

ARTIGO ORIGINAL

Aspectos da flexibilidade relacionados à diabetes mellitus e à obesidade em indivíduos entre 41 e 80 anos de idade

Aspects of flexibility related to diabetes mellitus and obesity in individuals between 41 and 80 years of age

Tiago de Oliveira Chaves^{1,2}, Christina Grüne de Souza e Silva¹, Carlos Vieira Duarte¹, Claudio Gil Soares de Araújo^{1,3}

¹*Clínica de Medicina do Exercício (CLINIMEX), Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

²*Programa de Pós-Graduação em Cardiologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

³*Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto do Coração Edson Saad, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

Recebido em: 10 de fevereiro de 2025; Aceito em: 20 de fevereiro de 2025.

Correspondência: Tiago de Oliveira Chaves, tiagochavesrj@gmail.com

Como citar

Chaves TO, Silva CGS, Duarte CV, Araújo CGS. Aspectos da flexibilidade relacionados à diabetes mellitus e à obesidade em indivíduos entre 41 e 80 anos de idade. Fisioter Bras. 2024;25(6):1820-1835. doi:[10.62827/fb.v25i6.1042](https://doi.org/10.62827/fb.v25i6.1042)

Resumo

Introdução: A flexibilidade é um componente da aptidão física relacionada à saúde e pode diminuir com a idade, com o sedentarismo e com doenças crônico-degenerativas. **Objetivo:** Comparou-se a flexibilidade e a variabilidade das suas medidas em indivíduos com idade entre 41 e 80 anos com ou sem obesidade e/ou diabetes *mellitus*. **Métodos:** 1069 indivíduos (71,7% homens) foram classificados em quatro grupos: não-diabéticos e não-obesos (N-DM/OB), obesos (OB), diabéticos (DM) e diabéticos-obesos (DM/OB). A flexibilidade foi avaliada pelo Flexiteste. Foi determinado o Flexíndice (FLX), um indicador global dos 20 movimentos que posteriormente foram expressos em percentis para idade e sexo (P-FLX). Foi avaliado os índices de variabilidade interarticular (IVIA) e intermovimento (IVIM). O primeiro permitiu avaliar a variabilidade entre a pontuação dos movimentos

das sete articulações e o segundo informou a variabilidade entre as pontuações dos 20 movimentos. Foram avaliados indicadores de gordura subcutânea global e por distribuição. **Resultados:** O P-FLX foi maior nos N-DM/OB (49[28-70]) do que DM (26[10-45]), OB (17[5-38]) e DM/OB (11[3-30]) ($p<0,01$) e a variabilidade na flexibilidade foi menor em N-DM/OB ($p<0,01$). A soma das dobras cutâneas foi menor nos grupos N-DM/OB (93,3 [78,3-114,9]) e DM (93,3 [74,6-117,4]) ($p<0,01$). A razão das dobras periféricas e centrais foi menor em N-DM/OB (1,45 [0,95-2,01]) do que OB (1,58 [1,21-2,06]), DM/OB (1,64 [1,24-2,32]) e DM (1,83 [1,29-2,35]) ($p<0,01$). **Conclusão:** Indivíduos entre 41 e 80 anos de idade com diabetes e/ou obesidade apresentaram níveis mais baixos de flexibilidade e uma maior variabilidade na mobilidade passiva entre as várias articulações e movimentos.

Palavras-chave: Síndrome metabólica; obesidade; exercício físico; estilo de vida.

Abstract

Introduction: Flexibility is a component of physical fitness and may decrease with age, sedentary lifestyle and chronic degenerative diseases. **Objective:** Compared flexibility and the variability of its measurements in individuals aged between 41 and 80 years with or without obesity and/or diabetes mellitus. **Methods:** 1069 individuals (71.7% men) were classified into four groups: non-diabetic and non-obese (N-DM/OB), obese (OB), diabetic (DM) and diabetic-obese (DM/OB). Flexibility was assessed by the Flexitest. The Flexindex (FLX) was determined, a global indicator of the 20 movements that were later expressed in percentiles for age and sex (P-FLX). The interarticular variability index (IVIA) and intermovement variability index (IVIM) were assessed. The first allowed the assessment of the variability between the scores of the movements of the seven joints and the second informed the variability between the scores of the 20 movements. Indicators of global and distributional subcutaneous fat were evaluated. **Results:** P-FLX was higher in N-DM/OB (49[28-70]) than DM (26[10-45]), OB (17[5-38]) and DM/OB (11[3-30]) ($p<0.01$) and variability in flexibility was lower in N-DM/OB ($p<0.01$). The sum of skinfolds was lower in the N-DM/OB (93.3 [78.3-114.9]) and DM (93.3 [74.6-117.4]) groups ($p<0.01$). The peripheral to central skinfold ratio was lower in N-DM/OB (1.45 [0.95-2.01]) than OB (1.58 [1.21-2.06]), DM/OB (1.64 [1.24-2.32]) and DM (1.83 [1.29-2.35]) ($p<0,01$). **Conclusion:** Individuals between 41 and 80 years of age with diabetes and/or obesity had lower levels of flexibility and greater variability in passive mobility between the various joints and movements.

Keywords: Metabolic syndrome; obesity; exercise; life style.

Introdução

Definida como a amplitude fisiológica passiva máxima de um dado movimento articular [1], a flexibilidade é um dos componentes não-aeróbicos da aptidão física [2] e é objeto de vários estudos científicos [3-6]. A flexibilidade influencia

na estabilidade postural, no equilíbrio [7] e contribui para a redução de limitações funcionais melhorando assim, as atividades da vida diária [8]. Desta forma, a fim de otimizar esse componente, a inclusão de exercícios que melhoram a

flexibilidade deve ser preconizada para indivíduos saudáveis [9], assim como, para aqueles com distintas condições clínicas tais como, diabetes *mellitus* [10] e obesidade [11, 12].

A flexibilidade pode variar de acordo com a idade e o sexo [13] e na presença de determinadas condições clínicas. Observa-se, que a hipermobilidade estaria associada a disfunções musculoesqueléticas, bem como a anormalidades em vários sistemas orgânicos em decorrência de alterações genéticas na composição do colágeno como, por exemplo, no prolapso da valva mitral [14]. Por outro lado, há redução da flexibilidade em indivíduos com obesidade, pelo aumento do tecido adiposo que dificulta o movimento de algumas articulações como, por exemplo, o complexo articular do ombro [15], assim como, no

diabetes, provavelmente em decorrência dos efeitos deletérios da hiperglicemia sobre as estruturas do tecido conjuntivo, tais como tendões e ligamentos [16].

Considerando que o aumento crescente na prevalência da obesidade e diabetes *mellitus* podem ser fatores adicionais para a redução da flexibilidade na população de meia-idade e idosa [17], parece ser relevante estudar os aspectos da flexibilidade nos indivíduos com essas duas condições clínicas, seja de forma separada ou em conjunto. Sendo assim, comparou-se a flexibilidade global, indicadores de variabilidade na mobilidade entre articulações e movimentos corporais e indicadores de gordura corporal global e por distribuição em indivíduos com idade entre 41 e 80 anos com e sem obesidade e/ou diabetes *mellitus*.

