



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

RÔMULO PEDROZA PINHEIRO

Estudo da flexibilidade da lordose lombar e sua correlação com os parâmetros pélvicos.

Ribeirão Preto – São Paulo
2023

RÔMULO PEDROZA PINHEIRO

**Estudo da flexibilidade da lordose lombar e sua
correlação com os parâmetros pélvicos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde aplicadas ao aparelho locomotor Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil, para obtenção do título de doutor.

Orientador: Prof. Dr. Helton Luiz A. Defino

Ribeirão Preto
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

Pinheiro, Rômulo Pedroza.

Estudo da flexibilidade da lordose lombar e sua correlação com os parâmetros pélvicos. Ribeirão Preto, 2023.

102p

Tese de Doutorado direto apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

Orientador: Defino, Helton Luiz Aparecido

1. Coluna Vertebral. 2. Pelve 3. Radiografia. 4. Lordose. 5. Curvaturas da Coluna Vertebral. 6. Amplitude de movimento articular. 7. Equilíbrio postural.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Pinheiro, Rômulo Pedroza. Estudo da flexibilidade da lordose lombar e sua correlação com os parâmetros pélvicos.

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____ Assinatura: _____
Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Raimunda Pedroza e Cleiton Pinheiro; e meus irmãos, Antonio Cleiton Belizário Pinheiro Junior e Robson Pedroza Pinheiro. Eles me ensinaram desde a infância que tudo vem do esforço, dedicação e amor.

Dedico também a Marina Madeira, esposa, médica, fonte de incentivo, amor, humildade, determinação, dedicação, apoio, cumplicidade nesta etapa da minha vida profissional.

Durante toda minha trajetória, eles que sempre estiveram do meu lado, nos momentos felizes e nos obstáculos da vida, sem eles nada seria possível! Eles são os maiores presentes de Deus em minha vida!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, Professor Dr. Helton L. A. Defino, a quem serei eternamente grato pelos ensinamentos, paciência, paciência, apoio constante e por confiar tanto em mim e no meu potencial. O seu incentivo ao meu crescimento profissional e pessoal é notório e marcante: desde o dia que me falou sobre fazer doutorado direto na USP, passando pela vibração com a ideia para o projeto da tese e com a conclusão de cada etapa deste trabalho e, principalmente, por ficar feliz com cada passo desta minha trajetória, só um Professor nato age assim!

Muito obrigado por tudo, Professor!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus que sempre esteve presente guiando a minha vida no caminho da sabedoria, da honestidade, do respeito ao próximo e da esperança.

A Rita de Cassia Stela Cossalter do programa de Pós-graduação pela eficiência, pelos serviços prestados, orientação, prontidão e organização sempre que busquei informações no setor. Pela atenção, paciência e alegria ao conversar comigo.

À equipe de funcionários do Ambulatório de Ortopedia-Coluna no CER que sempre trataram com tanto carinho e respeito.

À equipe técnica de radiologia do Ambulatório de Ortopedia-Coluna no CER da FMRP-USP, em especial ao Técnico de Radiologia Washington, pela dedicação, atenção e seriedade na ajuda das radiografias.

Ao Dr. Herton Costa pelos ensinamentos e incentivo nessa jornada.

Aos meus colegas de residência médica da FMRP-USP (Dr. Robson Cruz de Oliveira, Dr. Vitor Casagrande, Dr. Leonardo Nascimento, Dr. Vinícius Toledo e Dr. Pedro Remolli) que me ajudaram e incentivaram a fazer o doutorado direto.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos os pacientes, aqueles pelos quais e graças aos quais aqui estou, tornaram possível essa tese.

Agradeço a todos que de maneira direta ou indiretamente me apoiaram e contribuíram para que essa tese se concretizasse.

Meus sinceros agradecimentos a todos

RESUMO

PINHEIRO, R. P. **Estudo da flexibilidade da lordose lombar e sua correlação com os parâmetros pélvicos**. 2023. 102 p. Tese (Doutorado direto) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

Introdução: Esse estudo tem como objetivo avaliar parâmetros relacionados com a lordose lombar em indivíduos normais. Os parâmetros selecionados para o estudo foram o valor da lordose lombar na posição ortostática e sentada, a lordose na posição neutra, a amplitude da lordose durante a flexão máxima e extensão máxima, e a distribuição da lordose nos diferentes segmentos na coluna lombar (L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1).

Material e métodos: Estudo de coorte prospectivo e transversal, com a utilização de radiografias laterais da coluna lombar de sessenta voluntários assintomáticos oriundos do Ambulatório de Ortopedia da Coluna do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa -CAAE 34000820.1.0000.5440 com isenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Todos os pacientes foram submetidos a posições sentada e ortostática em extensão, neutro e flexão e, posteriormente, sua diferença para avaliar a amplitude. A análise estatística foi realizada para identificar a correlação da lordose nas diferentes posições, a amplitude da lombar na posição sentada e ortostática, posteriormente, com os parâmetros espinopélvicos.

Resultados e Conclusões: Os resultados deste estudo sugerem que as radiografias laterais da coluna lombossacra posição sentada em indivíduos normais afeta a curva sagital lombar diminuindo a lordose em cada nível, especialmente nos níveis L3-L4 e avaliam melhor a amplitude de movimento da lordose lombar e correlação com os parâmetros espinopélvicos (PI, SS e PT) em comparação com as na posição ortostática.

Descritores: Coluna Vertebral, Pelve, Radiografia, Lordose, Curvaturas da Coluna Vertebral, Amplitude de movimento articular, Equilíbrio postural.

ABSTRACT

PINHEIRO, R. P. **Study of the flexibility of lumbar lordosis and its correlation with the pelvic parameters.** 2023. 102 p. Thesis (Direct Doctoral) – Ribeirão Preto Medical School – University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

Purpose: This study aims to evaluate parameters related to normal lumbar lordosis individuals. The parameters selected for the study were the value of lumbar lordosis in the standing and sitting position, the lordosis in the neutral position, the amplitude of lordosis during maximum flexion and maximum extension, and the distribution of lordosis in different segments of the lumbar spine (L1- L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 and L5-S1).

Methods: Prospective and cross-sectional cohort study, using lateral radiographs of the lumbar spine of sixty asymptomatic volunteers from the Spine Orthopedics Outpatient Clinic of the Hospital das Clínicas of the Faculty of Medicine of Ribeirão Preto – University of São Paulo. The study was approved by the Research Ethics Committee -CAAE 34000820.1.0000.5440 with waiver of the Free and Informed Consent Form. All patients were submitted to sitting and standing positions in extension, neutral and flexion and, subsequently, their difference to assess amplitude. Statistical analysis was performed to identify the correlation of lordosis in different positions, lumbar amplitude in the sitting and standing position, subsequently, with the spinopelvic parameters.

Results and Conclusions: The results of this study suggest that lateral radiographs of the lumbosacral spine in the sitting position in normal individuals affected by the lumbar sagittal curve look for lordosis at each level, especially at the L3-L4 levels, and better assess the range of motion of lumbar lordosis and with the spinopelvic parameters (PI, SS and PT) compared with those in the orthostatic position.

