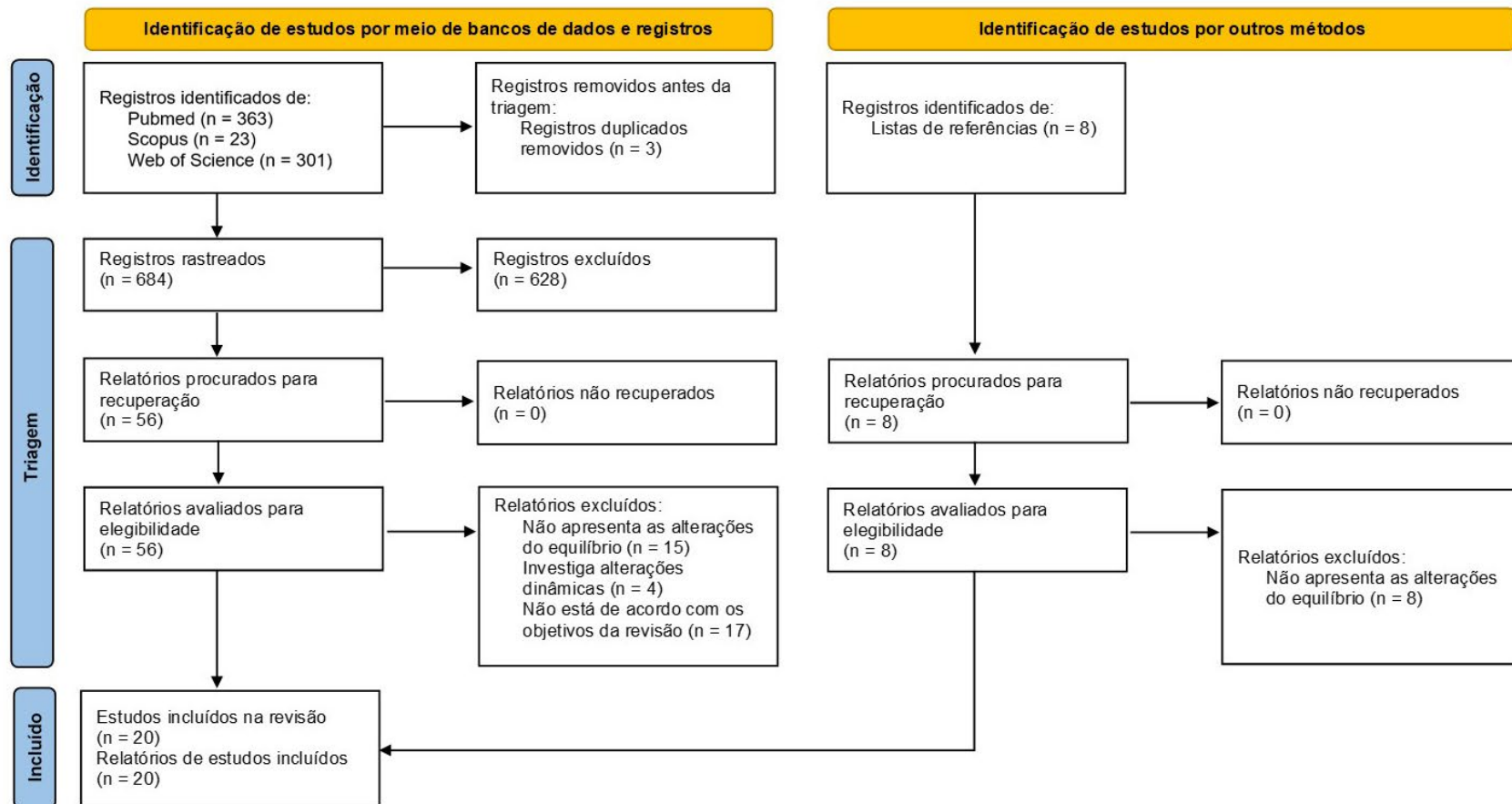
Uma análise descritiva dos dados foi realizada tendo em vista a heterogeneidade dos estudos. A média e desvio padrão foram utilizados para dados relativos às características dos sujeitos. Os instrumentos utilizados entre os estudos foram informados em números absolutos. Os demais resultados foram apresentados em figura, tabela e quadros.

Resultados

Seleção de artigos

As buscas identificaram 687 estudos, com exclusão de 628 após leitura de título e resumo e 36 após leitura completa. Um total de 20 artigos foram selecionados para compor esta Revisão, o processo está detalhado na figura 1.

Figura 1. Seleção dos artigos incluídos na revisão sistemática Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2



Fonte: os autores (2023).

Características dos estudos

Os estudos reuniram um total de 1583 voluntários, com tamanho da amostra variando entre 14 a 151 e faixa etária entre 18 a 80 anos. O tempo de duração do diabetes variou de 7 anos até 19 anos, englobando 585 indivíduos DM2 e 520 neuropatas. As características dos estudos estão descritas no quadro 3.