Métodos

Amostra

Em uma análise retrospectiva foram analisados dados de 3506 indivíduos submetidos voluntariamente a uma ampla avaliação clínica, cinemática e fisiológica – incluindo um teste cardiopulmonar de exercício descrito detalhadamente em outra publicação [18]. As avaliações foram realizadas entre janeiro de 2008 e março de 2016, em uma clínica privada de Medicina do Exercício e Esporte no Rio de Janeiro, com indivíduos majoritariamente de cor de pele branca e padrão socioeconômico alto.

Para esse estudo, foram incluídos todos os 1069 indivíduos (71% homens) que atenderam concomitantemente os seguintes critérios: a) idade entre 41 e 80 anos; b) dados disponíveis da avaliação da flexibilidade e das medidas de peso e altura; c) dados disponíveis da condição clínica e de uso de medicações que pudessem caracterizar o

diagnóstico de doença coronariana, hipertensão arterial e diabetes melito e d) não apresentar doenças ou limitações osteomioarticulares relevantes que pudessem ter interferido significativamente na avaliação da flexibilidade. Vale ressaltar, que o recorte de idade adotado não foi proposital. Em geral, os indivíduos que buscam uma avaliação ou programa de treinamento especializado na clínica são indivíduos de meia idade e idosos. Logo, foram selecionados dentro dessa faixa de idade os indivíduos que possuíam todas as informações disponíveis e necessárias para o presente exposto.

Revendo os prontuários eletrônicos, em particular para o uso regular de medicações específicas e diagnóstico clínico de diabetes *mellitus*, e com base no índice de massa corporal (IMC) – peso (kg)/altura (m²), os 1069 indivíduos foram então divididos em quatro grupos: 1- obesos (OB) – IMC maior ou igual a 30 kg/m² (N = 460); 2- diabéticos

(DM) (N = 205); 3 - diabéticos com obesidade (DM/OB) (N = 136) e 4 – não-diabéticos e não-obesos (N-DM/OB) (N = 268).

Dados antropométricos e clínicos

As medidas de peso e altura foram obtidas usando, respectivamente, uma balança de precisão (Welmy, modelo R/I W-200) e um estadiômetro, sendo utilizadas para o cálculo do IMC. Medidas de dobras cutâneas foram realizadas em seis sítios – tricipital, subescapular, suprailíaca, abdominal, coxa e perna medial – utilizando um compasso digital Skyindex. As resoluções das medidas antropométricas foram de 0,1 kg para peso, de 0,1 cm para altura e de 0,1 mm para dobras cutâneas.

Posteriormente, dois indicadores de gordura subcutânea foram calculados: a) global (DCG) obtido a partir da soma dos resultados das seis dobras cutâneas e b) distribuição (DCD), relativo à distribuição corporal - central ou periférica - obtido pela razão entre a soma dos resultados das três mais dobras cutâneas centrais – subescapular, suprailíaca e abdominal – e a soma dos resultados das três dobras cutâneas mais periféricas - tricipital, coxa e perna medial.

A partir das informações colhidas durante as anamneses e para uma melhor caracterização do perfil clínico dos indivíduos foram também identificados os que tinham diagnóstico de doença coronariana e de hipertensão arterial e aqueles que tinham se submetido a procedimentos de revascularização miocárdica. Adicionalmente, foram também analisados os dados relativos à tabagismo passado e atual.

Avaliação da flexibilidade (Flexiteste)

O Flexiteste é um método de avaliação da flexibilidade que analisa a mobilidade passiva máxima

de 20 movimentos em sete articulações (tornozelo, joelho, quadril, “tronco”, punho, cotovelo e ombro), sendo oito movimentos avaliados em membros inferiores, três no tronco e nove em membros superiores. A numeração dos movimentos é representada por algarismos romanos em um sentido distal-proximal, e os escores são atribuídos em uma escala crescente e descontínua de números inteiros de 0 a 4 [1]. A avaliação é realizada pela execução lenta de cada um dos movimentos pelo avaliador até a obtenção do ponto máximo da amplitude articular e em seguida comparada com os mapas de avaliação [19].

Em função da natureza da escala e pelo modo como foram propositalmente desenhados os mapas de avaliação, observa-se uma distribuição gaussiana dos resultados na população em geral, com tendência central igual a 2, sendo os resultados 1 e 3 menos frequentes e os extremos 0 e 4 ainda mais raros [1,19]. Neste estudo as avaliações de todos os indivíduos foram realizadas por apenas três indivíduos devidamente treinados e com longa experiência na aplicação do método. A sequência dos movimentos para a realização da avaliação era padronizada e os avaliados utilizaram roupas que não restringiam a mobilidade articular. Nos movimentos bilaterais, somente foram feitas medidas nas articulações do lado direito do corpo.

O Flexíndice (FLX), um indicador da flexibilidade global, é obtido a partir da soma dos resultados de cada um dos 20 movimentos articulares [1]. Com o intuito de permitir a comparação direta de indivíduos de sexos e idades distintas, todos os valores de FLX foram transformados em percentis (P-FLX), utilizando dados normativos para sexo e idade disponíveis na literatura [19] para uma população com características demográficas bastante similares.

Com o intuito de avaliar a especificidade das características da flexibilidade foram utilizados dois dos cinco índices de variabilidade articular originalmente propostos para o Flexiteste, exatamente aqueles que são independentes da idade, do sexo e da magnitude do somatório dos 20 escores que compõem o FLX [20]. O índice de variabilidade intermovimento (IVIM) informa a variabilidade existente entre as pontuações obtidas nos 20 movimentos avaliados e é calculado pelo desvio padrão das pontuações individuais dos 20 movimentos do Flexiteste. Os resultados do IVIM variam entre 0 e 2, raramente ultrapassando o 1. Já o índice de variabilidade interarticular (IVIA) permite avaliar a variabilidade entre a pontuação dos movimentos realizados para cada uma das sete articulações e é determinado inicialmente pelas médias das pontuações para cada uma das sete articulações, sendo a seguir calculado o desvio padrão entre essas médias.

Análise estatística

Para as variáveis demográficas e clínicas foram calculados os respectivos percentuais,

Resultados

Na amostra de 1069 indivíduos, 71,7% (766) eram homens e 28,3% (303) eram mulheres, com idades de (média e desvio-padrão), respectivamente, $59,2 \pm 10,8$ e $58,5 \pm 11,9$ anos. A obesidade, pelo critério antropométrico, obtido pelo IMC foi identificada em 57,1% dos homens e 52,3% das mulheres, enquanto 34% dos homens e 26,2% das mulheres tinham diagnóstico clínico de diabetes *mellitus*.

média e desvio-padrão para as variáveis estatura, massa corporal e IMC. Para as variáveis de flexibilidade que não atendiam aos critérios de normalidade (teste de Shapiro-Wilk), optou-se pela estatística não-paramétrica. A ANOVA Kruskal-Wallis foi utilizada para comparar os resultados de P-FLX, IVIM, IVIA, DCG e DCD e quando apropriado, aplicado o teste de Dunn para localizar diferenças intergrupos. O critério adotado para significância estatística foi de 5% sendo o valor ajustado para as comparações múltiplas. Todos os cálculos e figuras foram realizados no software *Prism 7.02* (*Graphpad*, Estados Unidos).