Keywords: Spine, Pelvis, Radiography, Lordosis Spinal curvatures, Range of Motion, Articular, Postural balance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Curva carga-deslocamento.....	22
Figura 02 – Incidência pélvica.....	24
Figura 03 – Versão pélvica.....	25
Figura 04 – Inclinação sacral	26
Figura 05 – Desenho ilustrando a capacidade de maior adaptação da pelve nos indivíduos com maior incidência pélvica (PI).	27
Figura 06 – Desenho ilustrando a posição da pelve na posição ortostática (esquerda) e sentada (direita). Na posição sentada ocorre a flexão do quadril com retroversão da pelve, aumento da versão da pelve, diminuição da inclinação do sacro e diminuição da lordose lombar.....	28
Figura 07 - Medida da lordose lombar anatômica.....	31
Figura 08 – Representação das curvas da coluna vertebral de acordo com o ponto de inflexão de Berthouaud.	32
Figura 09 – Tipos da lordose lombar de acordo com a classificação de Roussouly. .	34
Figura 10 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar segmentar utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP.....	42
Figura 11 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar anatômica segmentar L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP.	42
Figura 12 – Ilustração da metodologia para avaliar se o ângulo de Cobb é positivo (lordose) ou negativo (cifose) utilizando uma ferramenta do SURGIMAP chamada “Draw help”.....	43
Figura 13 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar anatômica na posição ortostática em extensão(a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.	44
Figura 14 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar anatômica na posição sentada em extensão (a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.	44
Figura 15 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar segmentar de L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 na posição ortostática em extensão(a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.....	45
Figura 16 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar segmentar de L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 na posição sentada em extensão(a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.	45
Figura 17 – Ilustração da padronização para a medição da incidência pélvica utilizando a ferramenta “Pelvic” do aplicativo SURGIMAP.	46

Figura 18 – Ilustração da padronização para a medição de todos os parâmetros espinopélvicos (PI, PT e SS) utilizando a ferramenta “Pelvic” do aplicativo SURGIMAP.	47
Figura 19 – Gráficos de dispersão ilustrando a correlação entre a amplitude de movimento lombar (Δ LLA) na posição sentada e ortostática	50
Figura 20 – Gráfico ilustrando a amplitude de movimento da coluna lombar no sexo masculino e feminino.....	51
Figura 21– Comparação da lordose lombar anatômica (LLA) em extensão, neutro e flexão na posição ortostática e sentada.....	53
Figura 22 – Comparação da lordose lombar anatômica (LLA) em flexão, neutro e em extensão na posição ortostática e sentada nos indivíduos normais.	54
Figura 23 – Comparação da lordose lombar anatômica (LLA) com paciente sentado na posição extensão, neutro e flexão em relação ao paciente em ortostase na posição extensão, neutro e flexão.	55
Figura 24 – Lordose lombar segmentar na posição sentada durante a extensão, flexão e posição neutra em indivíduos normais.....	57
Figura 25 – Lordose lombar segmentar na posição ortostática durante a extensão, flexão e posição neutra	59
Figura 26 – Lordose lombar segmentar durante a extensão na posição ortostática e sentada em indivíduos normais.....	60
Figura 27 – Lordose lombar segmentar na posição ortostática e sentado em neutro em indivíduos normais.	61
Figura 28 – Lordose lombar segmentar na posição ortostática e sentado em flexão.	63
Figura 29 – Gráfico de barras ilustrando a flexibilidade lombar na posição sentada e ortostática nos pacientes com discopatia L4-L5.	64
Figura 30 – Gráficos de barras ilustrando a distribuição de médias do Δ L1-L2, Δ L2-L3, Δ L3-L4, Δ L4-L5, Δ L5-S1 na posição sentada e ortostática em indivíduos normais. .	66
Figura 31 - Gráfico de barras dos valores da lordose lombar anatômica dinâmica (posição sentada e ortostática) nos três grupos de incidência pélvica.	67
Figura 32 – Correlação da Lordose lombar anatômica na posição sentada e ortostática nos grupos PI baixo, PI normal e PI alto.	68
Figura 33 – Distribuição da lordose segmentar da coluna lombar na posição sentada para os grupos de incidência pélvica.	70
Figura 34 - Distribuição da lordose segmentar da coluna lombar na posição ortostática para os grupos de incidência pélvica.	71
Figura 35 - Gráficos de dispersão ilustrando a relação da amplitude de movimento lombar (Δ LLA) na posição neutra e sentada em pacientes (a) e (b) em geral, (c) (d) e (e) na posição sentada e (f) (g) e (h) na posição em ortostase com teste de correlação de Spearman © e P valor.	73

Figura 36- Gráficos de dispersão ilustrando a relação entre a mudança na lordose lombar da posição sentada (ΔLL) e a LLA na posição neutra e sentada em pacientes com (a) PI baixo ($r = 0,5167$, $p = 0,1618$), (b) PI normal ($r = 0,09234$, $p = 0,5370$) e (c) PI alto ($r = 0,200$, $p = 0,9167$); para o ΔLL e a LL na posição neutra e ortostática em com (d) PI baixo ($r = 0,4034$, $p = 0,2788$), (e) PI normal ($r = 0,4968$, $p = 0,004$) e (f) PI alto ($r = 0,7379$, $p = 0,33$).....	74
Figura 37 – Gráfico ilustrando a regressão linear entre a mobilidade espinopélvica e a incidência pélvica.	76
Figura 38 - Gráfico ilustrando a regressão linear entre a mobilidade espinopélvica e a amplitude de movimento lombar na posição sentada e ortostática.	76
Figura 39 - Gráfico ilustrando a regressão linear entre a mobilidade espinopélvica e a lordose lombar na posição sentada e ortostática.....	76
Figura 40 - Gráficos de dispersão ilustrando a relação entre a flexibilidade lombar (ΔLL) e a flexibilidade pélvica ΔPT na posição sentada e ortostática.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Análise comparativa da amplitude de movimento da coluna lombar na posição sentada e ortostática no sexo masculino e feminino (teste ANOVA com significância estatística $p < 0,05$ nos indivíduos normais (n=60).	51
Tabela 02 – Distribuição da lordose lombar na posição ortostática e sentada durante a flexão, neutro e extensão nos indivíduos pacientes normais (n = 60).	52
Tabela 03 – Todos os pacientes normais na posição sentada (n=60).....	56
Tabela 04 – Todos os pacientes normais na posição ortostática (n=60).....	58
Tabela 05 – Todos os pacientes normais na posição sentada e ortostática (n=60)...	64
Tabela 06 - Análise radiográfica para diferentes grupos de incidência pélvica.	68
Tabela 07 - Lordose segmentar da coluna lombar na posição sentada para os grupos de incidência pélvica em indivíduos normais.	69
Tabela 08 - Lordose segmentar da coluna lombar na posição ortostática para os grupos de incidência pélvica.	71
Tabela 09 - Correlação entre a mobilidade espinopélvica (Δ SS) e parâmetros espinopélvicos.....	75
Tabela 10 - Comparações entre parâmetros radiográficos em extensão e flexão nas posições sentada e ortostática.....	77

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 PARÂMETROS PÉLVICOS.....	23
1.1.1 INCIDÊNCIA PÉLVICA (IP) OU PELVIC INCIDENCE (PI).....	23
1.1.2 VERSÃO PÉLVICA OU PELVIC TILT (PT)	24
1.1.3 INCLINAÇÃO SACRAL (IS) OU SLOPE SACRAL (SS)	25
1.2 LORDOSE LOMBAR ANATÔMICA E FUNCIONAL.....	30
2 OBJETIVOS	36
2.1 OBJETIVO GERAL.....	36
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	36
3 MÉTODOS	38
3.1 DESENHO DO ESTUDO	38
3.2 COLETA DOS DADOS	38
3.2.1 PACIENTES SELECIONADOS PARA O ESTUDO	38
3.2.2 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	38
3.2.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	39
3.2.4 COLETA DE DADOS	39
3.2.5 DESCRIÇÃO DAS FONTES DE DADOS DO ESTUDO	39
3.3 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	39
3.4 ASPECTOS RADIOGRÁFICOS.....	40
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
4. RESULTADOS	50
4.1 LORDOSE LOMBAR E ASSOCIAÇÃO AO SEXO	50
4.2 LORDOSE LOMBAR ANATÔMICA (LLA).....	52
4.3 LORDOSE LOMBAR NA POSIÇÃO SENTADA	55
4.4 LORDOSE LOMBAR NA POSIÇÃO ORTOSTÁTICA.....	57
4.5 LORDOSE LOMBAR SEGMENTAR NA EXTENSÃO	59
4.6 LORDOSE LOMBAR SEGMENTAR NA POSIÇÃO EM NEUTRO.....	60
4.7 LORDOSE LOMBAR SEGMENTAR NA POSIÇÃO EM FLEXÃO.....	62
4.8 AMPLITUDE DA LORDOSE LOMBAR ANATÔMICA (Δ LLA).....	63
4.9 AMPLITUDE DE MOVIMENTO DA LOMBAR SEGMENTAR.....	64
4.10 LORDOSE LOMBAR DINÂMICA (Δ LLA) E PARÂMETROS ESPINOPÉLVICOS.....	66
4.11 MOBILIDADE ESPINOPÉLVICA (Δ SS E Δ PPT).....	74
5. DISCUSSÃO	81