Medidas de avaliação do equilíbrio

A plataforma de força foi o instrumento de avaliação mais utilizado, 9 artigos; seguido do teste de estabilidade postural, 3 artigos; e teste de apoio unipodal e dinamômetro, 2 dos artigos.

Tabela 1. Artigos incluídos na revisão sistemática “Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2” (continua)

Autor, ano	Grupos (N)	Idade Média±DP	Instrumento/ teste	Resultados	NOS
Jiang <i>et al.</i> , 2022	DM (48) NPD subclínica (45) NPD confirmada (51) Saudáveis (32)	(47, 68) 58.5 (55, 68) 61.5 (53, 68) 60.5 (58, 63) 60.5	- Accelerômetro triaxial e giroscópio	Ao comparar com saudáveis, a área e velocidade de oscilação do CoM e do tornozelo foram maiores na NPD subclínica e confirmada quando estavam de OA. Já com OF os grupos DM e NPD subclínica e confirmada apresentaram maior oscilação do quadril, velocidade e oscilação do CoM.	7
Chatzistergos <i>et al.</i> , 2019	Falha no PGT-NPD (35) Aprovado no PGT-NPD (34)	58±8 58±8	-Pressão plantar -Sway Analysis Module - Dinamômetro -Prensão de papel	Houve maior oscilação postural nos indivíduos que tiveram menor força muscular pelo hálux, evidenciada pela falha no teste PGT em comparação aos que passaram, além de apresentarem maiores deslocamentos na direção AP sobretudo quando calçados e com OF.	5
Kim <i>et al.</i> , 2018	DM (8) NPD (6)	46,5±10,9 56,3±5	-Plataforma de força	Grupo NPD teve deslocamentos do COP significativamente maiores durante a perturbação na plataforma (8 direções) comparado ao grupo DM.	7

Tabela 1. Artigos incluídos na revisão sistemática "Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2" (continuação)

Autor, ano	Grupos (N)	Idade Média±DP	Instrumento / teste	Resultados	NOS
Lee <i>et al.</i> , 2017	Jovens saudáveis (20) Idosos saudáveis (20) Idosos-DM (20)	22.1±1.7 70±4.9 71.9±5.6	-Plataforma de força - Dinamômetro manual	O grupo de idosos DM apresentou maior deslocamento, velocidade e amplitude na direção ML, em relação aos idosos e jovens saudáveis.	6
Kukidome <i>et al.</i> , 2017	Jovens saudáveis (60) Jovens-DM (37) Idosos saudáveis (117) Idosos-DM (125)	41.2±6.5 40.3±6.1 60.9±8.3 63.3±9.0	-Teste de apoio unipodal - Estabilômetro	Tanto jovens como idosos diabéticos apresentaram pior equilíbrio estático e menor tempo de apoio unipodal quando comparados aos grupos saudáveis.	6
Timar <i>et al.</i> , 2016	DM (141) NPD (57)	59±12 64.5±10.5	-Teste de apoio unipodal	O grupo NPD apresentou menor tempo no teste de apoio unipodal comparado ao grupo DM.	7
Dixit <i>et al.</i> , 2015	Homens- NPD (43) Mulheres- NPD (18)	62.3±8.84 56.1±5.99	-Sistema Metitur Good Balance	O grupo com NPD apresentou aumento da velocidade de oscilação, momento da velocidade, deslocamentos ML e AP com OA e OF em superfícies de espuma e firme sem diferença entre os gêneros. Contudo, as alterações foram mais significativas na direção ML, em superfície de espuma com OF.	5

Tabela 1. Artigos incluídos na revisão sistemática "Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2" (continuação)

Autor, ano	Grupos (N)	Idade Média±DP	Instrumento/ teste	Resultados	NOS
Toosizadeh <i>et al.</i> , 2015	NPD (18) Saudáveis (18)	65 ± 8 69 ± 3	-Acelerômetro e giroscópio -Pêndulo - Estabilograma	O grupo NPD comparado aos indivíduos saudáveis apresentaram maior oscilação no estágio de controle local do equilíbrio e menor oscilação no estágio de controle central.	5
Lim, Kil-Byung <i>et al.</i> , 2014	NPD (17) DM (25) Saudáveis (18)	60 ±11.2 55.5 ± 8.2 52.0 ± 6.8	-Sistema Balance Master	O grupo NPD teve velocidade média de oscilação do COP significativamente maior comparado ao grupo DM e saudáveis no teste de apoio unipodal na condição de OA. No descolamento da direita para esquerda foi pior no grupo DM quando comparado aos saudáveis.	7
Mehdikhani <i>et al.</i> , 2014	DM (18) Saudáveis (18)	66.1±1.2	-Biodex Plataforma do Sistema de Equilíbrio (BBS)	O grupo DM apresentou maior oscilação na direção ML na condição OF quando comparadas ao grupo de saudáveis.	7
Rangel <i>et al.</i> , 2014	DM (119) NPD (32)	57,2 ± 9,2 56,7 ± 10,5	-Plataforma de força	Os pacientes do sexo masculino sofrem mais a influência da NPD e da condição OF no equilíbrio comparado ao sexo feminino. O grupo IMC ≥30 apresentou maior oscilação na condição OF em superfícies rígidas, quando comparado ao grupo IMC<30 em superfície macia.	7

