

Correlação entre o equilíbrio sagital espinopélvico e a presença de fraturas vertebrais em mulheres na pós-menopausa

Correlation between spinopelvic sagittal balance and vertebral fractures in postmenopausal women

Leonor Garbin Savarese^{1,a}, Otávio Takassi Moritsugu^{1,b}, Luciana Mendes Cangussu Oliveira^{1,c}, Daniela Cristina Carvalho de Abreu^{1,d}, Francisco José Albuquerque de Paula^{1,e}, Marcello Henrique Nogueira-Barbosa^{1,f}

1. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Correspondência: Dra. Leonor Garbin Savarese. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo. Avenida Bandeirantes, 3900, Campus da USP. Ribeirão Preto, SP, Brasil, 14049-090. E-mail: lsavarese@hcrp.usp.br.

a. <https://orcid.org/0000-0002-1372-9162>; b. <https://orcid.org/0009-0006-6723-4508>; c. <https://orcid.org/0000-0003-2259-4172>;

d. <https://orcid.org/0000-0003-4681-2613>; e. <https://orcid.org/0000-0003-1262-3486>; f. <https://orcid.org/0000-0002-7436-5315>.

Submetido em 23/3/2025. Revisado em 5/5/2025. Aceito em 30/6/2025.

Como citar este artigo:

Savarese LG, Moritsugu OT, Oliveira LMC, Abreu DCC, Paula FJA, Nogueira-Barbosa MH. Correlação entre o equilíbrio sagital espinopélvico e a presença de fraturas vertebrais em mulheres na pós-menopausa. Radiol Bras. 2025;58:e20250037.

Resumo **Objetivo:** Investigar a relação entre o alinhamento espinopélvico e a presença de fraturas vertebrais em mulheres com osteopenia na pós-menopausa.

Materiais e Métodos: Entre junho de 2017 e março de 2018, 93 pacientes do sexo feminino que receberam diagnóstico de osteopenia ou osteoporose no exame de densitometria foram incluídas neste estudo transversal retrospectivo. Os parâmetros espinopélvicos incidência pélvica (IP), versão pélvica (VP), inclinação sacral (IS), eixo vertical sagital (EVS), versão global (VG), ângulo espinossacral (ASS), ângulo T1 pélvico (ATP), lordose lombar (LL) e cifose torácica (CT) foram mensurados nas radiografias panorâmicas da coluna e pelve com a paciente na posição ortostática utilizando o *software* Surgimap. Os parâmetros espinopélvicos foram relacionados com a ocorrência de fratura estimando-se as razões de prevalência. Foi realizada comparação dos grupos (presença e ausência de fratura) quanto aos parâmetros espinopélvicos. As fraturas vertebrais foram graduadas segundo a classificação de Genant, e o índice de deformidade espinhal (IDE) foi calculado como a soma dos graus. O IDE foi relacionado com os parâmetros espinopélvicos. A reprodutibilidade da mensuração dos parâmetros espinopélvicos foi avaliada.

Resultados: Foi observada correlação significativa entre os valores da VG e a presença de fraturas, em que a cada aumento de 1 grau na VG a prevalência de fratura vertebral aumentou, em média, 2,1%. Não foi encontrada correlação entre os parâmetros espinopélvicos IS, VP, IP, LL, CT, EVS e ASS e a presença de fraturas. A comparação dos grupos com e sem fratura demonstrou diferença estatisticamente significativa em relação ao parâmetro VG, que foi mais alto no grupo com fratura. O IDE se correlacionou significativamente com o alinhamento sagital global, mensurado pela VG.

Conclusão: Mulheres com maior VG apresentaram maior prevalência de fraturas. O IDE se correlacionou significativamente com o alinhamento sagital global, mensurado pela VG.

Unitermos: Coluna vertebral; Radiografia; Fraturas da coluna vertebral; Osteoporose.

Abstract **Objective:** To investigate the relationship between spinopelvic alignment and vertebral fracture in postmenopausal women with osteoporosis.

Materials and Methods: This was a retrospective cross-sectional study including 93 women diagnosed with osteopenia or osteoporosis by densitometry between June 2017 and March 2018. Using the software Surgimap to analyze lateral X-rays of the spine and pelvis, we measured the following spinopelvic parameters: pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), sacral slope (SS), sagittal vertical axis (SVA), global tilt (GT), spinosacral angle (SSA), T1 pelvic angle (TPA), lumbar lordosis (LL), and thoracic kyphosis (TK). The spinopelvic parameters were assessed in relation to fracture occurrence by estimating prevalence ratios. Two groups (patients with and without fractures) were compared on the basis of their spinopelvic parameters. Vertebral fractures were graded by the Genant classification, and the spinal deformity index (SDI) was calculated as the sum of the grades. The SDI was found to correlate with spinopelvic parameters. Intraobserver and interobserver reliability for the measurement of the spinopelvic parameters was evaluated.

Results: The GT correlated significantly with the presence of fractures; the incidence of fracture was found to increase by 2.1% for every 1-degree increase in the GT. The presence of fractures was not found to correlate significantly with the SS, PT, PI, LL, TK, SVA, or SSA. The GT was significantly greater in the group with fractures than in the group without fractures. The SDI correlated significantly with global sagittal balance, as measured by the GT.