6. CONCLUSÕES.....	87
7.BIBLIOGRAFIA.....	89

1 INTRODUÇÃO

As curvaturas sagitais da coluna vertebral têm sido descritas desde Hipócrates (400 AC), e o termo lordose e cifose foi utilizado por Galeno pela primeira vez (1,2,3). As curvaturas da coluna vertebral tem sido estudadas até os dias atuais, e observamos evolução do conhecimento no âmbito desse tópico, que culminou no século XXI com o conceito do equilíbrio sagital e do complexo espinopélvico (4). Os parâmetros da pelve e os parâmetros da coluna vertebral têm sido considerados na avaliação da coluna vertebral, e atualmente tem norteado os princípios de tratamento empregados para o tratamento das patologias da coluna vertebral (5). A associação da lordose lombar com os parâmetros da pelve relacionados com o quadril foi difundida, apesar dos mesmos ângulos terem sido descritos.

Apesar do alinhamento da coluna vertebral ter sido, durante muitos anos, avaliado apenas no plano coronal, diversas publicações destacam a importância que tem as alterações no plano sagital. A morfologia espinhal sagital varia individualmente e a sua manutenção dentro de faixa de normalidade implica menor gasto energético do indivíduo.

No plano sagital, a coluna vertebral normal apresenta quatro curvaturas (cifoses torácica e sacral, e lordoses cervical e lombar) que estão correlacionadas, o que permite o correto alinhamento corporal para ficar em pé e caminhar, com distribuição equitativa de forças ao longo da coluna vertebral em direção aos membros inferiores.

Sabe-se que há variações dessas curvaturas, consideradas normais, mas, quando ocorrem processos patológicos ou mesmo o próprio envelhecimento, esse alinhamento sagital pode ser modificado devido à alteração da distribuição das curvas. Esse desequilíbrio desencadeia uma cascata de mecanismos de adaptação, mas com alto custo energético para o corpo humano. Essas mudanças ocorrem nas extremidades inferiores e na pelve, e acarretam uma alteração no alinhamento da coluna. Além disso, A orientação da pelve determina a posição sagital do platô superior sacral em relação à cabeça femoral, adaptada para cada indivíduo pelo parâmetro anatômico “incidência”. A capacidade da unidade funcional coluna/ pelve para procurar

manter um equilíbrio sagital da melhor forma possível, apesar da distorção frontal, depende tanto do parâmetro anatômico “incidência” e da adaptabilidade dos outros parâmetros.

As articulações facetárias não suportam, por si mesmas, substancialmente cargas axiais, a menos que a coluna esteja em uma postura de extensão (lordose). São articulações apofisárias que possuem uma cápsula frouxa e um revestimento sinovial. Essas articulações também são conhecidas como articulações diartrodiais ou sinoviais. Na coluna cervical, as articulações facetárias são orientadas principalmente em um plano coronal. (6,7) A orientação das articulações facetárias muda significativamente à medida que se desce pela coluna torácica e lombar c). O ângulo (da linha média) aumenta de L1 para L5.

Na região lombar, as articulações facetárias são orientadas no plano sagital. Então, sua capacidade de resistir à flexão ou ao movimento de translação nessa região é mínima, enquanto sua capacidade de resistir à rotação é substancial.

A extensão é limitada pelo ligamento longitudinal anterior, pelos ligamentos capsulares da articulação Z e pelo “stop” ósseo dos processos articulares inferiores vindos contra a pars interarticularis da vértebra subjacente. (7) Novamente, os segmentos lombares superiores contribuem mais do que os segmentos lombares inferiores durante a extensão típica (diferente do movimento total possível em cada nível segmentar), excluindo L5-S1. (8)

A flexão lateral na região lombar geralmente é acoplada à rotação axial, de modo que a flexão lateral esquerda resulta na rotação direita dos corpos vertebrais (rotação esquerda dos processos espinhosos) e vice-versa (ou seja, a flexão lateral direita é acoplada à rotação esquerda dos corpos vertebrais). Provavelmente isso é causado pela orientação sagital das articulações Z lombares, combinada com o efeito das restrições interespinhosas e supraespinhosas lombares relativamente fortes. As últimas restrições tendem a manter os processos espinhosos juntos durante a flexão lateral. (9,10,11)

Verificou-se que o exame de filmes de raios-X dinâmicos obtidos em flexão, extensão e flexão lateral que demonstram movimento aumentado auxiliam nessa diferenciação (9).

A seguir está uma lista de amplitudes de movimento (em graus) para cada nível segmentar lombar (12).

Flexão e extensão combinadas

- L1-2: 12 graus
- L2-3: 14 graus
- L3-4: 15 graus
- L4-5: 17 graus

Flexão lateral unilateral

- L1-2: 6 graus
- L2-3: 6 graus
- L3-4: 8 graus
- L4-5: 6 graus

Rotação axial unilateral

- L1-2: 2 graus
- L2-3: 2 graus
- L3-4: 2 graus
- L4-5: 2 graus

Vale lembrar que a articulação L5-S1 é o segmento mais móvel em flexão, extensão e rotação axial nessa região. A seguir está uma lista das amplitudes de movimento neste nível (12):

- L5-S1: Flexão e extensão combinadas: 20 graus
- L5-S1: Flexão lateral unilateral: 3 graus
- L5-S1: Rotação axial unilateral: 2,5 graus

A orientação facetária quase coronal em L5-S1 é um fator na incidência relativamente diminuída de subluxação, na presença de articulações facetárias intactas, na articulação lombossacral; isto é, na espondilolistese degenerativa, a subluxação é mais comum em L4–L5 do que em L5–S1, apesar da orientação vertical

relativa do interespaço discal L5-S1 nas regiões cervical e lombar. Isso obviamente varia com o tipo de carga. (13)

A coluna dá mobilidade ao tronco. Apenas movimentos limitados são possíveis entre as vértebras adjacentes, mas a soma desses movimentos resulta em considerável mobilidade da coluna vertebral em todos os planos anatômicos. A amplitude de movimento difere em vários níveis da coluna e depende das propriedades estruturais do disco e dos ligamentos e da orientação das articulações facetárias. O movimento na articulação intervertebral tem seis graus de liberdade: rotação e translação ao longo dos eixos ífero-superior, médio-lateral e ântero-posterior. O movimento da coluna vertebral é muitas vezes um movimento complexo e combinado de flexão ou extensão simultânea, flexão lateral e rotação.

Um método comum para medir e expressar as propriedades estruturais complexas e o movimento do segmento da coluna vertebral é por meio de testes de flexibilidade tridimensionais. Flexibilidade é a capacidade de uma estrutura se deformar sob a aplicação de uma carga. A resposta mecânica da coluna é normalmente determinada pela aplicação de momentos de flexão puros, com ou sem a adição de uma pré-carga de compressão axial, em cada uma das três direções fisiológicas de flexão-extensão, flexão lateral e rotação axial, e registrando o principal geral e movimento acoplado do corpo de prova.