Tabela 1. Artigos incluídos na revisão sistemática "Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2" (continuação)

Autor, ano	Grupos (N)	Idade Média±DP	Instrumento/ teste	Resultados	NOS
Palma <i>et al.</i> , 2013	NPD (10) DM (10)	49.4±3,44 50±3,05	-Plataforma WBB	O grupo NPD apresentou maior média de oscilação do COP na condição OF.	7
Vaz <i>et al.</i> , 2013	DM (19) NPD (13) Saudáveis (30)	53.8±7.7 54.6±5.5 54.1±5.7	-Dispositivo Polhemus	Na superfície de espuma os grupos NPD e DM apresentaram maior deslocamento AP na condição OF em relação aos saudáveis. Não foi realizada a comparação entre DM e NPD.	7
Fulk <i>et al.</i> , 2010	DM (7) NPD (18) Polineuropatias (14) Saudáveis (30)	60.8 ±6.6 58.1 ±7.2 57.8 ±6.3 58.4 ±7.4	-Plataforma de Investigação Linear -Plataforma de força de translação horizontal	O grupo DM só detectou o deslocamento da plataforma na presença de acelerações mais altas, sem diferenças quanto à presença da NPD.	7
Goldberg <i>et al.</i> , 2008	NPD (8) Saudáveis (8)	60.1±2.4 60.0±2.6	-Teste de apoio unipodal	O grupo saudável permaneceu em apoio unipodal o dobro do tempo comparado ao grupo NPD.	6
Cimbiz e Cakir, 2005	NPD (30) Saudáveis (30)	57.5±3.9 55.6±6.1	-Plataforma de força	O grupo NPD teve resultados mais baixos no teste de equilíbrio estático unipodal com OF e menor tempo em apoio unipodal no membro dominante comparado ao grupo saudável.	7

Tabela 1. Artigos incluídos na revisão sistemática “Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2” (conclusão)

Autor, ano	Grupos (N)	Idade Média±DP	Instrumento/ teste	Resultados	NOS
Lafond <i>et al.</i> , 2004	NPD (11) Saudáveis (20)	69.1±5.1 72.3±5.8	-Plataforma de força dupla	O grupo NPD apresentou maiores valores do deslocamento do COP (tornozelo e quadril) nas direções AP e ML comparado ao grupo saudáveis.	7
Corriveau, Helene <i>et al.</i> , 2000	NPD (15) Saudáveis (15)	68.8±5.5 69.3±5.1	-Plataforma de força	O grupo NPD apresentou maior oscilação do COP nas condições OA e OF nas direções AP e ML comparado aos saudáveis, correlacionados a maior severidade da NPD.	7
Oppeheim <i>et al.</i> , 1999	DM (8) NPD (28) Saudáveis (30)	50.5±11.90 51.1 ± 6.00 58.8 ± 3.59	-IBS (quatro plataformas separadas)	O grupo com NPD grave tem maior oscilação postural comparado aos saudáveis. Grupo NPD tem uma significante potência de oscilação dentro da faixa de frequência de 0,5–1,00 Hz comparado aos saudáveis.	6
Boucher <i>et al.</i> , 1995	NPD (17) Saudáveis (12)	62.5±7.4 60.6±5.6	-Plataforma de força piezoelétrica Kistler	O grupo NPD apresentou para as três condições (OA, OF, recuperação), maiores faixas de oscilação em ML, durante a recuperação de visão em relação aos controles.	6

Legenda: NPD - neuropatia diabética periférica; DM - diabetes mellitus; OA - olhos abertos; OF - olhos fechados; COP - centro de pressão; CoM - centro de massa; AP - ântero-posterior; ML - médio-lateral; PGT - teste de prensão de papel.

Fonte: os autores (2023).

1. Oscilação postural em bipedestação

Estudos que avaliaram voluntários com DM em bipedestação encontraram alterações nas medidas de estabilidade postural, como a amplitude e velocidade de oscilação e deslocamento do COP.^{15,16} No estudo de Mehdikhani et al.¹⁵, pode-se verificar que os voluntários com DM apresentaram alterações de equilíbrio em diferentes posições dos pés, quando comparado a um grupo saudável, e que estas afetam principalmente a estabilidade ML. Lee et al.¹⁶ relataram que idosos com DM quando comparados com jovens saudáveis e idosos não diabéticos apresentam instabilidade AP e ML maior do que nos idosos não diabéticos.

