CARACTERIZAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL POR MEIO DA ESTABILOMETRIA EM IDOSOS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2

Maria Julia S Binotto, Fernanda M G Gonzaga, Alessandra A Fagundes

Laboratório de Biodinâmica – Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP, Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova, São José dos Campos – SP, 12244-390, mariaj.binotto@gmail.com

Resumo

O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) está associado a alterações sensoriais e motoras que comprometem o controle postural, aumentando o risco de quedas em idosos. Este estudo teve como objetivo caracterizar o controle postural, por meio da estabilometria, em idosos com DM2. Foram avaliados 9 participantes (75,88 ± 9,79 anos) por meio da estabilometria realizada no sistema de baropodometria, apoio bipodal e olhos abertos, por 30 segundos, registrando-se oscilação látero-lateral (OLL) e ântero-posterior (OAP), suas velocidades e a área de elipse do COP. Os resultados mostraram elevada variabilidade interindividual, especialmente na amplitude de OLL e na área de oscilação. A correlação de Pearson identificou associações positivas e significativas entre as velocidades de oscilação nos dois eixos (r = 0,701; p = 0,036) e entre amplitude e velocidade de OAP (r = 0,729; p = 0,026). Conclui-se que os idosos com DM2 avaliados apresentaram comportamento estabilométrico heterogêneo, possivelmente influenciado pelo envelhecimento e pelo diabetes, reforçando a necessidade de mais estudos sobre o tema.

Palavras-chave: Diabetes, Estabilometria, Baropodometria

Área do Conhecimento: Ciências da Saúde

Introdução

O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é uma doença metabólica crônica com prevalência crescente em todo o mundo, caracterizada por hiperglicemia decorrente da resistência à insulina associada à disfunção progressiva das células beta pancreáticas. Fatores como disfunção mitocondrial, obesidade, inflamação crônica e estresse oxidativo contribuem de forma multifatorial para o desenvolvimento e agravamento da doença, reforçando a necessidade de abordagens de cuidado que vão além do controle glicêmico isolado (Wang *et al*., 2025).

Entre as complicações mais frequentes do DM2 está a neuropatia periférica diabética (NPD), responsável pela perda progressiva de sensibilidade proprioceptiva e cutânea nos membros inferiores. Essa perda sensorial compromete os mecanismos de correção postural, resultando em instabilidade e maior risco de quedas em pessoas com NPD (Alissa et al., 2024). Além disso, revisões sistemáticas apontam que a neuropatia diabética altera parâmetros da marcha, como velocidade, comprimento do passo e distribuição de carga durante a caminhada, impactando negativamente o equilíbrio postural e as atividades de vida diária (Khan; Andersen, 2022).

Adicionalmente, estudos epidemiológicos indicam que a neuropatia diabética dolorosa acomete quase metade dos indivíduos com neuropatia periférica diabética, sendo idade avançada, sexo feminino, maior tempo de doença e obesidade fatores de risco relevantes para o seu desenvolvimento (Tao *et al*., 2025). Essas alterações sensoriais e biomecânicas combinadas favorecem padrões anormais de apoio e distribuição de carga sobre a região plantar, aumentando a vulnerabilidade a pontos de pressão excessiva e, consequentemente, o risco de lesões e úlceras nos pés.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo caracterizar o controle postural, por meio da estabilometria, em idosos com diabetes mellitus tipo 2, descrevendo os parâmetros de oscilação do centro de pressão e identificando possíveis correlações entre essas variáveis.

Metodologia

Trata-se de um estudo observacional, transversal e descritivo, no qual foram avaliados 9 participantes idosos portadores de diabetes mellitus tipo 2 (DM2), com idade média de 75,88 ± 9,79 anos, atendidos no Laboratório de Biodinâmica da Universidade do Vale do Paraíba (Univap). O estudo

foi realizado mediante consentimento das participantes por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), sob parecer Nº 7.071.678.

A avaliação do controle postural foi realizada por meio de foi realizada por meio de uma única coleta por participante em um sistema computadorizado de baropodometria (BAROSCAN®, HS Technology, Brasil), equipado com plataforma barossensível capaz de registrar os parâmetros estabilométricos do centro de pressão (COP). Antes da realização do teste, os participantes receberam orientações e passaram por uma preparação prévia: foram instruídos a retirar os calçados e permanecer em posição ortostática descalça, em apoio bipodal, com os olhos abertos. Ao posicionar-se sobre a plataforma, o participante realizava uma marcha no próprio lugar por 10 segundos para adaptação e alinhamento básico. Em seguida, foi orientado a fixar o olhar em um ponto marcado à altura dos olhos e manter-se o mais imóvel possível durante o registro estabilométrico, que teve duração de 30 segundos. Foram registrados: oscilação látero-lateral (OLL) e ântero-posterior (OAP), suas respectivas velocidades de deslocamento e a área de elipse de oscilação do COP.