A curva de deslocamento de carga da coluna geralmente não é linear. Para cargas pequenas, os deslocamentos são relativamente grandes devido à frouxidão do ligamento e do disco intervertebral sobre a posição neutra da coluna. Em cargas mais altas, a resistência à deformação aumenta substancialmente. O movimento geral na região de baixa carga da curva de resposta foi denominado zona neutra e é uma medida quantitativa da frouxidão articular em torno da posição neutra. O deslocamento além da zona neutra e até o limite fisiológico máximo foi denominado zona elástica. A soma da zona neutra e da zona elástica fornece a amplitude fisiológica total de movimento da coluna. Os coeficientes de flexibilidade da coluna vertebral relatados na literatura são geralmente calculados a partir da zona elástica da curva de resposta. Para quantificar esse comportamento, a curva carga-deslocamento em três regiões: (1) a zona neutra (NZ) - deslocamento além da posição

neutra L devido à aplicação de uma pequena força; (2) a zona elástica (EZ) - o deslocamento além da zona neutra e até o nível fisiológico limite; e (3) a zona plástica (PZ) – além a zona elástica e até que ocorra a ruptura. A zona plástica é a região de trauma crescente (Figura 01).

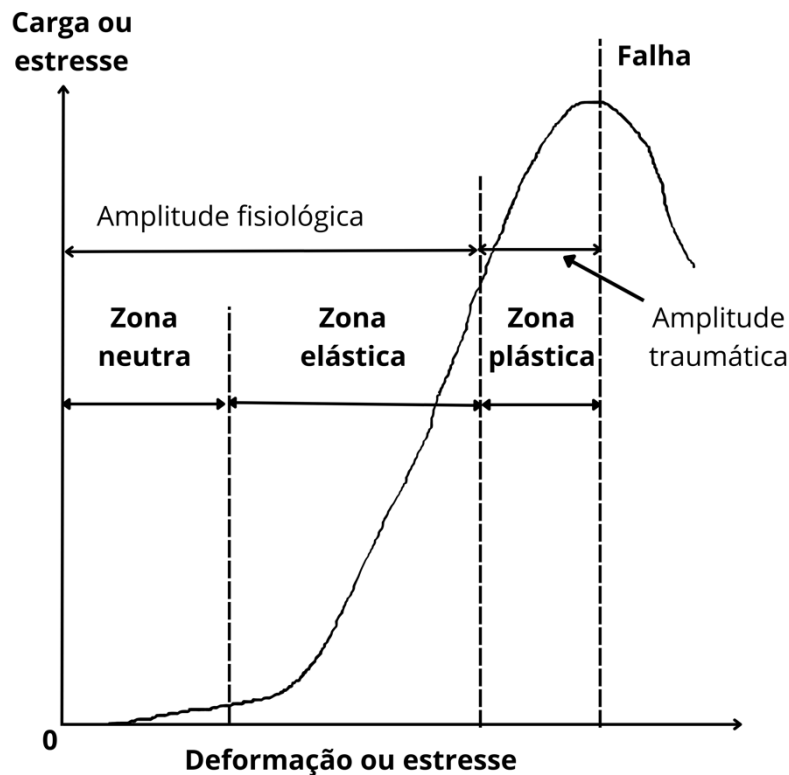


Figura 01 - Curva carga-deslocamento

Medições quantitativas da extensão do movimento descrevem apenas parcialmente a cinemática da coluna vertebral. Uma simplificação comum para a análise da cinemática da coluna vertebral é considerar o movimento apenas em um único plano principal (por exemplo, flexão-extensão). Para o movimento planar, existe um único centro instantâneo de rotação que descreve totalmente o movimento entre duas vértebras adjacentes.

O IAR deve ser considerado dinâmico. À medida que ocorre o movimento da coluna vertebral, o IAR de cada segmento da coluna vertebral envolvido se move. O IAR é derivado, na situação clínica, de radiografias dinâmicas (isto é, radiografias de flexão e extensão).

Outra suposição teórica (ou situação clínica) é que a flexão ou extensão, provocada pela flexão ou extensão do corpo vertebral adjacente sobre um disco intervertebral, resulta no posicionamento do IAR na região do disco intervertebral. A determinação dos eixos de rotação é realizada pelo eixo instantâneo de rotação (IAR), conforme aplicado aqui, é o ponto sobre o qual um corpo vertebral gira. O IAR também pode ser pensado como um ponto sobre o qual dois corpos vertebrais se flexionam ou se estendem (14). O IAR pode ser determinado por White e Panjabi (15). Além disso, o centro de rotação (COR), semelhante ao IAR, é determinado pela comparação das posições vertebrais segmentares (16). E o último eixo a ser avaliado é o eixo helicoidal do movimento (HAM). Todos esses são métodos rudimentares de descrever o centro de movimento ou o eixo de movimento.

1.1 Parâmetros pélvicos

Legaye e Duval-Beaupère descreveram os ângulos com melhor visibilidade e apresentaram a relação matemática da incidência pélvica é a soma dos ângulos da versão pélvica com a inclinação sacral ($IP = VP + IS$). Apresentaram também a associação entre a incidência pélvica e a lordose lombar por meio da correlação entre a incidência pélvica (PI) e inclinação do sacro (SS), e a inclinação do sacro (SS) com a lordose lombar (Figura). A inclinação do disco L5-S1 apresenta relação direta com a incidência pélvica e com a lordose. Quanto maior a incidência pélvica, maior a inclinação do sacro e a lordose lombar. (17, 18)

1.1.1 Incidência pélvica (IP) ou Pelvic Incidence (PI)

A incidência pélvica (IP) é definida como o ângulo formado entre uma linha perpendicular ao ponto médio do platô sacral e uma linha deste ponto até o centro da cabeça femoral (Figura 02). Este ângulo representa de forma mais fidedigna a

transmissão da carga pelo planalto sacral. O valor médio deste ângulo de incidência é $55^\circ \pm 10^\circ$.

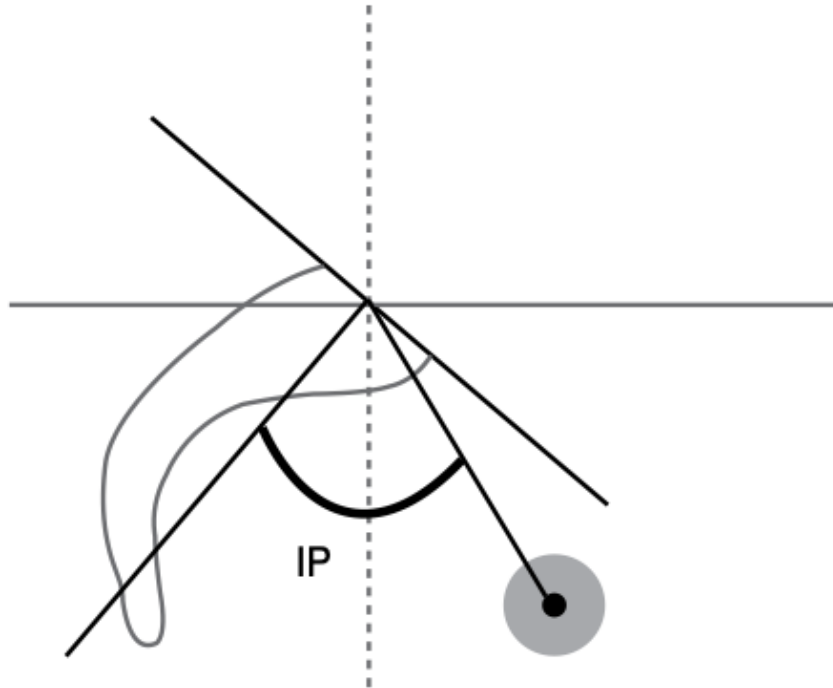


Figura 02 – Incidência pélvica

1.1.2 Versão pélvica ou Pelvic Tilt (PT)

Versão pélvica (VP) é o ângulo formado entre uma linha traçada do ponto médio do platô sacral com o centro da cabeça femoral e uma linha vertical ao solo. Com a pessoa na posição em pé o valor médio da versão pélvica é de $13^\circ \pm 6^\circ$. (Figura 03)

É um parâmetro da condição pélvica e valores altos indicam a recuperação da pelve, um método compensatório do desequilíbrio sagital, empurrando o eixo de gravidade para trás.