Conclusion: Fractures seem to be more prevalent among women with a higher GT. The SDI appears to correlate well with global sagittal balance, as assessed by the GT.

Keywords: Spine; Radiography; Spinal fractures; Osteoporosis.

INTRODUÇÃO

A osteoporose é um importante problema de saúde pública, caracterizado pela redução da massa e da resistência óssea, resultando em fragilidade esquelética e aumento do risco de fraturas, especialmente em regiões como quadril, punho e coluna vertebral⁽¹⁾. A fratura vertebral frequentemente constitui a primeira manifestação de fragilidade óssea, estando associada a deformidades na coluna, dor lombar crônica e um declínio significativo na qualidade de vida relacionada à saúde⁽²⁾.

Dado o impacto físico, psicossocial e de saúde pública dessas fraturas, torna-se essencial identificar pacientes osteoporóticos com alto risco de desenvolvê-las⁽³⁾. A ocorrência de uma fratura vertebral aumenta consideravelmente a probabilidade de novas fraturas, com mulheres acima de 50 anos representando o grupo de maior risco⁽⁴⁾. Embora a avaliação do risco de fraturas vertebrais tenha historicamente se baseado na densidade mineral óssea (DMO), evidências apontam que esta, isoladamente, é insuficiente para prever completamente o risco dessas fraturas⁽⁵⁾.

Nos últimos anos, a relação entre o alinhamento sagital da coluna e as fraturas por fragilidade óssea tem recebido atenção crescente⁽⁶⁻⁸⁾. Estudos demonstraram que pacientes com osteoporose frequentemente apresentam desalinhamento sagital quando comparados a indivíduos sem a doença⁽⁹⁾. Verificou-se também que a presença de fraturas vertebrais pode alterar o equilíbrio sagital da coluna, desempenhando um papel importante no aparecimento de novas fraturas⁽¹⁰⁾. Com o envelhecimento, a cifose torácica tende a aumentar, ocasionando uma inclinação anterior do tronco⁽¹¹⁾. A pelve frequentemente compensa essa postura por meio da retroversão, mas pacientes incapazes de realizar essa compensação enfrentam desequilíbrios que, além de aumentar o risco de quedas, contribuem para o surgimento de novas fraturas osteoporóticas⁽¹²⁾. O desalinhamento sagital da coluna vertebral em pacientes com osteoporose tem sido identificado como um fator de risco independente para fraturas vertebrais subsequentes⁽¹³⁾. Apesar disso, ainda são escassos os estudos voltados para a influência das fraturas vertebrais no equilíbrio sagital global, especialmente em mulheres na pós-menopausa.

Hipotetizamos que alterações no alinhamento sagital possam servir como um indicador prognóstico relevante para o risco de fraturas vertebrais em pacientes com osteopenia ou osteoporose. Assim, o objetivo deste estudo é investigar a relação entre o alinhamento sagital da coluna e a presença de fraturas vertebrais em mulheres na pós-menopausa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Casuística

Entre junho de 2017 e março de 2018, 93 pacientes foram incluídos neste estudo transversal retrospectivo. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da instituição e houve dispensa do termo de consentimento. Os critérios de

inclusão constituíram em: mulheres com idade acima de 50 anos e que apresentaram valor de T-score da DMO na coluna lombar menor que $-1,0$ DP, com capacidade de caminhar, sentar e levantar-se sem dispositivo de auxílio. Os critérios de exclusão constituíram em: doenças graves cardiovasculares ou pulmonares; insuficiência renal e hepática; diabetes mellitus tipo 2 não controlada; perda óssea secundária a outras doenças (artrite reumatoide, osteomalácia ou osteogênese imperfeita); distúrbios neurológicos (Parkinson e Alzheimer); cirurgia prévia da coluna ou quadril; técnica inadequada da radiografia. Do total de 153 pacientes avaliadas, 32 foram excluídas por apresentarem perda óssea secundária (artrite reumatoide em 7 e osteogênese imperfeita em 21); 10 por terem doença cardiovascular grave; 12 por apresentarem distúrbios neurológicos (Parkinson em 5 e Alzheimer em 7); 4 por cirurgia prévia do quadril; e 2 por técnica inadequada da radiografia, que impossibilitava o cálculo dos parâmetros espinopélvicos.

Mensuração da DMO

Para mensurar a DMO, as participantes realizaram o exame de densitometria óssea por meio do DEXA (absortometria radiológica de feixes duplos de energia) das regiões da coluna lombar e do colo do fêmur. Os exames foram realizados em um único aparelho (Discovery CI/WI, 4500W/CE; Hologic, Bedford, MA, USA). Em relação à classificação, valor de T-score entre $-1,0$ e $-2,5$ DP é indicativo de osteopenia e valores de T-score menores que $-2,5$ DP são considerados osteoporose⁽⁸⁾. Osteoporose grave ou estabelecida, segundo a National Osteoporosis Foundation⁽⁸⁾, se refere a uma condição com T-score menor que $-2,5$ DP, acompanhada de pelo menos uma fratura por fragilidade óssea.