Considerações éticas

Todos os indivíduos submeteram-se voluntariamente à avaliação e leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes da avaliação. A análise retrospectiva dos dados foi previamente aprovada por um comitê institucional de ética em pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas de Juiz de Fora sob o número 18/2011 e está de acordo com a legislação do país.

Em cada um dos 20 movimentos do Flexiteste foram encontrados resultados entre 0 a 4, portanto para todos os escores possíveis, confirmando o amplo espectro de flexibilidade dos indivíduos do estudo. Os resultados (mediana [intervalo interquartis]) do P-FLX em homens e mulheres foram, respectivamente, 24 [7-45] e 27 [8-58] ($p > 0,07$). A descrição mais detalhada dos demais resultados das variáveis antropométricas, demográficas e clínicas para a amostra total e para cada um dos quatro grupos é apresentada nas Tabela 1.

Tabela 1 - Principais características demográficas, antropométricas e clínicas: amostra total e grupos

	Total	N-DM/OB	OB	DM	DM/OB	
N	1069	268	460	205	136	
Homens (%)	71,7	62,3	73,5	79	73,5	
Idade (anos)						
Mediana [P25-P75]	59 [50-67]	49 [44-45]	58 [51-67]	68 [61-74]	64 [57-71]	p <0,05
(Mínimo-Máximo)	(41-80)	(41-79)	(41-80)	(44-80)	(42-79)	
IMC (kg/m²)						
Mediana [P25-P75]	30,5 [26,5-33]	24,5 [22,8-26]	32,3 [31-34,5]	26,2 [24,3-28]	34,5 [31,7-37]	p <0,05
(Mínimo-Máximo)	(19,1-52,9)	(19,1-29,9)	(30-52,4)	(19,3-29,9)	(30,1-52,9)	
Tabagismo						
Fumantes atuais	6,1 %	4,7 %	6,3 %	6,8 %	7,4 %	
Ex- fumantes	51 %	36 %	52,6 %	61 %	59,6 %	
Nunca fumantes	42,9 %	59,3 %	41,1 %	32,2 %	33 %	
Condição clínica						
Hipertensão arterial	47,7 %	0 %	57,5 %	64,9 %	83 %	
Dislipidemia	61,5 %	36,2 %	64,8 %	78,5 %	74,3 %	
Doença coronária						
Diagnosticada	26,9 %	0 %	26,7 %	51,7 %	43,4 %	
Histórico de IAM	13 %	0%	11,1 %	27,8 %	22,8 %	
Histórico de CRM	9,4 %	0 %	7 %	23,9 %	14 %	
Histórico de ATPC	17,2 %	0 %	18,9 %	31,7 %	23,7 %	

*DM – diabetes melito, OB – obesidade; P25 e P75 – percentis 25 e 75, definindo intervalos interquartis; IMC – índice de massa corporal, IAM – infarto agudo do miocárdio, CRM – cirurgia de revascularização do miocárdio, ATPC – submetido a angioplastia transluminal percutânea.

Ao comparar os P-FLX (mediana [intervalo interquartil]) nos quatro grupos avaliados, os resultados encontrados foram maiores para N-DM/OB (49 [28-70]) ($p < 0,01$) - do que nos três outros grupos que incluíam portadores de diabetes e/ou obesidade, mostrando que a flexibilidade global era maior nos indivíduos que não apresentavam obesidade e/ou

diabetes melito. Na comparação entre esses três últimos grupos, observou-se que os P-FLX foram progressivamente menores para DM (26 [10-45]), OB (17 [5-38]) e, finalmente, DM/OB (11 [3-30]). O resultado apresentado pelo grupo DM foi maior do que os demais ($p < 0,05$), enquanto OB e DM/OB não diferiam entre si ($p > 0,05$) (Figura 1).

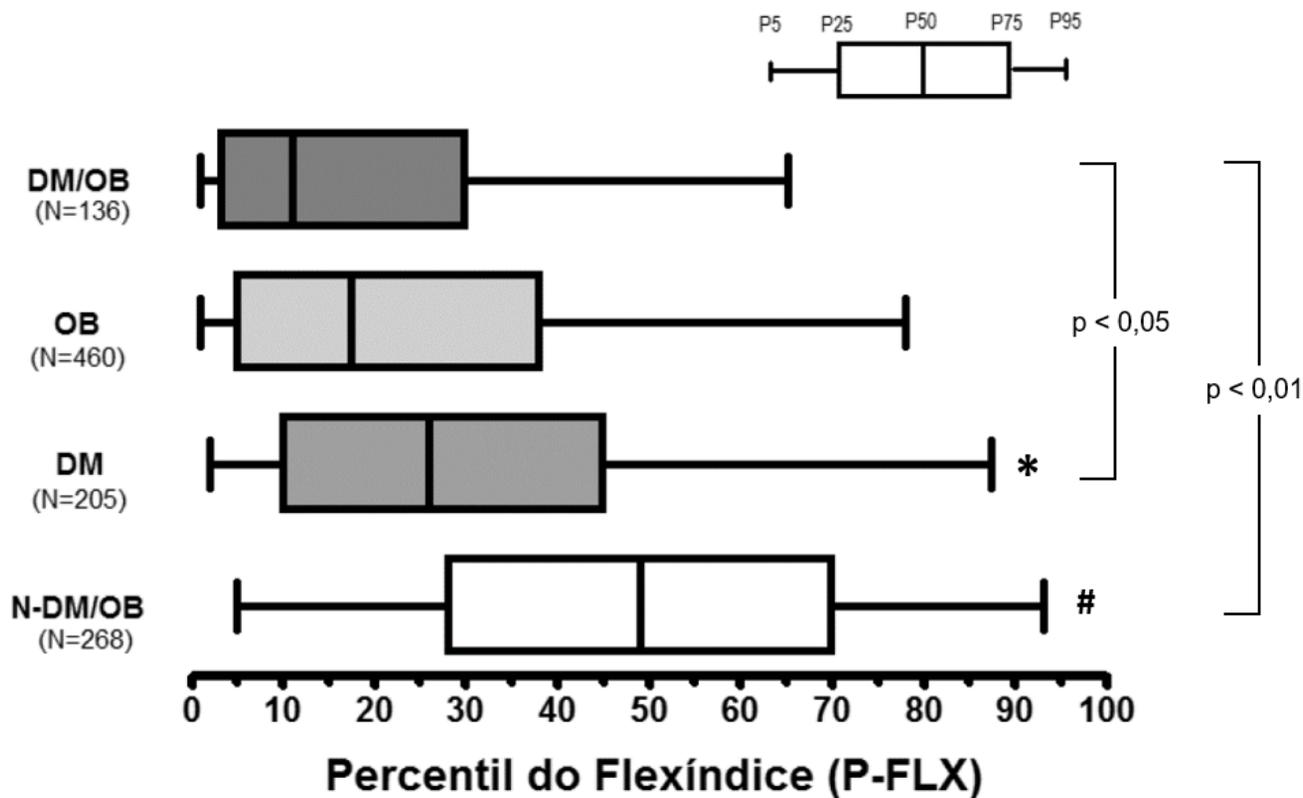


Figura 1 - Dados expressos em mediana e intervalos interquartis (N = 1069 indivíduos). Percentil do flexíndice (P-FLX) correspondente à idade e sexo para os quatro grupos: não-diabéticos e não-obesos (N-DM/OB), diabéticos (DM), obesos (OB) e diabéticos com obesidade (DM/OB). *Diferença significativa entre o grupo DM e os grupos OB e DM/OB. #Diferença significativa entre o grupo N-DM/OB e os demais grupos.