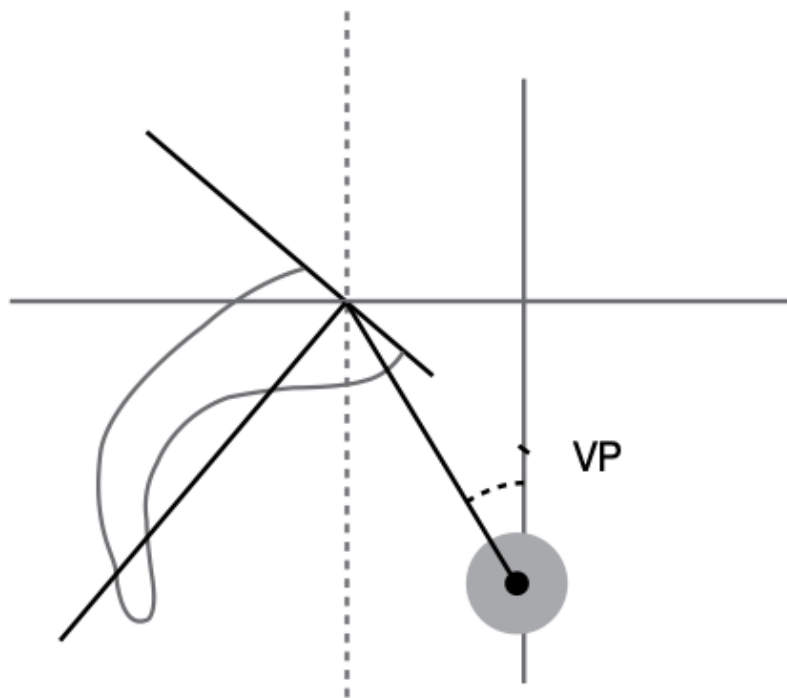


Figura 03 – Versão pélvica

1.1.3 Inclinação sacral (IS) ou Slope Sacral (SS)

A inclinação sacral (IS) é o ângulo entre o platô sacral e a horizontal (Figura 04). O grau de inclinação do sacro determina a posição da coluna vertebral lombar, uma vez que o planalto sacral constitui a base da coluna vertebral. (19)

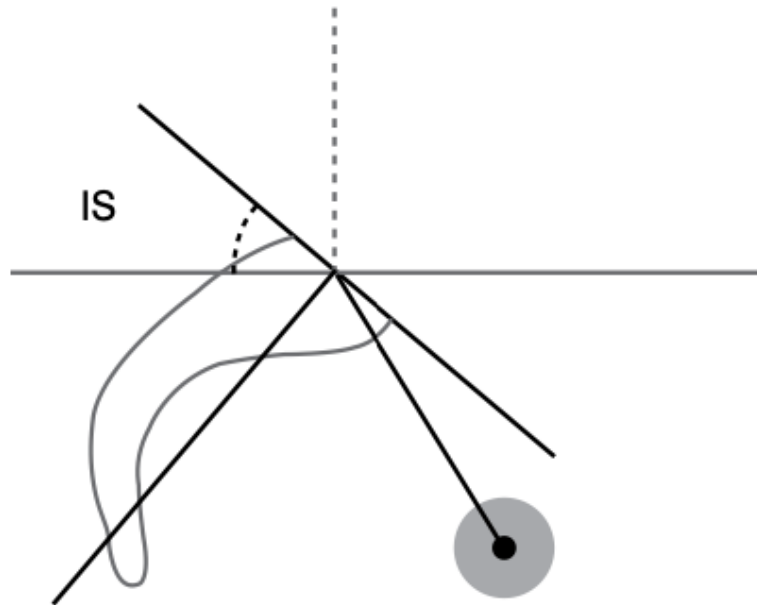


Figura 04 – Inclinação sacral

Os parâmetros pélvicos (incidência pélvica, versão pélvica e inclinação do sacro) possuem correlação geométrica ($PI=PT+SS$). A incidência pélvica é um parâmetro morfológico e não sofre alteração com a posição da pelve. A versão pélvica e a inclinação do sacro (SS) são parâmetros que sofrem influência do posicionamento da pelve e apresentam alteração de seus valores de acordo com o posicionamento da pelve. A anteversão da pelve aumenta a inclinação do sacro e diminui a versão da pelve. A retroversão da pelve diminui a inclinação do sacro e aumenta a versão da pelve para adaptar a perda da lordose. Essa capacidade de adaptação é maior nos indivíduos que apresentam maior incidência pélvica (Figura 05)

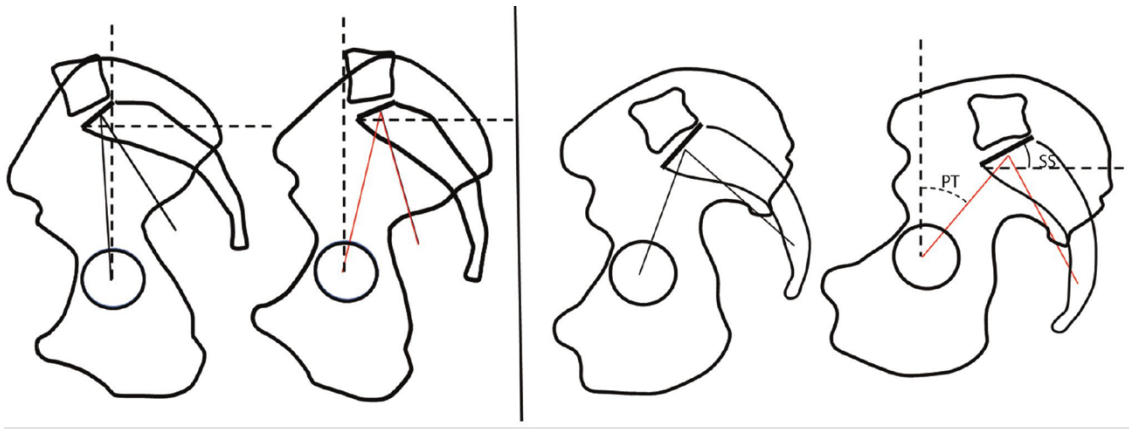


Figura 05 – Desenho ilustrando a capacidade de maior adaptação da pelve nos indivíduos com maior incidência pélvica (PI)

Na posição ortostática ou sentada ocorre alteração dos parâmetros pélvicos funcionais (versão pélvica e inclinação sacral), enquanto a incidência pélvica permanece constante por ser um parâmetro anatômico. A lordose lombar está relacionada com a inclinação do sacro e apresenta alteração de seus valores na posição ortostática e sentada (Figura 06) (20-22).

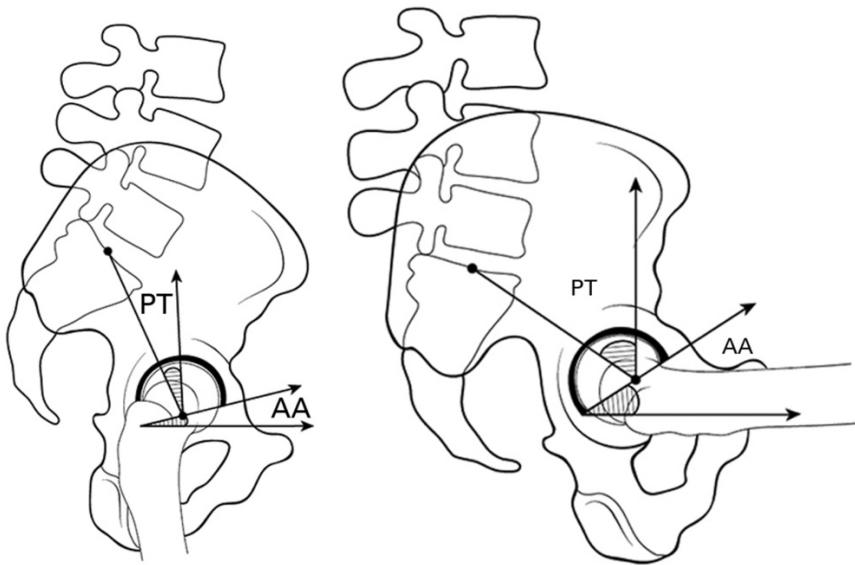


Figura 06 – Desenho ilustrando a posição da pelve na posição ortostática (esquerda) e sentada (direita). Na posição sentada ocorre a flexão do quadril com retroversão da pelve, aumento da versão da pelve, diminuição da inclinação do sacro e diminuição da lordose lombar

O equilíbrio sagital está relacionado com parâmetros da coluna vertebral e do complexo espinopélvico, representando uma constelação de interações de todo esse complexo (23, 24). A lordose lombar é um dos elementos de grande importância no complexo espinopélvico e no equilíbrio sagital da coluna vertebral. A relação da lordose lombar com os parâmetros pélvicos anatômicos ou funcionais, posicionamento da pelve e articulação do quadril, tem sido observada e existem evidências suficientes da interação da lordose lombar com os parâmetros pélvicos e equilíbrio sagital da coluna vertebral por meio da sua flexibilidade (25).