Avaliação radiográfica

A avaliação radiográfica da coluna vertebral foi realizada em dois diferentes aspectos: identificar a presença de fratura vertebral e avaliar o equilíbrio sagital por meio da mensuração dos parâmetros espinopélvicos. Em todas as pacientes realizou-se uma radiografia panorâmica em perfil. O modelo utilizado foi o CR Long Length Vertical Imaging System (Kodak Direct View; Carestream Health, Rochester, NY, EUA). As pacientes foram posicionadas em pé com os braços apoiados em um suporte, ombros em 30 graus de flexão e cotovelos levemente flexionados, conforme literatura prévia⁽¹⁴⁾, a fim de minimizar possíveis compensações posturais.

Para mensurar os parâmetros espinopélvicos e ângulos das curvaturas vertebrais foi utilizado o *software* Surgeomap (Nemaris Inc., New York, NY, EUA). Os seguintes parâmetros foram avaliados: inclinação sacral (IS); versão pélvica (VP); incidência pélvica (IP); lordose lombar (LL); cifose torácica (CT); eixo vertical sagital (EVS); ângulo espinossacral (ASS); ângulo T1 pélvico (ATP) e versão global (VG), conforme mostrado nas Figuras 1 e 2. A IS

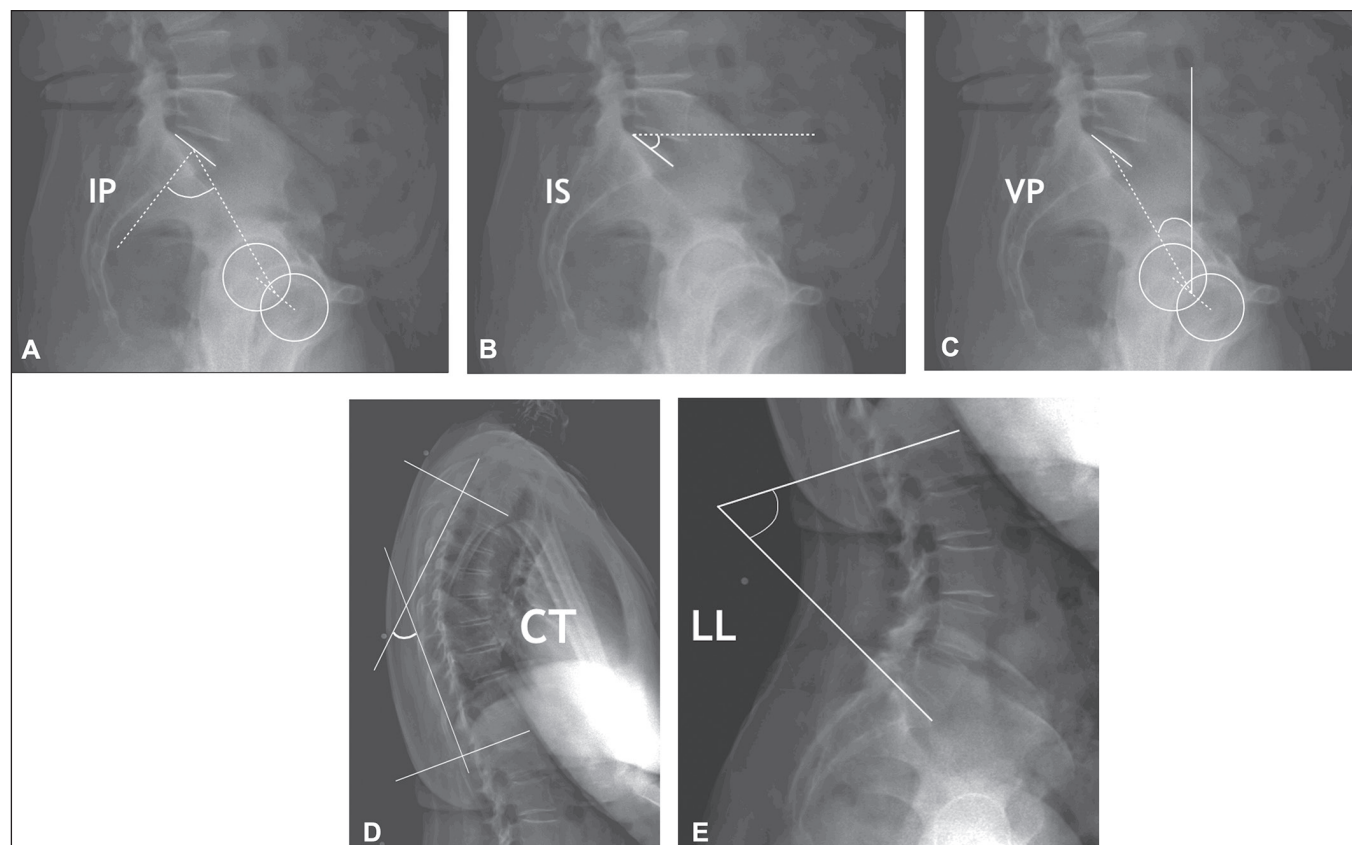


Figura 1. Mensuração dos parâmetros espinopélvicos IP, IS, VP, CT, LL.