Estudos demonstraram mudanças no momento de velocidade de oscilação e deslocamento do COP nas direções AP e ML em indivíduos NPD.¹⁷⁻²² Segundo Lafond et al.²², os deslocamentos nas direções AP e ML foram maiores no grupo NPD comparado ao grupo saudável, corroborando com Chatzistergos et al.¹⁷ e Dixit et al.¹⁹, que encontraram deslocamentos AP e ML, particularmente o deslocamento AP foi maior que ML.^{17,20} Achados dessa revisão com indivíduos DM e NPD relatam que alterações no deslocamento do COP ocorrem tanto na direção AP e ML nas condições de OA e OF.^{15,17,19,20,23-26} Segundo Mehdikhani et al.¹⁵ a estabilidade foi pior nos indivíduos DM quando estavam de OF, para Chatzistergos et al.¹⁷ as oscilações foram piores em ambas condições visuais.

De acordo com Vaz et al.²⁰, nos grupos o deslocamento foi maior com OF em superfície de espuma quando comparados com saudáveis, corroborando com Dixit et al.¹⁹, enquanto Rangel et al.²⁴ relataram que os pacientes NPD apresentaram maior oscilação na condição de OF em superfícies rígidas comparados ao DM. Já Jiang et al.²⁷, ao comparar indivíduos DM e NPD a saudáveis relataram que a área e velocidade de oscilação do COP e do tornozelo foram maiores na NPD quando estavam de OA, já a oscilação do quadril, velocidade e oscilação do COP foram maiores na DM e NPD, respectivamente, quando estavam de OF.

Por outro lado, no estudo de Fulk et al.²⁸, tanto os indivíduos DM como NPD, necessitam de maior força para identificar um estímulo sensorial e acelerações mais altas para detectar um deslocamento do que os indivíduos sem DM. Segundo Toosizadeh et al.²⁹, o grupo NPD apresentou maior oscilação corporal, maior oscilação no estágio de controle local

do equilíbrio e menor oscilação no estágio de controle central em relação aos indivíduos saudáveis.

2. Oscilação postural em apoio unipodal

Quatro estudos identificaram alterações no equilíbrio de voluntários com DM e NPD na postura unipodal.³⁰⁻³³ Timar et al.³⁰ verificaram nos indivíduos DM que a presença e gravidade da NPD encontrada em alguns voluntários foi associada a um menor tempo de apoio unipodal, além de que a hipotensão ortostática, provável marcador de neuropatia cardíaca, foi relacionada a diminuição do tempo de apoio unipodal, corroborando com os achados de Goldberg et al.³¹, em que os indivíduos NPD permaneceram metade do tempo em apoio unipodal durante o equilíbrio estático quando comparados ao grupo controle.

No estudo de Cimbiz et al.³², durante os testes de equilíbrio estático e dinâmico em apoio unipodal, o grupo NPD comparado ao saudável obteve pior desempenho na perna dominante com OF e melhor na perna dominante com OA, já no estudo de Lim et al.³³ a velocidade de oscilação foi maior no grupo NPD durante o teste de apoio unipodal com OA em comparação ao grupo DM. Kukidome et al.²⁶ também relataram pior desempenho do apoio unipodal em jovens e idosos diabéticos em comparação a jovens e idosos saudáveis, sendo relacionado a NPD, progressão da retinopatia, nefropatia e histórico de quedas.

Discussão

A Diabetes Mellitus causa alterações na estabilidade postural devido atraso na condução nervosa das vias motoras e sensoriais, redução da força muscular e mobilidade articular, tornando-se mais significativas com a NPD.⁹⁻¹² O objetivo do estudo foi descrever as alterações do equilíbrio estático em indivíduos com DM. Os resultados demonstraram que a DM causa alterações no controle postural nas direções AP e ML, com e sem presença de informação visual, e com maior impacto ao ser associada a NPD, desta forma, poderá ocasionar também o aumento de risco de quedas nesta população. Nos indivíduos com DM a oscilação AP e ML pode estar relacionada a situações em que há uma redução da base de apoio, como aproximação dos calcanhares, além da força muscular reduzida e sensibilidade plantar diminuída.^{15,16}

A NPD é uma das complicações com maior prevalência no DM^{28,30,34}, logo, a presente revisão demonstrou um total de 19 estudos que evidenciaram maiores alterações do equilíbrio estático na população com NPD e apenas 1 estudo onde estas alterações não foram encontradas. A NPD acomete a entrada sensorial dos proprioceptores e dos nervos motores, e de acordo com Sacco et al.³⁵, o déficit sensitivo distal é o principal contribuinte para alteração do controle postural, uma vez que, o equilíbrio constitui-se como a junção dos sistemas sensorial e motor, sendo assim, um déficit sensorial cutâneo presente em diabéticos, possibilitaria maiores alterações de equilíbrio.^{36,37}