Berthonnaud et al. (26) Fiére et al. (27) e Barrey et al. (28) referem-se a ângulos de incidência altos como aqueles iguais ou superiores a 50° , ângulos de incidência intermediários variando entre 46° e -59° (comum) e eventos baixos são iguais igual ou inferior a 45° . Fiére et al (27) relataram que indivíduos com alto IP apresentaram aumento da lordose lombar e aqueles com baixo IP apresentaram ajuste lombar.

Lafage et al. (28) utilizaram o sistema Surgimap para medir parâmetros pélvicos. Eles dizem que os programas de computador são a maneira mais fácil de analisar a medula espinhal e que podem ser feitos de forma rápida, precisa e confiável. O programa fornece uma lista de muitos parâmetros espinhais e pélvicos que ajudam

o cirurgião no planejamento pré-operatório e atendem às necessidades clínicas e de pesquisa.

A postura é definida como o alinhamento e a posição do corpo em relação à gravidade, ao centro de massa ou à base de sustentação, que representa a posição do corpo ou estado de espírito. O desequilíbrio postural é algo que preocupa tanto o paciente quanto o fisioterapeuta, não só pelo aspecto estético do desvio, mas também pela possibilidade de alinhamento do corpo com incapacidade permanente, o que causa, em muitos casos, dor e restrição de movimentos. É importante medir a curvatura da coluna lombar e sua função, pois sua alteração pode causar dor e desconforto, o que tem recebido bastante atenção na literatura. Tais alterações podem ser influenciadas por variáveis como idade, sexo, peso e morfologia pélvica, postura funcional, além de defeitos congênitos, traumas e alterações degenerativas e inflamatórias. (29)

A importância de entender a relação espinopélvica é que se houver uma carga de músculos de sustentação atrás do tronco, como nos casos citados, o equilíbrio sagital pode ser classificado como não econômico e patológico. Uma pessoa precisará usar força e poder ficar de pé, e mecanismos compensatórios aparecerão para manter o equilíbrio e a mobilidade. (30)

Os valores normais das curvaturas e parâmetros espinopélvicos já foram determinados por vários autores (31 - 33). Existem também testes de diferentes populações, incluindo brasileira (34), europeia (35), caucasiana (36,37), coreana (38), indiano (39) e chinês (40).

O estudo do equilíbrio sagital é focado principalmente nos parâmetros espinopélvicos, já amplamente conhecidos e cujos valores são geralmente aceitos pelos especialistas no assunto. A incidência pélvica é o parâmetro que não muda ao longo da vida e é característico e não pode ser repetido em cada pessoa, talvez como impressões digitais. Isso determina a posição da pelve e dada a disposição das articulações sacroilíacas e a relação mantida pela plataforma do sacro e o cotiloide (cavidade ilíaca, embora as medidas sejam feitas entre as cabeças das fêmeas). Outros parâmetros são a inclinação pélvica, a inclinação sacral e a lordose lombar, os três últimos têm a capacidade de alterar seus valores ao longo da vida, muitas vezes

de forma dinâmica na degeneração da coluna ou alteração no equilíbrio sagital. e qualquer outra situação relevante. (41,42)

1.2 Lordose lombar anatômica e funcional

Berthonnaud et al (19) descreveram um desenho matemático para a lordose lombar utilizando o ponto de inflexão onde a lordose altera para a cifose, não utilizando referência anatômica específica. A lordose é formada por dois arcos: superior e inferior. O arco inferior está localizado entre a linha horizontal que passa pelo ponto de inflexão e o platô de S1. O arco superior é formado pela linha horizontal que passa pelo ponto de inflexão e pela perpendicular à tangente do ponto de inflexão. (Figura 06)

A lordose lombar tem sido subdividida em lordose anatômica e lordose funcional. A lordose lombar anatômica atualmente tem sido descrita como o ângulo formado pela superfície superior de L1 e S1 (Figura 07), embora a maioria dos autores consideravam anteriormente como o ângulo formado entre a superfície superior de L1 e inferior de L5. A lordose funcional tem sido demonstrada por diferentes métodos geométricos (arco do círculo, quadrante da elipse). Tem sido proposto o termo lordose distal para expressar a lordose funcional com a finalidade de evitar confusão na descrição. (43)

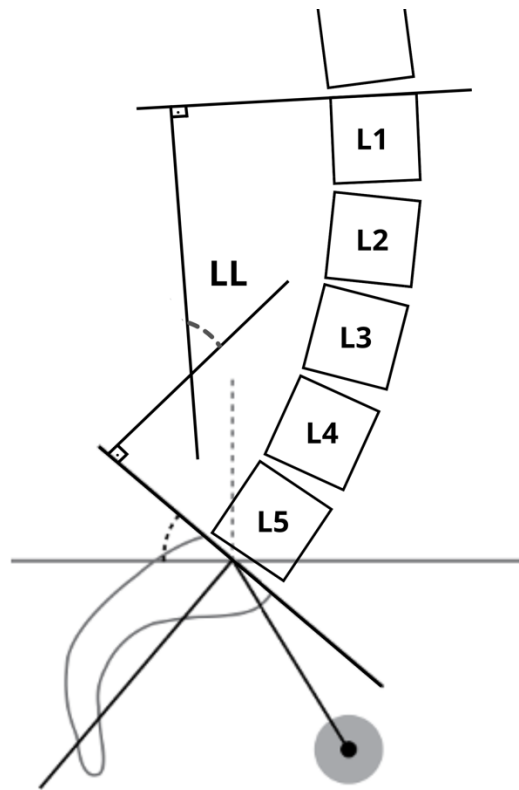


Figura 07 - Medida da lordose lombar anatômica.