corresponde ao ângulo formado entre a placa da extremidade superior de S1 e a linha horizontal. A VP corresponde ao ângulo formado entre uma linha vertical que se origina no centro da cabeça femoral e uma linha que parte do centro da cabeça femoral para o ponto médio da placa terminal de S1. A IP corresponde ao ângulo formado pela perpendicular ao platô sacral e a linha que conecta o ponto médio deste com o centro de rotação femoral. A LL é a medida do ângulo de Cobb do platô superior de S1 até o platô superior de L1. A CT é a medida do ângulo de Cobb do platô inferior de T12 até o platô superior de T1. O EVS é a medida da distância horizontal entre a linha de prumo de C7 e a linha vertical que passa pelo ponto posterossuperior de S1. O ASS corresponde ao ângulo formado entre a linha que passa do centro de C7 ao centro da placa terminal de S1 e a superfície da placa terminal sacral. O ATP é o ângulo obtido por uma linha formada do centro geométrico das cabeças femorais ao centro do corpo vertebral T1 e uma linha do centro geométrico das cabeças femorais ao centro da placa terminal superior de S1. A VG é definida como o ângulo formado por uma linha do centro da placa final superior sacral ao centro do corpo vertebral C7 e uma linha do centro geométrico das cabeças femorais ao centro da placa terminal sacral⁽¹⁵⁾. Os contornos das cabeças femorais foram marcados e foram traçadas linhas adjacentes ao platô superior de S1, platô superior de L1, platô inferior de T12, platô superior de T1 e platô inferior de C2. A partir dessas marcações,

o *software* calculou automaticamente os parâmetros espinopélvicos e as curvaturas vertebrais.

As imagens das radiografias da coluna torácica e da coluna lombar foram usadas para verificar a presença de fratura vertebral e para classificar a gravidade dessas fraturas. O padrão utilizado para a avaliação das fraturas vertebrais foi o sistema de classificação semiquantitativa por meio de radiografia anteroposterior e lateral, desenvolvido por Genant et al. em 1993⁽¹⁶⁾. De acordo com este sistema de graduação, uma deformidade vertebral de T4-L4 com redução da altura vertebral superior a 20% é definida como uma fratura. Existem quatro graus, que são diferenciados em: grau 0, nenhuma fratura; grau 1, fratura discreta (redução na altura vertebral de 20–25%, em comparação com vértebras adjacentes normais); grau 2, fratura moderada (redução na altura de 25–40%); grau 3, fratura grave (redução na altura de mais de 40%)⁽¹⁰⁾. As pacientes foram classificadas em dois grupos: com fratura vertebral e sem fratura vertebral. O índice de deformidade espinhal (IDE) foi calculado como a soma dos graus de T4 a L4⁽¹⁷⁾.

Avaliação das imagens

O primeiro examinador, médico radiologista com seis anos de experiência, foi responsável pela mensuração dos parâmetros espinopélvicos. Foi realizada nova mensuração dos mesmos casos com intervalo de um mês entre a primeira e a segunda mensuração, para permitir a avaliação intraobservador. O segundo examinador, médico radiolo-