A NPD afeta as vias periféricas aferentes e eferentes e vias centrais sensoriais, resultando em um maior déficit na condução nervosa periférica dos membros inferiores e consequentes alterações na estabilidade postural.^{18,20,21,28} Além disso, a hiperglicemia apresenta-se como um dos contribuintes para desenvolver a NPD levando também a instabilidade postural.³⁸ Indivíduos com NPD demonstram alterações nas medidas de estabilidade postural, como a velocidade de oscilação, momento da velocidade e deslocamento do COP.^{18,19,21,23}

A NPD ocasiona uma lenta reconfiguração sensorial após a retirada da visão e colocação da mesma, no período conhecido como recuperação, ocasionando uma maior instabilidade ainda que a visão esteja disponível, como encontrado no estudo de Boucher et al.¹⁸, isso pode ser explicado por um déficit da sensibilidade somatossensorial e um déficit sensitivo distal. Já nos estudos de Dixit et al.¹⁹, as medidas do COP foram prejudicadas e o resultado foi ampliado quando os indivíduos estavam de OF, tendo como provável explicação a redução das sensações periféricas próprias da NPD, além de que uma superfície macia incapacitou os voluntários de modificar as estratégias posturais.

As alterações no deslocamento do COP ocorrem tanto na direção AP e ML nas condições de OA e OF em bipedestação.^{15,19-23} Corriveau et al.²¹ relataram que as oscilações acontecem, em ambas direções e condições visuais citadas, pelo aumento das amplitudes do centro de pressão. Nos achados de Lafond et al.²², os mecanismos posturais do tornozelo e quadril reforçam as direções AP e ML de diferentes modos, mostrando predominância pela direção AP, que foi correlacionada a inversão da biomecânica de

ativação do controle motor dos flexores e dorsiflexores do tornozelo.

Na postura unipodal a oscilação do equilíbrio acontece principalmente no membro dominante e torna-se ainda mais grave nas condições de OF.³² Além disso, a menor tolerância à glicose pode estar relacionada ao menor tempo na postura unipodal, uma vez que esta tem associação com o déficit somatossensorial distal do pé e na posição do tronco, essenciais para o equilíbrio.³²

A manutenção do equilíbrio necessita do controle local e do controle central, um dependente do controle muscular postural local, ou seja, sem o recrutamento dos sistemas visual, vestibular e/ou somatossensorial, já o outro é dependente do feedback sensorial nervoso central, respectivamente.³⁹ No estudo de Toosizadeh et al.²⁹, demonstrou-se que a NPD afeta a quantidade de oscilação corporal em curtos intervalos de tempo de controle local, ocasionado possivelmente pela redução de força dos membros inferiores e músculos posturais. Além disso, como resposta compensatória, também há uma menor oscilação de controle central, na qual causa uma incapacidade adaptativa nas superfícies irregulares devido à rigidez ou fadiga muscular.

Outros estudos, ao avaliarem indivíduos DM e NPD^{20,23-25,28,30,33}, demonstraram alterações mais significativas do COP na direção ML. Esta postura é afetada quanto mais grave for a NPD e está relacionada à alteração da velocidade de condução nervosa.³⁰ Como também os indivíduos do sexo masculino parecem ser mais afetados, e a obesidade é um fator que pode agravar o equilíbrio de forma que pessoas com IMC acima de 30 kg/m² apresentaram maior oscilação do COP.²⁴

O estudo de Fulk et al.³⁰ evidenciou que independente de ter ou não NPD, os indivíduos apresentaram uma redução na velocidade de condução nervosa nas extremidades inferiores dos nervos tibial, peroneal e sural, necessitando de acelerações mais altas para identificar o deslocamento da superfície. De acordo com Gregg et al.⁴⁰ e Leininger et al.⁴¹, a progressão da DM diminui a força muscular, altera pés e tecidos, marcha, funções motoras, diminuindo o desempenho funcional dos membros inferiores, e assim afeta a manutenção do equilíbrio, provocando maiores riscos de quedas.³⁵

Os achados dessa revisão revelaram alterações de equilíbrio tanto na direção ML como AP¹⁵⁻²⁰ e nas duas direções^{21,22}, contudo, um número maior de estudos^{15,16,18,19} evidenciaram alterações significativas na direção ML. Diante disso, a literatura demonstra que em tarefas de equilíbrio estático, pessoas com DM recrutam mais a estratégia de quadril ao invés da de tornozelo devido ao déficit sensorial plantar, exigindo ativação muscular proximal. Nesses indivíduos, o quadril tem função significativa na postura tardia com considerável movimento de flexão durante a marcha, supostamente pela menor participação do tornozelo nessa fase.⁴²

Com relação aos indivíduos com NPD, o comprometimento ML pode ser devido à diminuição da sensação periférica pelo déficit neurológico, exigindo mais da estratégia do quadril, recrutando abdutores e adutores para manter a estabilidade.¹⁹ O estudo de Simmons et al.³⁶ dá suporte ao demonstrar que a transição estratégica de tornozelo para quadril em indivíduos com NPD está relacionada ao déficit sensitivo distal periférico. O aumento da oscilação na direção ML especificamente na NPD também foi encontrada por Ahmmed e Mackenzie et al.³⁸ ao comparar NPD e saudáveis.