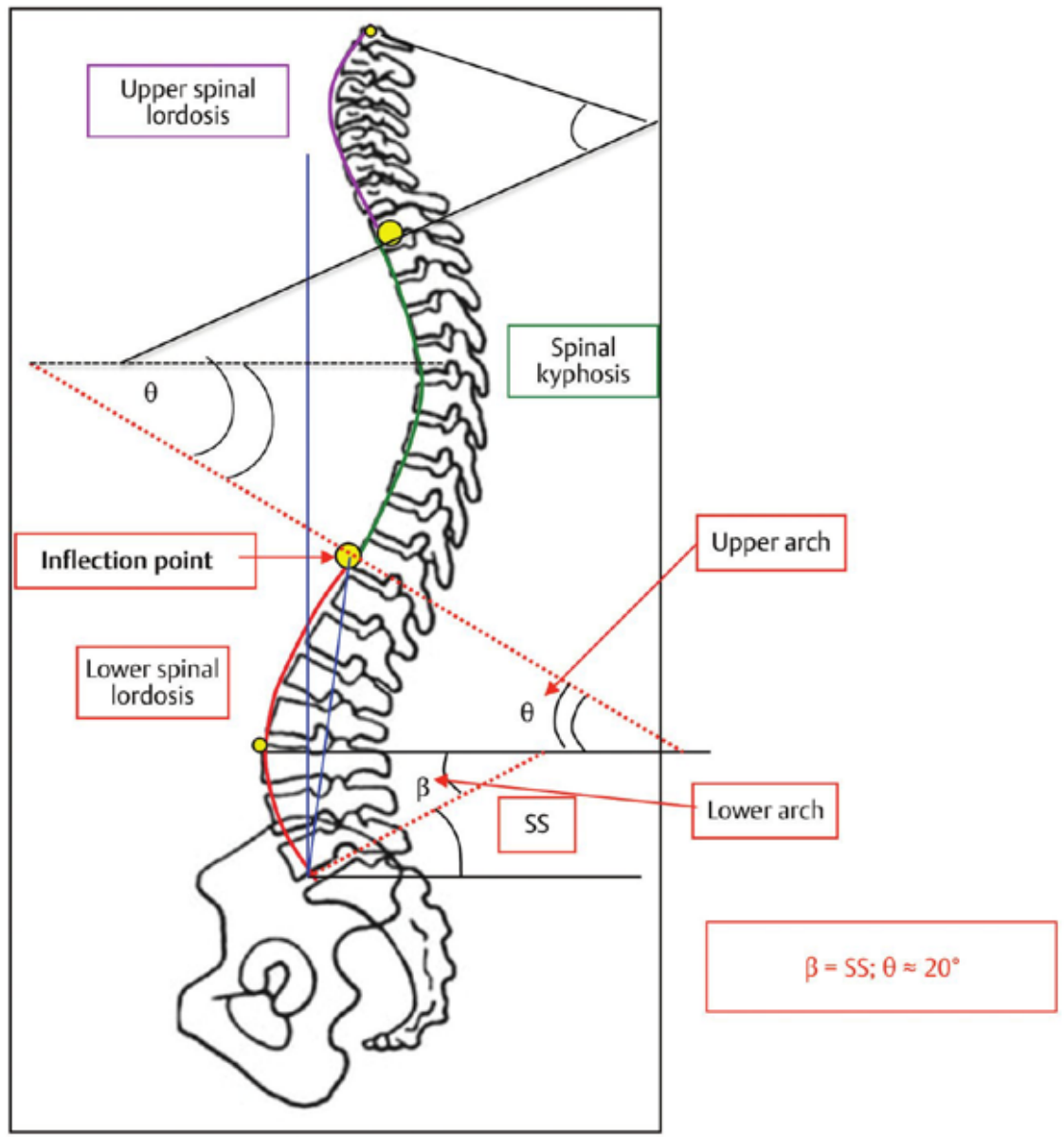


Figura 08 – Representação das curvas da coluna vertebral de acordo com o ponto de inflexão de Berthonnaud.

O arco inferior ou lordose distal, de acordo com a denominação de Roussouly (“distal spinal lordoses”) apresenta valor igual à inclinação do sacro (SS) nos indivíduos normais. A incidência pélvica varia de acordo com a inclinação do sacro (SS), e desse modo existe correlação da incidência pélvica com o arco inferior da lordose lombar (Figura 08) (43-45).

Com base na definição do ponto de inflexão, localização do ápice da lordose e descrição do arco inferior foi proposta uma classificação para a lordose lombar, que não considera somente o valor angular da lordose, mas a sua distribuição. Quatro tipos de lordose foram definidos (43). (Figura 09)

Tipo 1- Caracterizada por baixo valor da inclinação do sacro (SS) <35 graus e com o ápice da lordose no centro de L5. O ponto de inflexão é baixo e posterior e não ultrapassa o nível L2-L3. A lordose é curta.

Tipo 2- Caracterizada por baixo valor da inclinação do sacro (SS) < 35 graus e com o ápice na base do corpo de L4. O ponto de inflexão é mais alto e anterior. A lordose é mais extensa e plana.

Tipo 3- Caracterizada por valores da inclinação do sacro entre 35 e 45 graus com ápice na parte superior de L4 ou disco L3-L4. O ponto de inflexão é na região toracolombar com a curva lombar bem distribuída.

Tipo 4- Caracterizada por alto valor da inclinação do sacro (SS) >45 graus e ápice da lordose na base de L3. O número de vértebras lordóticas é maior ou igual a cinco.

Os tipos 1 e 2 apresentam baixo valor da incidência pélvica (PI) <50 graus e os tipos 3 e 4 altos valores da incidência pélvica (PI) > 50 graus. Existe uma variante do tipo 3 que pode apresentar inclinação do sacro (SS) entre 35 e 45 graus com versão pélvica (PT) < 5 graus, que foi denominada de tipo 3 com anteversão.

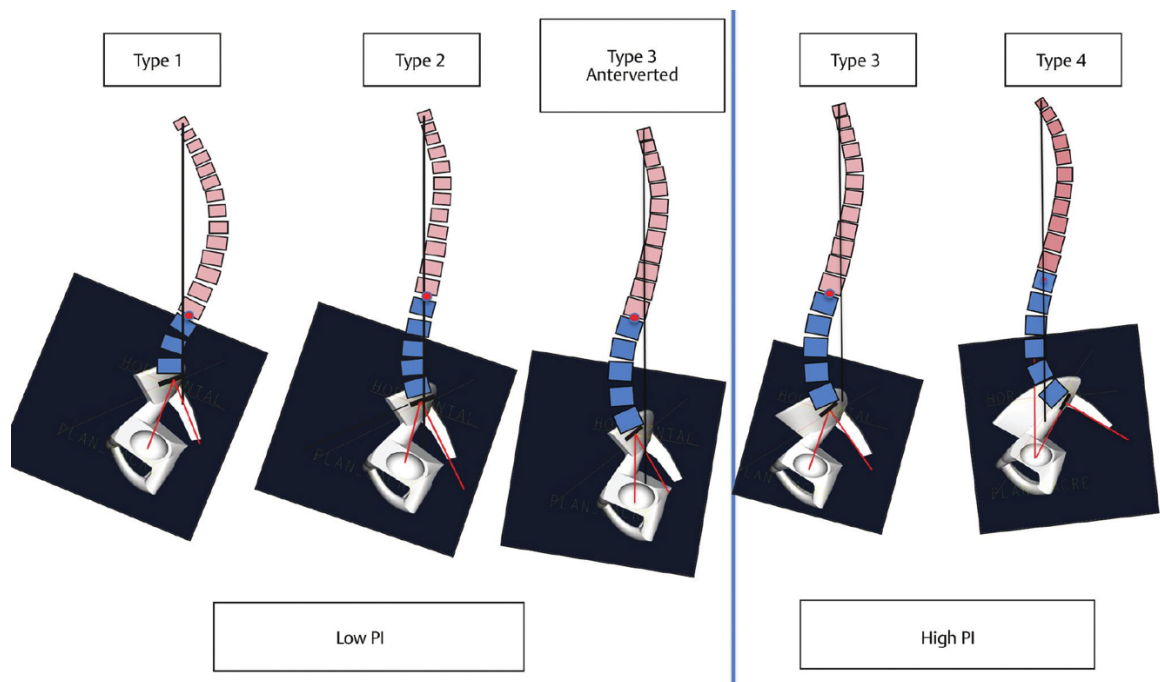


Figura 09 – Tipos da lordose lombar de acordo com a classificação de Roussouly.

Até o momento, grandes multicentros são limitados quanto a um modelo de avaliação da flexibilidade da coluna lombar e sua correlação com os parâmetros pélvicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar parâmetros relacionados com a lordose lombar indivíduos normais. Os parâmetros selecionados para o estudo foram o valor da lordose lombar na posição ortostática e sentada, a lordose na posição neutra, a amplitude da lordose durante a flexão máxima e extensão máxima, e a distribuição da lordose nos diferentes segmentos na coluna lombar (L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1).