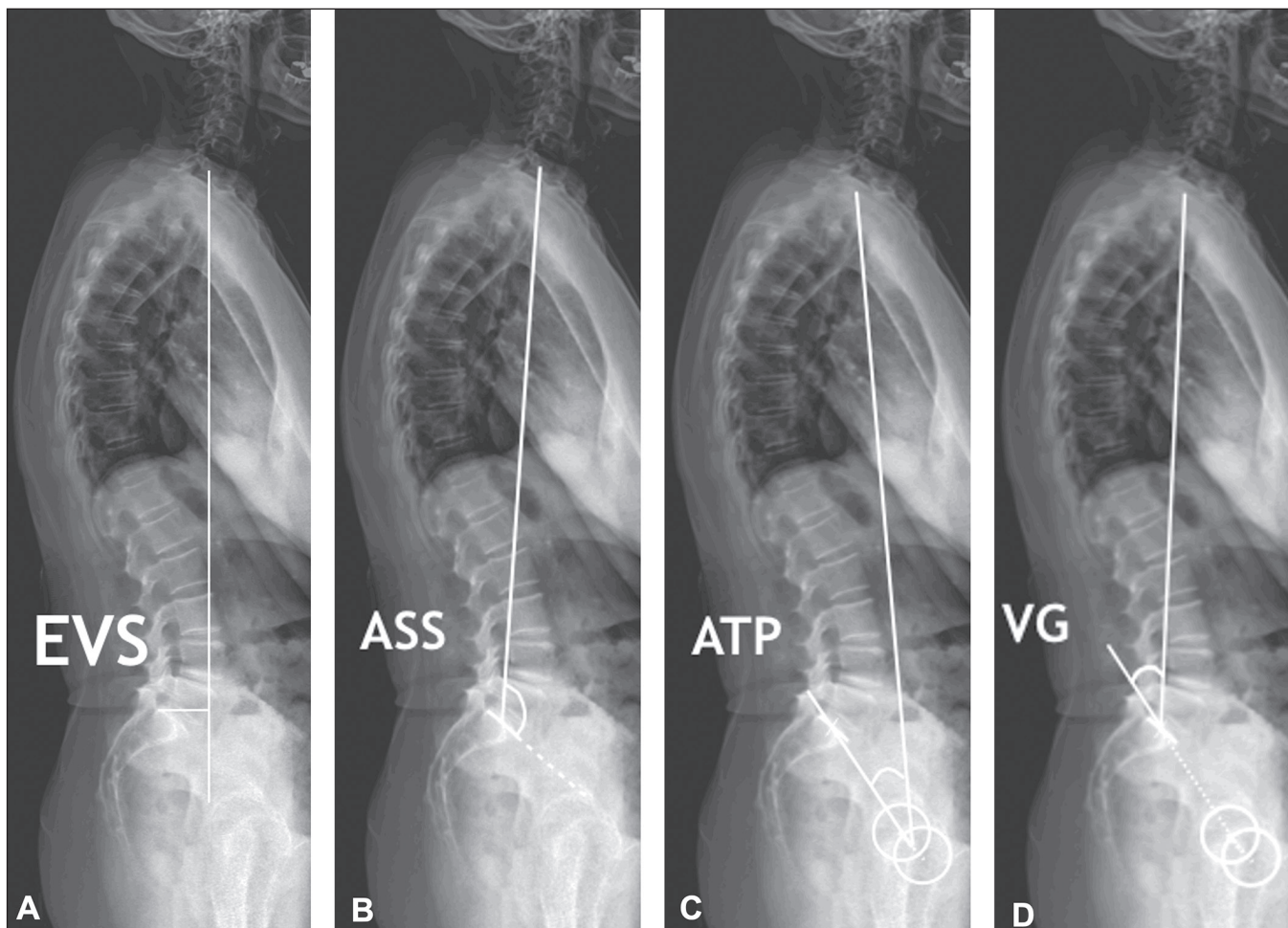


Figura 2. Mensuração dos parâmetros espinopélvicos EVS, ASS, ATP, VG.

gista com 10 anos de experiência, cego aos resultados do primeiro examinador, realizou as mesmas mensurações em imagens de 47 pacientes para verificar a concordância interobservador. A avaliação da presença de fraturas foi realizada pelo radiologista mais experiente.

Análise estatística

A concordância intraobservador e interobservador para a mensuração dos parâmetros espinopélvicos foi analisada pelo coeficiente de correlação intraclass, com um intervalo de confiança de 95%. Para a interpretação do coeficiente de correlação foi adotado: $< 0,50$, pobre; $0,5–0,75$, moderada; $0,75–0,9$, boa; $> 0,9$, excelente. Para relacionar as variáveis de interesse (IS, VP, IP, LL, CT, EVS, ASS, ATP, VG) com a ocorrência de fratura estimando as razões de prevalência, foi utilizado o modelo de regressão log-binomial simples. A comparação dos grupos (presença e ausência de fratura) quanto aos parâmetros espinopélvicos foi feita empregando o teste de Mann-Whitney. A fim de relacionar o IDE com os parâmetros espinopélvicos, foi proposto o coeficiente de correlação de Spearman. A análise de concordância foi realizada com o auxílio do *software* R, versão 4.1.0. As demais análises foram realizadas por meio do *software* SAS 9.4. Para este estudo adotou-se um

nível de significância de 5%. O poder estatístico (probabilidade de erro tipo II, $1-\beta$) da nossa amostra (93 participantes) foi 0,86, com um erro tipo I (α) de 5%.

RESULTADOS

Foram incluídas 93 pacientes mulheres, com média de idade de 67,5 anos (DP: 9,4 anos; variação, 51–82 anos).

Os parâmetros sagitais dos grupos com fratura e sem fratura estão descritos na Tabela 1. Os grupos com e sem fratura foram significativamente diferentes em termos de ATP ($p = 0,05$) e VG ($p = 0,03$), mas não em termos de IS, VP, IP, LL, CT, EVS e ASS.

Foi observada pelo menos uma fratura vertebral em 37 casos (39,8%) e não se observaram fraturas em 56 casos (60,2%). Das 99 fraturas encontradas, 37 se localizaram abaixo de L1 e 62 se localizaram acima de T12.

A Tabela 2 mostra os valores de relação entre os parâmetros espinopélvicos e a presença de fratura. Foi observada relação estatisticamente significativa entre a variável VG e a presença de fratura, em que a cada aumento de 1 grau na VG a prevalência de fratura aumentou, em média, 2,1%.

A Tabela 3 mostra a correlação entre os parâmetros espinopélvicos e o IDE. Foi observada correlação estatisticamente significativa entre o IDE e a VG ($p < 0,01$).

Tabela 1—Valores das variáveis espinopélvicas e comparação entre as pacientes sem fratura (n = 56) e pacientes com fratura (n = 37).

Variável	Pacientes sem fratura Média ± DP	Pacientes com fratura Média ± DP	P
IS (°)	33,3 ± 8,7	31,9 ± 11,7	0,31
VP (°)	18,2 ± 10,2	20,1 ± 7,3	0,19
IP (°)	51,4 ± 13,8	51,4 ± 13,9	0,95
LL (°)	53,4 ± 12,2	51,6 ± 16,7	0,72
CT (°)	38,2 ± 12,0	41,9 ± 15,8	0,21
EVS (mm)	30,8 ± 19,1	40,2 ± 35,1	0,51
ASS (°)	122,2 ± 8,1	118,9 ± 14,4	0,08
ATP (°)	14,0 ± 7,8	18,4 ± 13,1	0,05
VG (°)	19,0 ± 10,2	23,3 ± 10,5	0,03
IDE	—	1,24 ± 2,15	—

Tabela 2—Relação entre as variáveis de interesse com a ocorrência de fratura.