Em relação à variabilidade das medidas da flexibilidade nos 20 movimentos do Flexiteste apresentados por (mediana [intervalo interquartil]), o IVIM foi menor nos N-DM/OB (0,65 [0,57-0,73]) ($p < 0,01$), indicando resultados para os vinte movimentos do Flexiteste mais homogêneos. Não houve diferenças nos resultados entre os demais grupos - OB (0,73 [0,65-0,80]), DM (0,74 [0,66-0,81]) e DM/OB (0,75 [0,66-0,83]) ($p > 0,05$). Um padrão

similar também foi encontrado em relação ao IVIA. Apresentando resultado menor para os indivíduos sem diabetes e/ou obesidade (0,39 [0,32-0,50]) ($p < 0,01$), indicando também um comportamento mais homogêneos para as sete articulações do Flexiteste. Os demais grupos não apresentaram diferenças entre os resultados - OB (0,52 [0,41-0,61]), DM (0,54 [0,43-0,66]) ($p > 0,05$) e DM/OB (0,56 [0,43-0,69]) - ($p > 0,05$) (Figura 2 e 3).

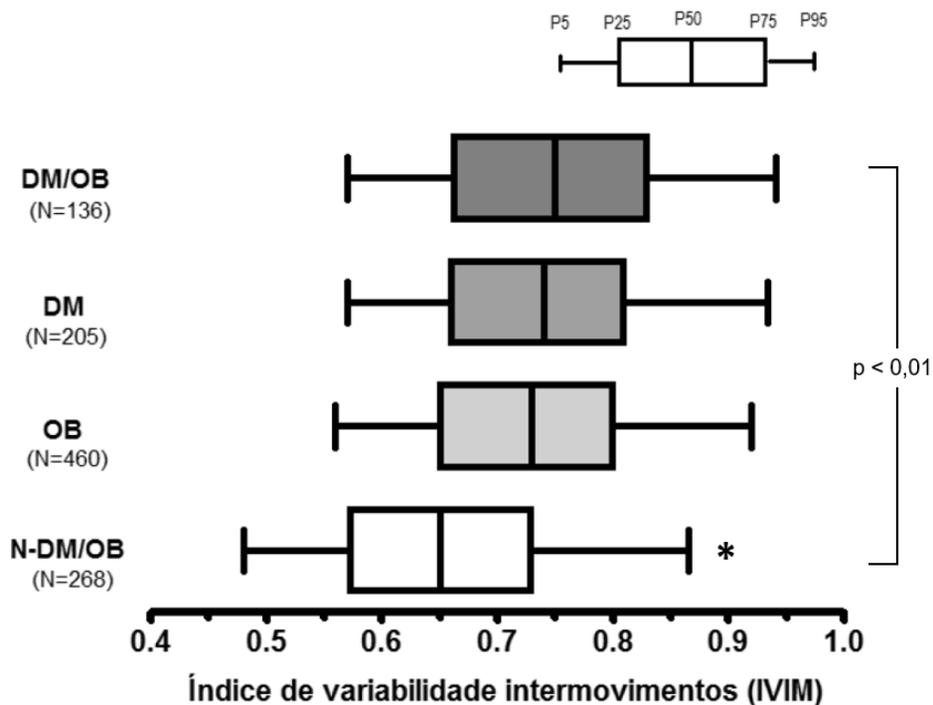


Figura 2 - Dados expressos em mediana e intervalos interquartis ($N = 1069$ indivíduos). Índice de variabilidade intermovimentos (IVIM) para os quatro grupos: não-diabéticos e não-obesos (N-DM/OB), diabéticos (DM), obesos (OB) e diabéticos com obesidade (DM/OB). *Diferença significativa entre o grupo N-DM/OB e os demais grupos.

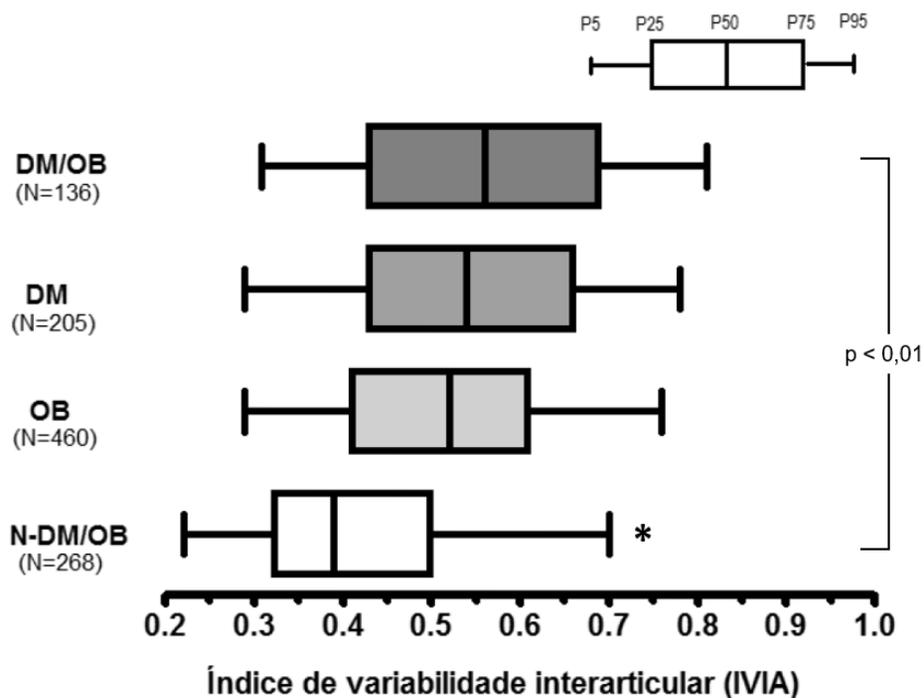


Figura 3 - Dados expressos em mediana e intervalos interquartis ($N = 1069$ indivíduos). Índice de variabilidade interarticular (IVIA) para os quatro grupos: não-diabéticos e não-obesos (N-DM/OB), diabéticos (DM), obesos (OB) e diabéticos com obesidade (DM/OB). *Diferença significativa entre o grupo N-DM/OB e os demais grupos.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) ao comparar a variável DCG (mm) entre os grupos que apresentavam obesidade – DM/OB (161,4 [122,4-195,0]) e OB (150,9 [124,5-186,3]). De forma similar, os dois grupos não-obesos quando confrontados também não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) – N-DM/OB (93,3 [78,3-114,9]) e DM (93,3 [74,6-117,4]). Todavia, quando foram confrontados os grupos que não apresentavam obesidade com os não-obesos, houve diferença significativa ($p < 0,01$).