A estratégia postural é utilizada com o objetivo de controlar a instabilidade resultante do deslocamento da base de suporte ou do corpo.³⁷ A estratégia do tornozelo é aplicada quando há pequenas e lentas perturbações posturais, recrutando músculos em ordem distal-proximal, no sentido AP. Em perturbações maiores e/ou mais rápidas, a ordem de ativação muscular é invertida, tornando-se proximal-distal e caracterizando-se como uma estratégia do quadril, recrutando principalmente músculos dos quadris, coluna e abdominais.⁴³⁻⁴⁵

Esta revisão apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, a quantidade relativamente pequena de estudos que atendessem ao objetivo proposto, embora o objetivo enfoque a DM, a maior parte dos estudos abordam a NPD como fator causador de maiores alterações do equilíbrio. Em segundo lugar, a heterogeneidade dos estudos quanto aos instrumentos e forma de avaliar o equilíbrio, e quanto à restrição de indivíduos sem complicações da DM. Por fim, os apontamentos feitos nesta revisão servem como base para a realização de novos estudos preventivos e de estímulo a melhores hábitos de vida, para pessoas que apresentam e não apresentam DM2.

Conclusão

Nossos resultados demonstraram que a DM2 leva as alterações na estabilidade postural com deslocamento do COP nas direções AP e ML, sendo mais significativas na direção ML, com e sem a presença de informação visual. Também foram observadas maiores alterações do equilíbrio estático na presença e gravidade da NPD. Esses resultados possibilitam maior entendimento das implicações que poderão levar ao agravamento do equilíbrio conforme a gravidade e progressão da doença, como também as medidas de prevenção para o risco de quedas nessa população.

Agradecimentos

O estudo contou com suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Piauí (FAPEPI).

Conflitos de interesses

Nenhum conflito financeiro, legal ou político envolvendo terceiros (governo, empresas e fundações privadas, etc.) foi declarado para nenhum aspecto do trabalho submetido (incluindo, mas não se limitando a subvenções e financiamentos, participação em conselho consultivo, desenho de estudo, preparação de manuscrito, análise estatística, etc.).

Contribuição dos autores

Oliveira VS, Santos TES e Souza WC participaram da concepção da pergunta de pesquisa, coleta e interpretação dos dados, interpretação dos resultados e redação do artigo científico. Alves RF e Rocha RB trabalharam na concepção da pergunta de pesquisa, delineamento metodológico, interpretação dos resultados e redação do artigo científico. Cardoso VS contribuiu na concepção da pergunta de pesquisa, delineamento metodológico, interpretação dos resultados e redação do artigo científico. Todos os autores revisaram e aprovaram a versão final e estão de acordo com sua publicação.

Indexadores

A Revista Pesquisa em Fisioterapia é indexada no [DOAJ](#), [EBSCO](#), [LILACS](#) e [Scopus](#).