Variável	RP (IC 95%)	P
IS (°)	0,99 (0,96–1,02)	0,44
VP (°)	1,01 (0,99–1,03)	0,39
IP (°)	1,00 (0,98–1,02)	0,99
LL (°)	0,99 (0,97–1,01)	0,47
CT (°)	1,01 (0,99–1,03)	0,16
EVS (mm)	1,01 (0,99–1,02)	0,26
ASS (°)	0,97 (0,95–1,00)	0,10
ATP (°)	1,01 (0,99–1,03)	0,29
VG (°)	1,02 (1,00–1,04)	0,04

RP, razão de prevalência (estimada por regressão log-binomial; IC 95%, intervalo de confiança 95%.

Tabela 3—Correlação entre as variáveis de interesse e o IDE.

Variável	Correlação de Spearman	P
IS (°)	–0,12	0,26
VP (°)	0,20	0,05
IP (°)	0,02	0,83
LL (°)	–0,02	0,81
CT (°)	0,17	0,11
EVS (mm)	0,07	0,51
ASS (°)	–0,20	0,05
ATP (°)	0,19	0,06
VG (°)	0,28	< 0,01

A Tabela 4 apresenta os valores de confiabilidade intraobservador e interobservador para os parâmetros espinopélvicos. Foi observado que as análises intraexaminadores e interexaminadores apresentaram confiabilidade acima de 0,71 e 0,79, respectivamente.

DISCUSSÃO

Do nosso conhecimento, este é o primeiro trabalho a demonstrar correlação entre o alinhamento sagital global, avaliando a VG, e a ocorrência de fraturas. Observou-se que, a cada aumento de 1 grau na VG, a prevalência de fraturas aumentou, em média, 2,1%. Não foi encontrada correlação entre os parâmetros espinopélvicos IS, VP, IP, LL, CT, EVS e ASS e a presença de fraturas. A comparação

Tabela 4—Coeficientes de correlação intraclass intraobservador e interobservador da mensuração dos parâmetros espinopélvicos.

Variável	Coeficiente de correlação intraclass	
	Intraobservador (IC 95%)	Interobservador (IC 95%)
IS (°)	0,89 (0,84–0,93)	0,79 (0,66–0,88)
VP (°)	0,86 (0,79–0,90)	0,93 (0,87–0,96)
IP (°)	0,82 (0,74–0,88)	0,85 (0,75–0,92)
LL (°)	0,92 (0,88–0,95)	0,90 (0,83–0,94)
CT (°)	0,93 (0,90–0,96)	0,97 (0,95–0,98)
EVS (mm)	0,98 (0,97–0,98)	0,98 (0,97–0,99)
ASS (°)	0,89 (0,85–0,93)	0,84 (0,74–0,91)
ATP (°)	0,71 (0,59–0,80)	0,89 (0,82–0,94)
VG (°)	0,88 (0,82–0,92)	0,93 (0,88–0,96)

IC 95%, intervalo de confiança 95%.

entre os grupos com e sem fratura mostrou uma diferença estatisticamente significativa em relação à VG, sendo este parâmetro mais elevado no grupo com fraturas. Adicionalmente, o IDE apresentou correlação com a VG.

Estudos prévios demonstraram que pacientes com osteoporose possuem um pior alinhamento sagital em comparação a pacientes sem a doença^(9,18,19) e que indivíduos com fraturas vertebrais apresentam pior alinhamento sagital quando comparados a pessoas da mesma faixa etária⁽²⁰⁾. Sabe-se que fraturas múltiplas contribuem para o desalinhamento sagital em pacientes com osteoporose^(6,10). Entretanto, o desalinhamento sagital da coluna vertebral tem sido consistentemente relatado como um fator de risco independente para fraturas vertebrais subsequentes em indivíduos osteoporóticos^(13,21–23).

Outros estudos encontraram valores mais elevados de VP e EVS em indivíduos com fraturas, quando comparados aos controles^(20,22,24). Trabalho de Matsunaga et al. encontrou valores de VP e EVS maiores nos pacientes com pelo menos duas fraturas vertebrais, em comparação com indivíduos sem fraturas⁽¹⁸⁾. Dai et al. conduziram uma coorte com 1044 mulheres na pós-menopausa com osteoporose e observaram que pacientes que evoluíram com fratura apresentaram valores menores de LL, IS e IP e postularam que este padrão específico seria preditor de risco para o desenvolvimento de fraturas⁽¹³⁾. Eles não observaram diferenças entre os grupos que apresentaram fratura no seguimento em relação aos parâmetros CT, VP e EVS, corroborando os nossos achados. O fato de não termos identificado uma correlação entre o EVS e a presença de fraturas reforça a ideia de que o EVS do paciente não deve ser analisado isoladamente na avaliação do plano sagital. Recentemente, foi demonstrado que as anormalidades de sinal do disco intervertebral apresentam boa correlação com os ângulos VG e ATP, mas não com o EVS⁽²⁵⁾, destacando a importância potencial do uso desses ângulos na avaliação postural. A análise do ângulo VG é vantajosa para avaliar o alinhamento global, pois leva em consideração a retroversão pélvica e a anteversão do tronco,

além de não ser influenciada por calibrações posturais ou radiográficas⁽²⁶⁾. Além disso, há uma forte correlação entre VG, EVS e VP⁽²⁷⁾. Em nosso estudo, o parâmetro VG foi significativamente maior nos pacientes com fratura, o que sugere uma mudança anterior no balanço sagital, associada à retroversão da pelve.