Quanto à variável DCD foram encontrados valores inferiores para o grupo N-DM/OB (1,45 [0,95-2,01]) ($p < 0,01$), em comparação com os demais grupos dos quais incluíam indivíduos com diabetes *mellitus* e/ou obesidade. Por fim, ao comparar os grupos – OB (1,58 [1,21-2,06]), DM/OB (1,64 [1,24-2,32]) e DM (1,83 [1,29-2,35]), observou-se resultados superiores nos grupos que incluíam diabéticos, com diferença significativa apenas entre o grupo OB e DM ($p < 0,02$). (Figuras 4 e 5).

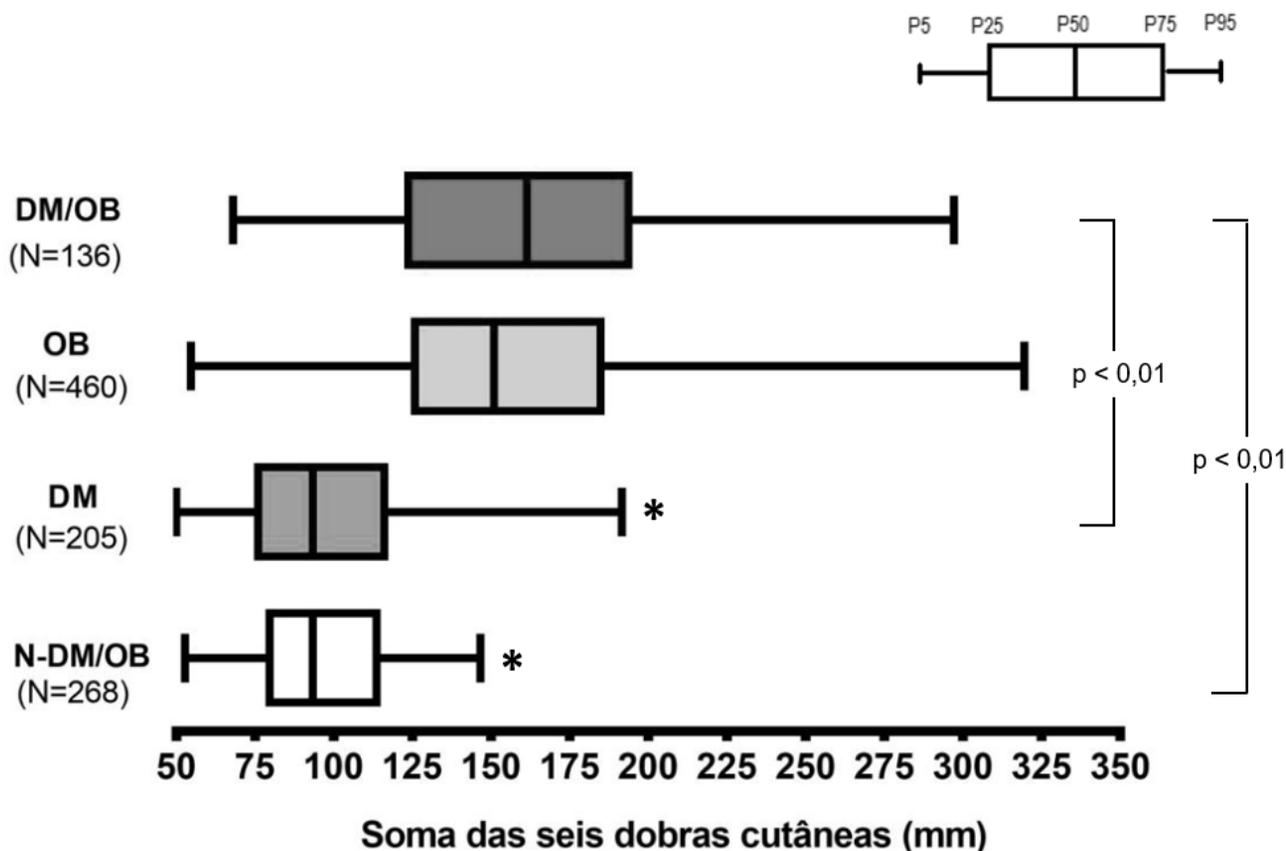


Figura 4 - Soma das seis dobras cutâneas (mm) para os quatro grupos: não-diabéticos e não-obesos (N-DM/OB), diabéticos (DM), obesos (OB) e diabéticos com obesidade (DM/OB) (N = 1069 indivíduos). *Diferença significativa entre o grupo N-DM/OB e os grupos OB e DM/OB. *Diferença significativa entre o grupo DM e os grupos OB e DM/OB.