A presença de neuropatia periférica diabética foi determinada por meio do Escore de Sintomas Neuropáticos (ESN) e do Escore de Comprometimento Neurológico (ECN), instrumentos validados e traduzidos para a língua portuguesa (Moreira et al., 2005), que avaliam, respectivamente, os sintomas sensitivos referidos pelo participante e os achados do exame neurológico, como reflexos e sensibilidade tátil, dolorosa, térmica e vibratória. Os participantes foram classificados como portadores ou não de neuropatia periférica de acordo com os pontos de corte estabelecidos por esses instrumentos, em conformidade com a Diretriz da Sociedade Brasileira de Diabetes (Rolim *et al.,* 2023).

A análise estatística foi realizada por meio de média e desvio padrão, e a correlação entre as variáveis estabilométricas,adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, as características antropométricas e clínicas dos participantes, os parâmetros estabilométricos e as correlações entre as variáveis estabilométricas avaliadas. A Tabela 1 apresenta os dados referentes à idade, altura, peso, sexo e presença de neuropatia periférica diabética.

Tabela 1. Dados antropométricos dos participantes (n=9)

	Participantes
Idade (anos)	75,88 ±9,79
Altura (m)	1,64 ±0,11
Peso (kg)	75,88 ±29,09
Sexo	Mulheres (n= 6) / Homens (n=3)
Presença de Neuropatia periférica	Sim (n= 5) / Não(n= 4)

Legenda: kg= quilograma; m= metros. Valores em Média ± Desvio Padrão
Fonte: elaborado pelos autores.

A Tabela 2 apresenta a caracterização média e o desvio-padrão do grupo total de participantes (n = 9) para os parâmetros do centro de pressão (COP), incluindo amplitudes e velocidades de oscilação nos sentidos látero-lateral (OLL) e ântero-posterior (OAP), além da área de elipse de oscilação.

Por fim, a Tabela 3 apresenta as correlações de Pearson entre os parâmetros estabilométricos, evidenciando as associações estatisticamente significativas entre velocidade de oscilação látero-lateral e velocidade de oscilação ântero-posterior, bem como entre oscilação ântero-posterior e sua respectiva velocidade.

Tabela 2. Valores de estabilometria dos participantes com diabetes mellitus (n=9)

	Participantes
Amplitude de OLL (mm)	35,38±45,74
Velocidade de OLL (mm/s)	5,09±4,04
Amplitude de OAP (mm)	20,71±8,66
Velocidade de OAP (mm/s)	5,22±3,70
Área (mm^2)	579,11±696,26

Legenda: mm= milímetros; mm/s=milímetros por segundo; mm2= milímetros ao quadrado; OLL = Oscilação látero-lateral; OAP = Oscilação ântero-posterior. Valores expressos em Média ± Desvio-Padrão para o total de participantes.
Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 3. Correlações de Pearson entre os parâmetros estabilométricos dos participantes com diabetes mellitus tipo 2 (n = 9)

Variáveis	r de Pearson	p
OLL × Vel. OLL	0,636	0,066
OLL × OAP	0,022	0,955
OLL × Vel. OAP	−0,061	0,877
Vel. OLL × OAP	0,623	0,073
Vel. OLL × Vel. OAP	0,701	0,036*
OAP × Vel. OAP	0,729	0,026*

Legenda: OLL = Oscilação látero-lateral; OAP = Oscilação ântero-posterior; vel= velocidade; * valores de p<0.05 considerados significativos

Discussão

Os resultados evidenciam elevada variabilidade interindividual nos parâmetros estabilométricos, especialmente na amplitude de oscilação látero-lateral (OLL) e na área de elipse do centro de pressão, cujos desvios-padrão superaram as próprias médias (Tabela 2). Isso indica que o comportamento postural da amostra foi bastante heterogêneo, não sendo possível afirmar, isoladamente, que os participantes tiveram prejuízo do equilíbrio.