Apesar de termos observado um aumento de 1,8 grau no grupo com fraturas, essa diferença não foi estatisticamente significativa. Estudo longitudinal de Yokoyama et al.⁽²⁸⁾ demonstrou que uma fratura no nível lombar inferior está associada a um maior deslocamento anterior das vértebras superiores, o que exige mudanças compensatórias mais significativas para manter o equilíbrio sagital. Em pacientes com fraturas na coluna lombar inferior, a LL diminuiu de forma significativa, de modo que a coluna torácica não conseguiu compensar para restaurar o equilíbrio sagital, apesar da redução na cifose. Em contraste, em pacientes com fraturas na coluna torácica ou na junção toracolombar, a deterioração do equilíbrio sagital foi leve, mesmo diante de um colapso vertebral grave⁽²⁸⁾. Em nosso estudo, a maioria das fraturas ocorreu acima de T12, o que pode explicar a ausência de correlação entre o EVS, a VP e a presença de fraturas.

Hu et al. investigaram o impacto das fraturas compressivas vertebrais no alinhamento sagital global em pacientes idosos com osteoporose. Os pacientes osteoporóticos com fraturas compressivas vertebrais apresentaram pior alinhamento sagital global, com ATP e ângulo sagital global mais elevados, em comparação com os sem fraturas compressivas vertebrais⁽²⁹⁾. Esses resultados estão em concordância com os achados do nosso estudo. No entanto, o presente estudo complementa a literatura, pois fomos os primeiros a utilizar o parâmetro VG para comparar os grupos com e sem fraturas. No estudo de Hu et al., o número e a gravidade das fraturas compressivas vertebrais se correlacionaram com um alinhamento sagital global desfavorável⁽²⁹⁾. Nosso estudo está em concordância com os achados daquele trabalho, sendo que a VG se correlacionou com a gravidade das fraturas, mensurada pelo IDE.

O nosso estudo apresenta limitações. A amostra do estudo foi constituída apenas de indivíduos com osteopenia e osteoporose, não sendo avaliados indivíduos com DMO normal, que poderia ter possibilitado a comparação em relação à incidência das fraturas. Adicionalmente, por se tratar de um estudo transversal, avaliamos apenas associações entre os parâmetros, não sendo possível inferir relações de causa e efeito. São necessários estudos longitudinais para demonstrar as alterações após o colapso do corpo vertebral. Outra questão relevante é que a compensação pelos membros inferiores não foi avaliada. O sistema de imagem EOS (Biospace, Paris, França) permite a aquisição simultânea de projeções biplanares de corpo inteiro com uma dose de radiação significativamente inferior à de uma única incidência da coluna lombar, proporcionando uma imagem completa da deformidade da coluna vertebral do

paciente e revelando quaisquer mecanismos compensatórios recrutados pelo paciente, porém, até o momento, este recurso é pouco disponível. Além disso, existe uma notável diferença de sexo em relação aos fatores de risco de fratura vertebral osteoporótica⁽³⁰⁾. Assim, mais estudos são necessários para verificar se os achados atuais podem ser aplicados em pacientes do sexo masculino com osteoporose.

CONCLUSÃO

As pacientes com fratura apresentaram um pior alinhamento sagital global, mensurado por meio da VG. O parâmetro espinopélvico VG apresentou correlação com a presença de fraturas, e um aumento dos seus valores se relacionou com aumento da ocorrência de fraturas. O IDE se correlacionou com o alinhamento sagital global, mensurado pela VG.

Disponibilidade de dados

Os dados gerados ou analisados na realização deste estudo estão incluídos no corpo deste artigo.