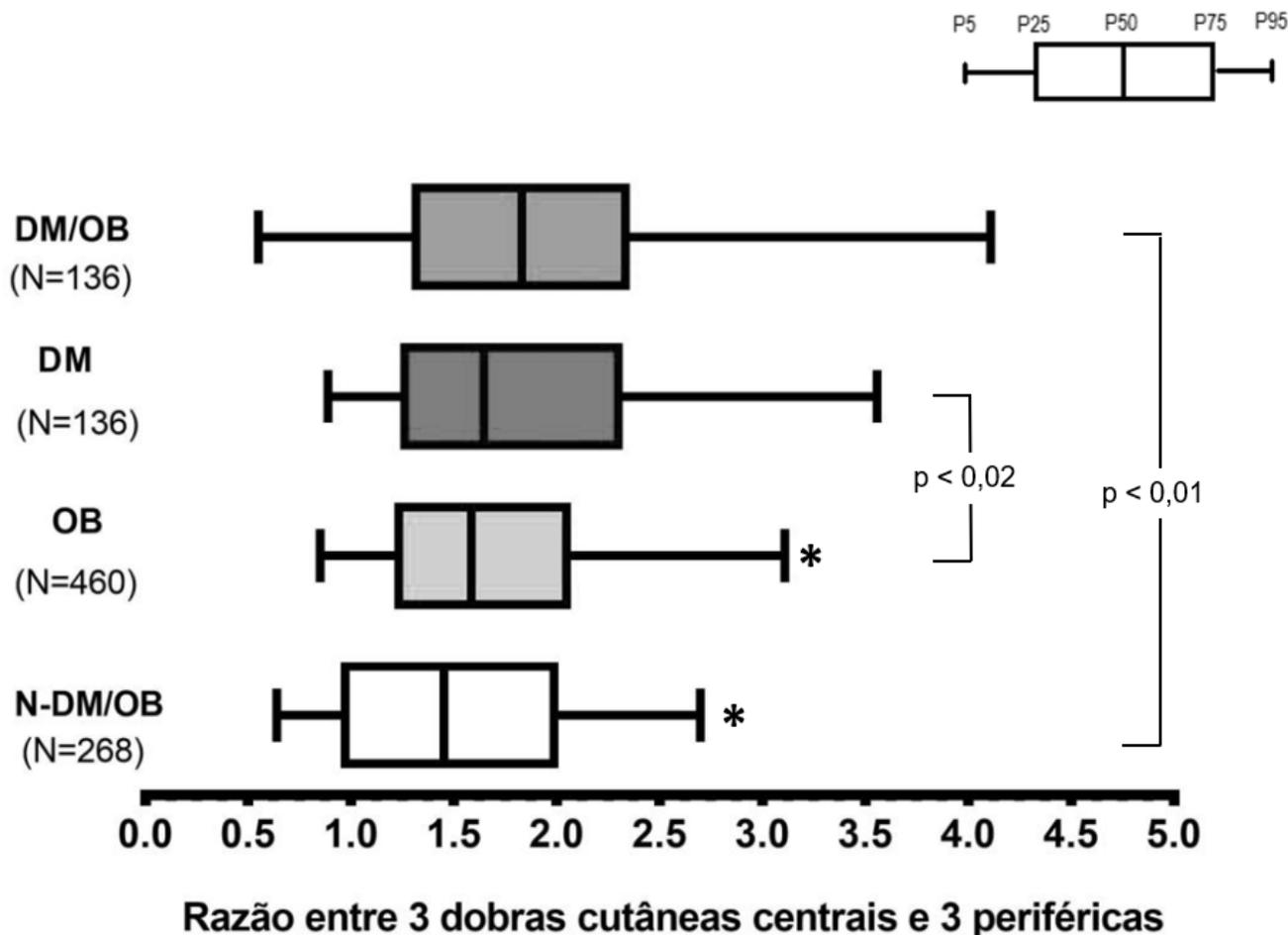


Figura 5 - Distribuição das dobras cutâneas expressa pela razão entre a soma das três dobras cutâneas centrais e das três dobras cutâneas periféricas para os quatro grupos: não-diabéticos e não-obesos (N-DM/OB), diabéticos (DM), obesos (OB) e diabéticos com obesidade (DM/OB) (N = 1069 indivíduos). *Diferença significativa entre o grupo N-DM/OB e os demais grupos. *Diferença significativa entre o grupo DM e o grupo OB.

Discussão

O estudo comparou a flexibilidade global e a variabilidade entre os movimentos e as articulações nas 20 medidas do Flexiteste em 1069 homens e mulheres com idade entre 41 e 80 anos divididos em quatro grupos, de acordo com a presença e/ou ausência de diabetes melito e obesidade. Os achados constataram que na presença de obesidade e de diabetes *mellitus*, seja de forma isolada ou em conjunto, tanto os indicadores de flexibilidade, assim como, os índices

de variabilidade apresentaram resultados desfavoráveis quando comparados a indivíduos sem essas condições clínicas.

Em relação aos índices de variabilidade da flexibilidade observou-se resultados menores tanto para os IVIM como para os IVIA nos indivíduos não-obesos e não-diabéticos, sem diferenças significativas nos resultados dos outros grupos de diabéticos e/ou obesos. Indicando que os indivíduos com a presença dessas condições

clínicas apresentaram um perfil mais heterogêneo das medidas de flexibilidade para os diferentes movimentos e articulações. Desta forma, podemos inferir que para alguns movimentos e em algumas das sete articulações avaliadas nos indivíduos com idade entre 41 e 80 anos com e sem obesidade e/ou diabetes *mellitus* a indicação era de hipomobilidade. Todavia, infelizmente, considerando o fato de que a amostra incluía homens e mulheres com uma ampla faixa etária, não foi possível determinar de forma tão objetiva através dos escores do Flexiteste (comparados para idade e sexo), quais foram as articulações e os movimentos articulares em que essas diferenças seriam mais pronunciadas [21, 22].

Os poucos estudos anteriores que compararam a flexibilidade entre diabéticos e indivíduos sem essa doença reportaram redução deste componente não-aeróbico da aptidão física. A mobilidade do tornozelo tende a estar reduzida em diabéticos, com ou sem neuropatia periférica, podendo acarretar prejuízos na marcha [23,24]. Rajendran e col. [25]), Mustafa e col. [26] e Chen e col. [21] observaram ainda que diabéticos apresentavam maior prevalência de alterações dos tecidos moles das mãos com consequente redução da mobilidade nas articulações dessa região. Entretanto, em nenhum destes estudos que avaliaram a flexibilidade em diabéticos foi analisada uma possível influência da obesidade isolada, assim como, não houve uma avaliação mais global da flexibilidade ou ainda do perfil de variabilidade da mobilidade passiva nas diferentes articulações e/ou movimentos, comprometendo a interpretação mais objetiva desses estudos com os resultados do presente exposto.

O impacto da obesidade sobre a flexibilidade foi objeto de alguns estudos anteriores. Butterworth e col. [27] compararam indivíduos obesos e

não-obesos em relação aos padrões de carga plantar, flexibilidade desta estrutura e a velocidade de caminhada, tendo observado que os obesos possuíam menor flexibilidade para os movimentos de inversão-eversão e maiores dificuldades de caminhada. Belczak e col. [28] sugeriram uma redução da mobilidade em alguns movimentos dos membros inferiores em indivíduos obesos, enquanto Gilleard e Smith [29], ao analisarem o deslocamento angular do segmento torácico e a amplitude do movimento da coluna toracolombar nas posições sentada e em pé verificaram ser significativamente reduzidas em mulheres obesas. Em outro estudo, Ruopeng e col. [30] observaram que obesos de ambos os sexos, tanto de meia idade quanto idosos, apresentavam maior limitação funcional em relação aos indivíduos não-obesos.

Em uma análise robusta da amplitude de vários movimentos articulares, Park e col. [15] compararam indivíduos obesos e não-obesos e os resultados encontrados indicaram que os indivíduos obesos apresentaram redução na flexibilidade em nove movimentos dos 30 avaliados, especialmente no complexo articular do ombro. Em outro estudo de Dowd e col. [22] ficou evidente que o aumento da adiposidade corporal estava associado a maiores dificuldades na execução de atividades da vida diária. Desse modo e corroborando com os dados supracitados, podemos inferir que o excesso de tecido adiposo apresentado nos indivíduos com obesidade resultou em maiores restrições na mobilidade articular dos indivíduos avaliados pelo Flexiteste, piores resultados na flexibilidade global e maior variabilidade nos escores dos 20 movimentos do Flexiteste em comparação aos avaliados que não apresentavam tal condição.