Essa heterogeneidade também se reflete nos dados antropométricos (Tabela 1) uma vez que o peso corporal apresentou elevado desvio-padrão (±29,09 kg) sugerindo grande dispersão de massa corporal entre os participantes. Como o controle postural é diretamente influenciado pela distribuição de massa e pelo centro de gravidade corporal, essa variabilidade antropométrica pode ter contribuído para a dispersão observada nos parâmetros de oscilação do COP, constituindo mais um fator de confusão a ser considerado.

Estudos que utilizam medidas do centro de pressão demonstram maior oscilação postural, incluindo aumento da área e da velocidade de deslocamento, em indivíduos com diabetes em comparação a indivíduos sem a doença, achados atribuídos a alterações sensoriais e proprioceptivas relacionadas à neuropatia diabética (Alissa *et al.,* 2024; Khan; Andersen, 2022). Na presente amostra, 5 dos 9 participantes (55,6%) apresentavam neuropatia periférica (Tabela 1), o que sugere que parte da variabilidade observada possa estar relacionada a esse subgrupo.

Quanto à distribuição por sexo, a amostra foi composta majoritariamente por mulheres (n = 6, contra n = 3 homens) (Machado *et al.,* 2017). Esse predomínio é compatível com achados epidemiológicos que apontam o sexo feminino como fator de risco para neuropatia diabética dolorosa, o que reforça a relevância de considerar o sexo como variável relacionada ao comportamento postural nesta população, ainda que o tamanho amostral não permita uma análise estratificada.

Chama atenção, na Tabela 3, a ausência de correlação entre a amplitude de OLL e a amplitude de OAP (r = 0,022; p = 0,955), praticamente nula. Esse achado indica que a oscilação nos eixos látero-lateral e ântero-posterior se comportou de forma independente nesta amostra, ou seja, um maior deslocamento em uma direção não necessariamente correspondeu a um maior deslocamento na direção perpendicular. Isso sugere que o controle postural possui um caráter multidimensional, e que estratégias de ajuste postural podem ser direção-específicas, o que reforça a importância de avaliar separadamente os eixos de oscilação, em vez de considerar apenas medidas globais como a área do COP.

Já a análise de correlação de Pearson revelou duas associações estatisticamente significativas, positivas e fortes: entre a velocidade de OLL e a velocidade de OAP (r = 0,701; p = 0,036) e entre a amplitude e a velocidade de OAP (r = 0,729; p = 0,026). A primeira sugere que participantes com maior velocidade de deslocamento do COP em uma direção tendem a apresentar maior velocidade também na direção perpendicular, indicando que, embora as amplitudes sejam independentes entre os eixos, as velocidades de ajuste parecem compartilhar um componente comum, possivelmente relacionado à capacidade geral de resposta neuromuscular do indivíduo. A segunda associação indica relação entre a magnitude do deslocamento e a velocidade de ajuste no sentido ântero-posterior (Machado et al., 2017).

É importante ressaltar que, embora amplitude e velocidade representem parâmetros distintos, a correlação encontrada entre eles não implica causalidade: os resultados indicam apenas que, nesta amostra, quando um parâmetro se altera, o outro tende a se alterar conjuntamente não que um determine o outro.

Cabe destacar que a amostra é composta por idosos (75,88 ± 9,79 anos). O controle postural é reconhecidamente influenciado pelo envelhecimento, que promove alterações sensoriais e motoras independentemente do diabetes. Assim, os resultados provavelmente refletem a interação entre múltiplos fatores envelhecimento é possível neuropatia associada ao DM2 e não podem ser atribuídos exclusivamente à condição diabética isolada. Do ponto de vista clínico, a maior oscilação do COP observada em parte da amostra é consistente com o aumento do risco de quedas relatado na literatura para essa população (Alissa *et al.,* 2024), reforçando o valor da estabilometria como ferramenta de rastreio precoce de instabilidade postural em idosos com DM2.

Como limitações, destacam-se o tamanho amostral reduzido (n = 9), que impede análises estratificadas por sexo ou por presença de neuropatia, a ausência de dados sobre tempo de diagnóstico do DM2, e a falta de confirmação objetiva da neuropatia por testes de condução nervosa.

Considerando que a amostra foi composta por idosos, é plausível que parte das oscilações observadas esteja relacionada ao próprio processo de envelhecimento, que promove alterações sensoriais e motoras independentemente do diabetes, e não exclusivamente à presença de DM2 ou de neuropatia periférica. Dessa forma, os achados devem ser compreendidos como resultado da possível interação entre envelhecimento, diabetes e suas complicações, e não como efeito isolado de uma única condição (Machado *et al.,* 2017).