REFERÊNCIAS

1. Jackson SA, Tenenhouse A, Robertson L. Vertebral fracture definition from population-based data: preliminary results from the Canadian Multicenter Osteoporosis Study (CaMos). *Osteoporos Int*. 2000;11:680–7.
2. Bliuc D, Nguyen ND, Milch VE, et al. Mortality risk associated with low-trauma osteoporotic fracture and subsequent fracture in men and women. *JAMA*. 2009;301:513–21.
3. Pluijm SM, Tromp AM, Smit JH, et al. Consequences of vertebral deformities in older men and women. *J Bone Miner Res*. 2000;15:1564–72.
4. Schousboe JT. Epidemiology of vertebral fractures. *J Clin Densitom*. 2016;19:8–22.
5. Vokes TJ, Giger ML, Chinander MR, et al. Radiographic texture analysis of densitometer-generated calcaneus images differentiates postmenopausal women with and without fractures. *Osteoporos Int*. 2006;17:1472–82.
6. Kaneko A, Naito K, Nagura N, et al. Characteristics of sagittal spine alignment in female patients with distal radius fractures due to fall. *Heliyon*. 2020;6:e04756.
7. Cangussu-Oliveira LM, Porto JM, Freire Junior RC, et al. Association between the trunk muscle function performance and the presence of vertebral fracture in older women with low bone mass. *Aging Clin Exp Res*. 2020;32:1067–76.
8. Peres-Ueno MJ, Capato LL, Porto JM, et al. Association between vertebral fragility fractures, muscle strength and physical performance: a cross-sectional study. *Ann Phys Rehabil Med*. 2023;66:101680.
9. Lee JS, Lee HS, Shin JK, et al. Prediction of sagittal balance in patients with osteoporosis using spinopelvic parameters. *Eur Spine J*. 2013;22:1053–8.
10. Zhang YL, Shi LT, Tang PF, et al. Correlation analysis of osteoporotic vertebral compression fractures and spinal sagittal imbalance. *Orthopade*. 2017;46:249–55.
11. Yokoyama K, Kawanishi M, Yamada M, et al. Age-related variations in global spinal alignment and sagittal balance in asymptomatic Japanese adults. *Neurol Res*. 2017;39:414–8.
12. Ishikawa Y, Miyakoshi N, Kasukawa Y, et al. Spinal sagittal contour affecting falls: cut-off value of the lumbar spine for falls. *Gait Posture*. 2013;38:260–3.
13. Dai J, Yu X, Huang S, et al. Relationship between sagittal spinal alignment and the incidence of vertebral fracture in menopausal

- women with osteoporosis: a multicenter longitudinal follow-up study. *Eur Spine J.* 2015;24:737–43.
14. Marks M, Stanford C, Newton P. Which lateral radiographic positioning technique provides the most reliable and functional representation of a patient's sagittal balance? *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34:949–54.
 15. Savarese LG, Menezes-Reis R, Bonugli GP, et al. Spinopelvic sagittal balance: what does the radiologist need to know? *Radiol Bras.* 2020;53:175–84.
 16. Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, et al. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *J Bone Miner Res.* 1993;8:1137–48.
 17. Kerkeni S, Kolta S, Fechtenbaum J, et al. Spinal deformity index (SDI) is a good predictor of incident vertebral fractures. *Osteoporos Int.* 2009;20:1547–52.
 18. Matsunaga T, Miyagi M, Nakazawa T, et al. Prevalence and characteristics of spinal sagittal malalignment in patients with osteoporosis. *J Clin Med.* 2021;10:2827.
 19. Miyakoshi N, Kudo D, Hongo M, et al. Comparison of spinal alignment, muscular strength, and quality of life between women with postmenopausal osteoporosis and healthy volunteers. *Osteoporos Int.* 2017;28:3153–60.
 20. Chau LTC, Hu Z, Ko KSY, et al. Global sagittal alignment of the spine, pelvis, lower limb after vertebral compression fracture and its effect on quality of life. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22:476.
 21. Asahi R, Nakamura Y, Kanai M, et al. Association with sagittal alignment and osteoporosis-related fractures in outpatient women with osteoporosis. *Osteoporos Int.* 2022;33:1275–84.
 22. Ohnishi T, Iwata A, Kanayama M, et al. Impact of spino-pelvic and global spinal alignment on the risk of osteoporotic vertebral collapse. *Spine Surg Relat Res.* 2018;2:72–6.
 23. In T, Lu J, Zhang Y, et al. Does spinal sagittal imbalance lead to future vertebral compression fractures in osteoporosis patients? *Spine J.* 2021;21:1362–75.
 24. Fechtenbaum J, Etcheto A, Kolta S, et al. Sagittal balance of the spine in patients with osteoporotic vertebral fractures. *Osteoporos Int.* 2016;27:559–67.
 25. Savarese LG, Menezes-Reis R, Jorge M, et al. Sagittal balance and intervertebral disc composition in patients with low back pain. *Braz J Med Biol Res.* 2022;55:e12015.
 26. Obeid I, Boissière L, Yilgor C, et al. Global tilt: a single parameter incorporating spinal and pelvic sagittal parameters and least affected by patient positioning. *Eur Spine J.* 2016;25:3644–9.
 27. Banno T, Togawa D, Arima H, et al. The cohort study for the determination of reference values for spinopelvic parameters (T1 pelvic angle and global tilt) in elderly volunteers. *Eur Spine J.* 2016;25:3687–93.
 28. Yokoyama K, Ikeda N, Tanaka H, et al. Changes in spinal sagittal balance after a new osteoporotic vertebral compression fracture. *Osteoporos Int.* 2024;35:645–51.
 29. Hu Z, Man GCW, Kwok AKL, et al. Global sagittal alignment in elderly patients with osteoporosis and its relationship with severity of vertebral fracture and quality of life. *Arch Osteoporos.* 2018;13:95.
 30. Roy DK, O'Neill TW, Finn JD, et al. Determinants of incident vertebral fracture in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Osteoporos Int.* 2003;14:19–26.