Referências

1. García-Chapa EG, Leal-Ugarte E, Peralta-Leal V, Durán-González J, Meza-Espinoza JP. Genetic Epidemiology of Type 2 Diabetes in Mexican Mestizos. *Biomed Res Int.* 2017;2017:3937893. <https://doi.org/10.1155/2017/3937893>
2. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 10a ed. Bruxelas: IDF; 2021. Disponível em: <https://www.diabetesatlas.org>
3. Vongsirinavarat M, Mathiyakom W, Kraiwong R, Hiengkaew V. Fear of Falling, Lower Extremity Strength, and Physical and Balance Performance in Older Adults with Diabetes Mellitus. *J Diabetes Res.* 2020;2020:8573817. <https://doi.org/10.1155/2020/8573817>
4. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017;72:129–52. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.11.015>
5. Sales KLS, Souza LA, Cardoso VS. Equilíbrio estático de indivíduos com neuropatia periférica diabética. *Fisioter e Pesqui.* 2012;19(2):122–7. <https://doi.org/10.1590/S1809-29502012000200006>
6. Alonso AC, Mochizuki L, Silva Luna NM, Ayama S, Canonica AC, Greve JM. Relation between the Sensory and Anthropometric Variables in the Quiet Standing Postural Control: Is the Inverted Pendulum Important for the Static Balance Control? *BioMed Research International.* 2015;2015:1–5. <https://doi.org/10.1155/2015/985312>
7. Rocha JVC, Araújo DRB, Rocha RB, Cardoso VS. Métodos de avaliação do equilíbrio e o uso em indivíduos não saudáveis: uma revisão sistemática. *Rev Pesqui Fisioter.* 2019;9(3):409–20. <https://doi.org/10.17267/2238-2704rpf.v9i3.2435>
8. Rosario MG, Hyder A, Orozco E, Bartolomei JGV, Quiñones CL, Bayron F. Evaluating static postural control in subjects with controlled-diabetes mellitus II. *Journal of Human Sport and Exercise.* 2020;15(2):344–54. <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.152.09>
9. Teles JCMA, Sousa RS, Sousa AM, Gomes PXL, Júnior FFUS. Baropodometria como um método de avaliação do equilíbrio em pacientes diabéticos: revisão sistemática. *Varia Scientia-Ciências da Saúde [Internet].* 2016;1(2):156–6. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variasaude/article/view/12761>
10. Agostini CM, Rodrigues VS, Guimarães AC, Damázio LCM, Vasconcelos NN. Análise do desempenho motor e do equilíbrio corporal de idosos ativos com hipertensão arterial e diabetes tipo 2. *Rev. Aten. Saúde.* 2018;16(55):29–35. <https://doi.org/10.13037/ras.vol16n55.4690>
11. Omar M, Abdul Wahat NH, Zulkafli MF, Husain NF, Sulaiman S. Does postural instability in type 2 diabetes relate to vestibular function? *Indian J Otol [Internet].* 2018;24(3):172–8. Disponível em: https://journals.lww.com/ijoo/Fulltext/2018/24030/Does_Postural_Instability_in_Type_2_Diabetes.7.aspx
12. Ites KI, Anderson EJ, Cahill ML, Kearney JA, Post EC, Gilchrist LS. Balance interventions for diabetic peripheral neuropathy: a systematic review. *Journal of geriatric physical therapy.* 2011;34(3):109–16. <https://doi.org/10.1519/JPT.0b013e318212659a>
13. Diabetic neuropathy. *Nat Rev Dis Primers.* 2019;5(42). <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0097-9>
14. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
15. Mehdikhani M, Khalaj N, Chung TY, Mazlan M. The effect of feet position on standing balance in patients with diabetes. *Proc Inst Mech Eng H.* 2014;228(8):819–23. <https://doi.org/10.1177/0954411914547714>
16. Lee PY, Tsai YJ, Liao YT, Yang YC, Lu FH, Lin SI. Reactive balance control in older adults with diabetes. *Gait Posture.* 2018;61:67–72. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.12.030>
17. Chatzistergos PE, Healy A, Naemi R, Sundar L, Ramachandran A, Chockalingam N. The relationship between hallux grip force and balance in people with diabetes. *Gait Posture.* 2019;70:109–15. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.02.020>
18. Boucher P, Teasdale N, Courtemanche R, Bard C, Fleury M. Postural stability in diabetic polyneuropathy. *Diabetes Care.* 1995;18(5):638–45. <https://doi.org/10.2337/diacare.18.5.638>
19. Dixit S, Maiya A, Shashtry BA, Kumaran DS, Guddattu V. Postural sway in diabetic peripheral neuropathy among Indian elderly. *Indian J Med Res.* 2015;142(6):713–20. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.174562>
20. Vaz MM, Costa GC, Reis JG, Junior WM, Albuquerque de Paula FJ, Abreu DC. Postural control and functional strength in patients with type 2 diabetes mellitus with and without peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013;94(12):2465–470. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.06.007>
21. Corriveau H, Prince F, Hebert R, Raiche M, Tessier D, Maheux P, et al. Evaluation Of Postural Stability In Elderly With Diabetic Neuropathy. *Diabetes Care.* 2000;23(8):1187–91. <https://doi.org/10.2337/diacare.23.8.1187>
22. Lafond D, Corriveau H, Prince F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care.* 2004;27(1):173–78. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.1.173>