Estudos anteriores [23-30] disponíveis na literatura que avaliaram a flexibilidade em diabéticos e obesos, não se preocuparam em analisar

separadamente e em conjunto o eventual papel dessas condições clínicas sobre a flexibilidade. Em contrapartida, e de forma original, o presente estudo, ao considerar quatro grupos com características clínicas distintas, permitiu comparar a flexibilidade em homens e mulheres com uma ampla faixa etária com e sem diabetes *mellitus* e/ou obesidade. Além disso, diferentemente de outros estudos realizados com diabéticos ou obesos [23, 24, 27, 28], a avaliação da flexibilidade foi obtida por um método adimensional global [1] o qual foi tema central de estudos anteriores [3,4-11,13-31,32]. O FLX também possui os respectivos percentis (P-FLX) já devidamente comparados por idade e sexo, que foram obtidos de uma ampla base de dados de uma população com características demográficas similares [19]. Outro aspecto importante do presente estudo foi a comparação dos índices de variabilidade – IVIM e IVIA - das medidas de flexibilidade que permitiram analisar o perfil de variação nos escores para os 20 movimentos articulares e para as sete articulações que compõem o Flexiteste.

Os indicadores de gordura subcutânea global e por distribuição permitiram compreender um pouco mais as características da flexibilidade dos indivíduos com e/ou sem diabetes *mellitus* e obesidade, o que seria muito difícil apenas com os dados de IMC isolado. Como esperado, a soma das seis dobras cutâneas foi superior nos indivíduos obesos com ou sem diabetes. Os indivíduos com DM e os N-DM/OB apresentaram valores praticamente idênticos no somatório das seis dobras cutâneas. Por outro lado, é interessante destacar que os indivíduos com DM tinham um IMC maior do que os indivíduos N-DM/OB. Após analisar os dados de distribuição das dobras, os indivíduos N-DM/OB apresentaram valores inferiores em relação aos demais grupos, enquanto os diabéticos com ou sem obesidade se diferenciaram por

valores superiores. Estes resultados sugerem um padrão específico e predominantemente central de distribuição da gordura subcutânea para os indivíduos com diabetes *mellitus*. O que poderia novamente, contribuir para uma limitação mecânica específica na amplitude máxima de alguns movimentos articulares e resultar em uma menor flexibilidade e em uma maior variabilidade dos escores obtidos nos 20 movimentos articulares avaliados pelo Flexiteste.

É oportuno destacar alguns aspectos positivos desse estudo. Primeiramente, o instrumento utilizado para a avaliação da flexibilidade, o Flexiteste, criado na década de 70 foi bastante utilizado em outras publicações desse e de outros grupos de pesquisa [32-38], devido à sua facilidade de execução, ausência de necessidade de equipamentos e a objetividade e confiabilidade de suas medidas. Já a utilização do P-FLX permitiu comparar os indivíduos independentemente da idade e sexo [19], controlando assim estas duas importantes variáveis intervenientes. A utilização de dois índices de variabilidade da flexibilidade cujos resultados não são influenciados por idade, sexo ou a própria magnitude da flexibilidade também pareceu oportuna, uma vez que a variável flexibilidade reconhecidamente possui alta especificidade para os diferentes movimentos dentre as possíveis articulações em um mesmo indivíduo. Desta forma, resultados similares no FLX podem advir de diferentes combinações dos resultados individuais das 20 medidas de mobilidade passiva incluídas no Flexiteste.

Considerando que os dados foram extraídos de forma retrospectiva, não houve influência do conhecimento da condição clínica sobre os resultados da avaliação e ainda foi possível, através das outras informações obtidas durante a anamnese e a avaliação antropométrica, dispor de outros dados

que contribuíram para uma melhor caracterização dos grupos, o que é potencialmente relevante quando se pretende considerar a questão da validade externa e, conseqüente, aplicabilidade dos nossos resultados para outras populações de diabéticos e/ou obesos. Por último, destaca-se o fato do total de 21380 medidas de flexibilidade passiva (20 movimentos articulares em 1069 indivíduos) terem sido realizadas por apenas três profissionais altamente treinados, seguindo o mesmo protocolo de coleta de dados, em uma ampla amostra de indivíduos selecionada e classificada em grupos com critérios bem definidos de inclusão.

Conclusão

Indivíduos entre 41 e 80 anos de idade com diabetes e/ou obesidade apresentaram níveis mais baixos de flexibilidade e uma maior variabilidade na mobilidade passiva entre as várias articulações e seus respectivos movimentos. Os indicadores de gordura subcutânea global e por distribuição permitiram compreender um pouco mais as características da flexibilidade dos indivíduos com e/ou sem diabetes *mellitus* e obesidade. Novos estudos são necessários para melhor esclarecimento dos possíveis mecanismos fisiológicos que permitam uma melhor compreensão dos resultados encontrados no presente estudo. Esses dados poderão gerar subsídios relevantes para uma prescrição mais específica e mais cientificamente embasada

No entanto, algumas limitações merecem ser destacadas. A primeira e mais importante é a natureza retrospectiva e transversal do estudo, impedindo, por exemplo, conhecer exatamente o tempo existente entre a ocorrência ou diagnóstico da condição clínica – obesidade e/ou diabetes melito – e a realização das avaliações antropométrica e da flexibilidade. Adicionalmente, não se procurou avaliar uma possível influência da obesidade e da diabetes *mellitus* específica sobre a flexibilidade de determinados movimentos articulares, o que seria inviável diante da ampla faixa de idade contemplada no estudo.

dos exercícios de flexibilidade para obesos, diabéticos e diabéticos obesos.

Fontes de financiamento

CNPq e FAPERJ.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse de qualquer natureza.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho do estudo: Chaves TO, Araújo CGS; Análise e interpretação dos dados: Chaves TO, Silva CGS, Duarte CV, Araújo CGS; Análise estatística e redação do manuscrito: Chaves TO, Silva CGS, Duarte CV, Araújo CGS; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Chaves TO, Silva CGS, Duarte CV, Araújo CGS.

Referências

1. Araújo CG. Flexitest: an innovative flexibility assessment method. 1st edn. Human Kinetics, Champaign; 2003.
2. Araújo CG. Componentes aeróbicos e não-aeróbicos da aptidão física: fatores de risco para mortalidade por todas as causas. Rev Factores Risco. 2015;35(1-3):36-42.