Diante da heterogeneidade encontrada e das limitações metodológicas do presente estudo, reforça-se a necessidade de mais pesquisas sobre o tema, com amostras mais amplas e homogêneas e acompanhamento do tempo de diagnóstico, a fim de esclarecer de forma mais robusta os determinantes do controle postural em idosos com diabetes mellitus tipo 2.

Conclusão

Os idosos com diabetes mellitus tipo 2 avaliados apresentaram comportamento estabilométrico heterogêneo, com elevada variabilidade nos parâmetros de oscilação do centro de pressão, particularmente na componente látero-lateral e na área de oscilação. Essa heterogeneidade reforça que a amostra avaliada não constitui um grupo uniforme, o que limita a generalização dos achados e evidencia a necessidade de interpretá-los com cautela.

Foram identificadas correlações positivas e significativas entre as velocidades de oscilação nos dois eixos avaliados, bem como entre amplitude e velocidade de oscilação ântero-posterior, sugerindo que a instabilidade postural, quando presente, envolve múltiplos parâmetros de forma conjunta, sem relação de causalidade estabelecida entre eles.

Referências

ALISSA, N.; SHIPPER, A. G.; ZILLIOX, L.; WESTLAKE, K. P. A systematic review of the effect of physical rehabilitation on balance in people with diabetic peripheral neuropathy who are at risk of falling. **Clinical Interventions in Aging,** v. 19, p. 1325-1339, 2024. DOI: 10.2147/CIA.S459492.

BIJUR, P. E.; SILVER, W.; GALLAGHER, E. J. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. **Acad Emerg Med**., 2001;8(12):1153-7.

BUS, S. A. Innovations in plantar pressure and foot temperature measurements in diabetes. **Diabetes/metabolism research and reviews**, v. 32, p. 221-226, 2016.

KERNER, W.; BRÜCKEL, J. Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes Mellitus. Exp Clin **Endocrinol Diabetes.,** 2014; 122: 384–386.

KHAN, K. S.; ANDERSEN, H. The impact of diabetic neuropathy on activities of daily living, postural balance and risk of falls – a systematic review. J**ournal of Diabetes Science and Technology**, v. 16, n. 2, p. 289-294, 2022. DOI: 10.1177/1932296821997921.

MACHADO, Á. S. et al. Efeitos da manipulação da sensibilidade plantar sobre o controle da postura ereta em adultos jovens e idosos. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 57, p. 30-36, 2017.

MOREIRA, R. O. et al. Translation into Portuguese and assessment of the reliability of a scale for the diagnosis diabetic distal polyneuropathy**. Arq Bras Endocrinol Metab**., 2005;49(6):944–50.

ROLIM, L.; THYSSEN, P.; FLUMIGNAN, R.; ANDRADE, D.; DIB, S.; BERTOLUCCI, M. Diagnóstico e tratamento da neuropatia periférica diabética. **Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes (2023).** DOI: 10.29327/557753.2022-14, ISBN: 978-85-5722-906-8.

SCHMIDT, B. M.; ALLISON, S.; WROBEL, J. S. Descrevendo temperaturas normativas dos pés em pacientes com neuropatia periférica relacionada ao diabetes. **Revista de ciência e tecnologia do diabetes**, v. 1, p. 22-27, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (2019-2020)** [Internet]. São Paulo: Clamamd; 2019. Disponível em: https://www.diabetes.org.br/profissionais/images/DIRETRIZES-COMPLETA-2019-2020.pdf

TAO, Y.; ZHANG, H. Y.; MACGILCHRIST, C.; KIRWAN, E.; MCINTOSH, C. Prevalence and risk factors of painful diabetic neuropathy: a systematic review and meta-analysis. **Diabetes Research and Clinical Practice,** v. 222, 112099, 2025. DOI: 10.1016/j.diabres.2025.112099.

WANG, L.; LI, L.; LIU, J.; SHENG, C.; YANG, M.; HU, Z.; YUE, R. Associated factors and principal pathophysiological mechanisms of type 2 diabetes mellitus. **Frontiers in Endocrinology**, v. 16, 1499565, 2025. DOI: 10.3389/fendo.2025.1499565.

Agradecimentos

À FAPESP, pelo apoio financeiro e institucional. Processo nº 2023/15999-5.