23. Palma FH, Antigual DU, Martínez SF, Monrroy MA, Gajardo RE. Static balance in patients presenting diabetes mellitus type 2 with and without diabetic polyneuropathy. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2013;57(9):722-26. <https://doi.org/10.1590/s0004-27302013000900008>
24. Herrera-Rangel A, Aranda-Moreno C, Mantilla-Ochoa T, Zainos-Saucedo L, Jáuregui-Renaud K. The influence of peripheral neuropathy, gender, and obesity on the postural stability of patients with type 2 diabetes mellitus. *J Diabetes Res.* 2014;2014:787202. <https://doi.org/10.1155/2014/787202>
25. Kim BBJ, Kim S. Adaptation of perturbation to postural control in individuals with diabetic peripheral neuropathy. *Int J Occup Saf Ergon.* 2020;26(3):589-94. <https://doi.org/10.1080/10803548.2018.1494771>
26. Kukidome D, Nishikawa T, Sato M, Nishi Y, Shimamura R, Kawashima J, et al. Impaired balance is related to the progression of diabetic complications in both young and older adults. *Journal of diabetes and its complications.* 2017;31(8):1275-82. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2017.05.014>
27. Jiang X, Deng F, Rui S, Ma Y, Wang M, Deng B, et al. The Evaluation of Gait and Balance for Patients with Early Diabetic Peripheral Neuropathy: A Cross-Sectional Study. Risk management and healthcare policy. 2022;15:543-52. <https://doi.org/10.2147%2FRMHP.S361698>
28. Fulk GD, Robinson CJ, Mondal S, Storey CM, Hollister AM. The effects of diabetes and/or peripheral neuropathy in detecting short postural perturbations in mature adults. *J Neuroeng Rehabil.* 2010;7:44. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-44>
29. Toosizadeh N, Mohler J, Armstrong DG, Talal TK, Najafi B. The influence of diabetic peripheral neuropathy on local postural muscle and central sensory feedback balance control. *PLoS One.* 2015;10(8):e0135255. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135255>
30. Timar B, Timar R, Gaiță L, Oancea C, Levai C, Lungeanu D. The Impact of Diabetic Neuropathy on Balance and on the Risk of Falls in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Cross-Sectional Study. *PLoS One.* 2016;11(4):e0154654. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154654>
31. Goldberg A, Russell JW, Alexander NB. Standing balance and trunk position sense in impaired glucose tolerance (IGT)-related peripheral neuropathy. *J Neurol Sci.* 2008;270(1-2):165-71. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2008.03.002>
32. Cimbiz A, Cakir O. Evaluation of balance and physical fitness in diabetic neuropathic patients. *J Diabetes Complications.* 2005;19(3):160-64. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2004.06.005>
33. Lim KB, Kim DJ, Noh JH, Yoo J, Moon JW. Comparison of balance ability between patients with type 2 diabetes and with and without peripheral neuropathy. *PM R.* 2014;6(3):209-14. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.11.007>
34. Oppenheim U, Kohen-Raz R, Alex D, Kohen-Raz A, Azarya M. Postural characteristics of diabetic neuropathy. *Diabetes Care.* 1999;22(2):328-332. <https://doi.org/10.2337/diacare.22.2.328>
35. Sacco ICN, Sartor CD, Gomes AA, João SMA, Cronfli R. Avaliação das perdas sensório-motoras do pé e tornozelo decorrentes da neuropatia diabética. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11(1):27-33. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552007000100006>
36. Simmons RW, Richardson C, Pozos R. Postural stability of diabetic patients with and without cutaneous sensory deficit in the foot. *Diabetes research and clinical practice.* 1997;36(3):153-60. [https://doi.org/10.1016/s0168-8227\(97\)00044-2](https://doi.org/10.1016/s0168-8227(97)00044-2)
37. Duarte M, Freitas SM. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(3):183-92. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552010000300003>
38. Ahmmed AU, Mackenzie IJ. Posture changes in diabetes mellitus. *The Journal of Laryngology & Otology.* 2003;117(5):358-64. <https://doi.org/10.1258/002221503321626393>
39. Priplata A, Niemi J, Salen M, Harry J, Lipsitz LA, Collins J. Noise-enhanced human balance control. *Physical Review Letters.* 2002;89(23):238101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.238101>
40. Gregg EW, Sorlie P, Paulose-Ram R, Gu Q, Eberhardt MS, Wolz M, Burt V, Curtin L, Engelgau M, Geiss L; 1999-2000 national health and nutrition examination survey. Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population ≥ 40 years of age with and without diabetes: 1999-2000 national health and nutrition examination survey. *Diabetes Care.* 2004;27(7):1591-7. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.7.1591>
41. Leininger GM, Vincent AM, Feldman EL. The role of growth factors in diabetic peripheral neuropathy. *J Peripher Nerv Syst.* 2004;9(1):26-53. <https://doi.org/10.1111/j.1085-9489.2004.09105>
42. Chau RM, Ng TK, Kwan RL, Choi CH, Cheing GL. Risk of fall for people with diabetes. *Disabil Rehabil.* 2013;35(23):1975-1980. <https://doi.org/10.3109/09638288.2013.770079>
43. Horak FB, Macpherson JM. Postural orientation and equilibrium. In: Rowell LB, Shepard JT. *Handbook of Physiology: Section 12, Exercise regulation and integration of multiple systems.* New York: Oxford University Press; 1996. p. 255-92.
44. Gatev P, Thomas S, Kepple T, Hallett M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *The Journal of physiology.* 1999;514(3):915-28. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1469-7793.1999.915ad.x>
45. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing.* 2006;35(suppl-2):ii7-ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/af1077>