3. Brito LB, Araújo DS, Araújo CG. Does flexibility influence the ability to sit and rise from the floor? *Am J Phys Med Rehabil.* 2013;92(3):241-47. doi: 10.1097/PHM.0b013e3182744203.
4. Chaves TO, Balassiano DH, Araújo CG. Influência do hábito de exercício na infância e adolescência na flexibilidade de adultos sedentários. *Rev Bras Med do Esporte.* 2016;22(4):256-60. doi: <https://doi.org/10.1590/1517-869220162204159118>.
5. Fidelis LT, Lislei JP, Walsh IA. Influence of physical exercise on the flexibility, hand muscle strength and functional mobility in the elderly. *Rev Bras Geriatr Gerontol.* 2013;16(1):109-116. doi: <https://doi.org/10.1590/S1809-98232013000100011>.
6. McKay MJ, Baldwin JN, Ferreira P, Simic M, Vanicek N, Burns J. Normative reference values for strength and flexibility of 1,000 children and adults. *Neurology.* 2017;88(1):36-43. doi: 10.1212/WNL.0000000000003466.
7. Costa PB, Graves BS, Whitehurst M, Jacobs PL. The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):141-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e31818eb052.
8. Paterson DH, Warburton DE. Physical activity and functional limitations in older adults: a systematic review related to Canada's Physical Activity Guidelines. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2010;7(38):1-22. doi: 10.1186/1479-5868-7-38.
9. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf.
10. Nelson AG, Kokkonen J, Arnall DA. Twenty minutes of passive stretching lowers glucose levels in an at-risk population: an experimental study. *J Physiother.* 2011;57(3):173-8. doi: 10.1016/S1836-9553(11)70038-8.
11. Santos ZA, Ribeiro R. Efeito do exercício físico na melhora do grau de flexibilidade na articulação dos joelhos em obesos exercitados comparados com obesos sedentários. *RBONE.* 2016;10(55):20-4.
12. Patient information: Obesity and exercise. *Cleve Clin J Med.* 2016;83(2): 151. doi: <https://doi.org/10.3949/ccjm.83pe.02001>.
13. Medeiros HB, Araújo DS, Araújo CG. Age-related mobility loss is joint-specific: an analysis from 6,000 Flexitest results. *Age.* 2013;35(6):2399-407. doi: 10.1007/s11357-013-9525-z.
14. Araújo CG, Chaves CP. Adult women with mitral valve prolapse are more flexible. *Br J Sports Med.* 2005;39(10):720-4. doi: 10.1136/bjism.2004.014324.
15. Park W, Ramachandran J, Weisman P, Jung ES. Obesity effect on male active joint range of motion. *Ergonomics.* 2010;53(1):102-8. doi: 10.1080/00140130903311617.
16. Abate M, Schiavone C, Pelotti P, Salini V. Limited joint mobility (LJM) in elderly subjects with type II diabetes mellitus. *Arch Gerontol Geriatr.* 2011;53(2):135-40. doi: 10.1016/j.archger.2010.09.01.
17. Bhupathiraju SN, Hu F. B. Epidemiology of obesity and diabetes and their cardiovascular complications. *Circ Res.* 2016;118(11):1723-35. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.115.306825.

18. Ramos PS, Sardinha A, Nardi AE, Araujo CG. Cardiorespiratory optimal point: a submaximal exercise variable to assess panic disorder patients. *PLoS One*. 2014;9(8):1-7. doi: 10.1371/journal.pone.0104932.
19. Araújo CG. Flexibility assessment: normative values for flexitest from 5 to 91 years of age. *Arq Bras Cardiol*. 2008;90(4):257-63. doi: 10.1590/s0066-782x2008000400008.
20. Araújo CG. Flexitest: proposal of five variability indices for joint mobility. *Rev Bras Med Esporte*. 2002;8(1):13-9. doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922002000100003>.
21. Chen LH, Li CY, et al. Risk of hand syndromes in patients with diabetes mellitus: a population-based cohort study in Taiwan. *Medicine*. 2015;94(41):1-5. doi: 10.1097/MD.0000000000001575.
22. Dowd JB, Zajacova A. Long-term obesity and physical functioning in older Americans. *Int J Obes*. 2015;39(3):502-7. doi: 10.1038/ijo.2014.150.
23. Deschamps KG, Matricali GA, Roosen P, Nobels F, Tits J, Desloovere K, et al. Comparison of foot segmental mobility and coupling during gait between patients with diabetes mellitus with and without neuropathy and adults without diabetes. *Clin Biomech*. 2013;28(7):813-9. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.06.008.
24. Cronin NJ, Peltonen J, Ishikawa M, Komi PV, Avela J, Sinkjaer T, et al. Achilles tendon length changes during walking in long-term diabetes patients. *Clin Biomech*. 2010;25(5):476-82. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2010.01.018.
25. Rajendran RS, Bhansali A, Walia R, Dutta P, Bansal V, Shanmugasundar G. Prevalence and pattern of hand soft-tissue changes in type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab*. 2011;37(4):312-7. doi: 10.1016/j.diabet.2010.09.008.
26. Mustafa KN, Khader YS, Bsoul AK, Ajlouni K. Musculoskeletal disorders of the hand in type 2 diabetes mellitus: prevalence and its associated factors. *Int J Rheum Dis*. 2016;19(7):730-5. doi: 10.1111/1756-185X.12617.
27. Butterworth PA, Urquhart DM, Landorf KB, Wluka AE, Cicuttini FM, Menz HB. Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. *Gait Posture*. 2015;41(2):465-9. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.11.010.
28. Belczak CE, Godoy JM, Belczak SQ, Ramos RN, Caffaro RA. Obesity and worsening of chronic venous disease and joint mobility. *Phlebology*. 2014;29(8):500-4. doi: 10.1177/0268355513492510.
29. Gilleard W, Smith T. Effect of obesity on posture and hip joint moments during a standing task, and trunk forward flexion motion. *Int J Obes*. 2007;31(2):267-71. doi: 10.1038/sj.ijo.0803430.
30. An R, Shi Y. Body weight status and onset of functional limitations in U.S. middle-aged and older adults. *Disabil Health J*. 2015;8(3):336-44. DOI: 10.1016/j.dhjo.2015.02.003.
31. Farinatti P, Rubini EC, Silva EB, Vanfraechem JH. Flexibility of the elderly after one-year practice of yoga and calisthenics. *Int J Yoga Therap*. 2014;24(10):71-7. doi:10.17761/ijyt.24.1.5003007856u32q52.
32. Almeida MB, Santos MO. Aspects of flexibility of women with fibromyalgia syndrome. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2015;17(2):238-47. doi: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n2p238>.

33. Coelho CW, Araújo CG. Relação entre aumento da flexibilidade e facilitações na execução de ações cotidianas em adultos participantes de programa de exercício supervisionado. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2000;2(1):31-41. doi: <https://doi.org/10.1590/%25x>.
34. Signorelli GR, Duarte CV, Ramos PS, Araújo CG. Melhoria da capacidade funcional excede a da condição aeróbica: dados de 144 pacientes de programa de exercício. Rev Bras Cardiol. 2012;25(4):299-308.
35. Silva LP, Palma A, Araújo CG. Validade da percepção subjetiva na avaliação da flexibilidade de adultos. Rev Bras Cien e Mov. 2000;8(3):15-20. doi: <https://doi.org/10.18511/rbcm.v8i3.364>.
36. Signorelli GR, Perim RR, Santos TM, Araújo CG. A pre-season comparison of aerobic fitness and flexibility of younger and older professional soccer players. Int J Sports Med. 2012;33(11):867-72. doi: 10.1055/s-0032-1311597.
37. Farinatti PTV, Araújo CGS, Vanfraechem JHP. Influence of passive flexibility on the ease for swimming learning in pre-pubescent and pubescent children. Science et Motricité. 1997;31:16-20.
38. Araujo DS, Araujo CG. Bodily self-perception of health-related physical fitness variables. Rev Bras Med Esporte. 2002;8(2):37-49.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.