2.2 Objetivos Específicos

- I. Avaliar e comparar os valores da lordose lombar na posição ortostática e sentada em indivíduos normais;
- II. Avaliar e comparar a amplitude da lordose lombar na posição ortostática e sentada em indivíduos normais;
- III. Avaliar a participação de cada segmento da coluna lombar na lordose ortostática e na posição sentada durante a flexão e extensão máxima e posição neutra em indivíduos normais;

Comparar os parâmetros selecionados da lordose lombar com os parâmetros espinopélvicos (PI, PT e SS).

3 MÉTODOS

3.1 Desenho do Estudo

Foi realizado estudo de coorte prospectivo e transversal, com pacientes oriundos do Ambulatório de Ortopedia da Coluna do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa -CAAE 34000820.1.0000.5440 (ANEXO) com isenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O tamanho da amostra foi calculado considerando a diferença entre as médias, desvio padrão, alfa de 5% e poder do teste de 0,8. O cálculo amostral foi baseado numa amostra piloto de 39 indivíduos, considerando a variável principal (indivíduos normais), desvio-padrão de 8,74 e a diferença entre os grupos em 45%, obtendo-se o tamanho amostral de 60 pacientes utilizando o programa STATCALC do Epi Info™ (versão 7.2.2.6) com nível de significância $\alpha=0,05$, $\beta= 0,10$ e poder de teste ($1-\beta$) de 90%. Foi difícil avaliar a magnitude de pacientes com base na literatura, devido à escassez de ensaios clínicos randomizados com boa descrição da metodologia.

3.2 Coleta dos Dados

3.2.1 Pacientes Selecionados para o Estudo

Para a seleção dos pacientes analisados nesse estudo, foram inicialmente identificados os pacientes assintomáticos com radiografias da coluna lombossacra sem alterações e que atendiam aos critérios de inclusão do estudo, atendidos no Ambulatório de Ortopedia da Coluna do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto no período entre 01 de junho de 2020 a 31 de agosto de 2022.

3.2.2 Critérios de Elegibilidade

Foram considerados elegíveis os pacientes maiores de 18 anos assintomáticos, com radiografias da coluna lombossacra, sem doença da coluna vertebral, e sem realização de cirurgias da coluna vertebral.

3.2.3 Critérios de Exclusão

Os critérios de exclusão estabelecidos para o estudo foram: dor lombar prévia, cirurgia prévia da coluna vertebral, presença de doença degenerativa, tumoral, traumática, deformidade ou anomalia congênita da coluna lombar visualizadas nas radiografias.

3.2.4 Coleta de Dados

O horizonte temporal da análise teve início em 2020 e estendeu-se prospectivamente até 2022. As fontes de dados utilizadas foram o Banco de Dados com Prontuário Eletrônico do Ambulatório de Ortopedia da Coluna do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto.

3.2.5 Descrição das Fontes de dados do Estudo

O prontuário eletrônico do HCFMRP-USP é executado por meio do programa denominado Sistema de Apoio a Atenção Hospitalar/Ambulatorial (ATHOS). Esse programa pode ser acessado em todos os setores do hospital e dentre as várias funcionalidades, permite que o médico realize os atendimentos, acesse resultado de exames radiológicos, laboratoriais e ainda emite inúmeros documentos no consultório.

3.3 Aspectos Demográficos

- a) sexo do paciente;
- b) idade do paciente

3.4 Aspectos Radiográficos

Os parâmetros radiográficos selecionados para o estudo foram mensurados utilizando o “software” Surgimap Spine (Nemaris Inc. New York, USA).

As radiografias padrão em perfil da coluna vertebral foram realizadas em todas as posições do estudo e incluíam a coluna vertebral desde T12 e as cabeças femorais. Durante a aquisição da imagem, a distância entre a fonte de raios-X e o paciente foi de 1,15 m. Para cada participante, uma radiografia lateral lombo sacral foi obtida utilizando filme de 30 cm × 90 cm, mantendo a distância constante entre o indivíduo e a fonte do raio-X, centrada na terceira vértebra lombar e durante a inspiração.

As radiografias em perfil foram realizadas com flexão de ombro a 30°. A flexão do ombro de 30° com cada mão apoiada na clavícula ipsilateral foi a melhor posição a ser usada para uma radiografia lateral para permitir medições repetidas do eixo vertical sagital. As seis posições com as radiografias laterais foram as seguintes: Posição 1: sentar-se em uma cadeira com extensão máxima do tronco colocando cada mão na clavícula ipsilateral apoiando bem os pés com os joelhos fletidos 90 graus – Radiografia da Coluna Lombossacra em perfil sentado em extensão; Posição 2 – sentar em cadeira com flexão máxima do tronco colocando cada mão na clavícula ipsilateral, joelhos fletidos 90 graus e apoiando bem os pés – Radiografia da Coluna Lombossacra em perfil sentado em flexão; Posição 3 – Ficar em pé, com extensão máxima do tronco colocando cada mão na clavícula ipsilateral com quadris e joelhos totalmente estendidos – Radiografia da Coluna Lombossacra em perfil em ortostase em extensão. Posição 4 – Ficar em pé, com flexão máxima do tronco colocando cada mão na clavícula ipsilateral com quadris e joelhos totalmente estendidos – Radiografia da Coluna Lombossacra em perfil em ortostase em flexão. Posição 5 – sentar-se em cadeira com postura reta e de maneira confortável colocando cada mão na clavícula ipsilateral, quadris e joelhos fletidos 90 graus e apoiando bem os pés – Radiografia da Coluna Lombossacra em perfil sentado em neutro; Posição 6 – Ficar em pé, com postura reta colocando cada mão na clavícula ipsilateral com quadris e joelhos

totalmente estendidos – Radiografia da Coluna lombo sacra em perfil em ortostase em neutro.

O método de Cobb é definido como o ângulo formado por linhas que passam pelo platô superior e inferior das vértebras, sendo essas vértebras variadas de acordo com a curvatura que se deseja observar. Esta metodologia de mensuração é a mais utilizada por fornecer medida rápida e simples desse ângulo. Um dos recursos mais utilizados para a obtenção da angulação nas anormalidades da coluna vertebral é o ângulo de Cobb. Este método pode ser aplicado para a avaliação da lordose, cifose e escoliose. (46) A principal fundamentação desse método consiste em traçar duas retas limítrofes: a primeira demarca o início da curvatura anatômica da coluna e a segunda, o final dessa curvatura. Partindo desta concepção, foram criados métodos que utilizam referencial anatômico vertebral diferente, visando medir o arco de curvatura da curva lombar ou lombossacral nestes pontos distintos. Nesta metodologia é realizada, em primeiro lugar, a demarcação de duas retas paralelas à superfície superior da vértebra L1 e S1. Devido ao fato de normalmente o cruzamento destas linhas não ocorrer dentro dos limites das imagens radiográficas, utiliza-se um artifício geométrico para que isso ocorra, traçando-se retas auxiliares perpendiculares a elas. Obtém-se, então, o valor angular a ser mensurado a partir da intersecção das duas retas auxiliares.

A lordose lombar anatômica nos indivíduos é variável, mensurada por meio do ângulo formado pela linha do platô superior do corpo vertebral de L1 e platô superior do sacro S1 (Figura 10). A lordose lombar segmentar foi avaliada por meio do ângulo do platô superior da vértebra cranial e platô superior da vértebra caudal (Figura 11). A mensuração da lordose lombar anatômica e da lordose segmentar foi realizado utilizando a ferramenta “Cobb” do aplicativo SURGIMAP através da marcação de 04 pontos: Ponto 1: borda anterior e superior do platô da vertebra superior; Ponto 2: borda posterior e superior do platô da vértebra superior; Ponto 3: borda anterior e superior do platô da vértebra inferior; Ponto 4: borda posterior e superior do platô da vertebra inferior). O aplicativo SURGIMAP informa o ângulo de lordose positivo ou negativo a depender da inclinação no plano sagital. Além disso, os valores foram positivos do ângulo de cobb indicando ângulo segmentar lordótico e os valores negativos foram referentes a ângulo cifótico (Figura 12)

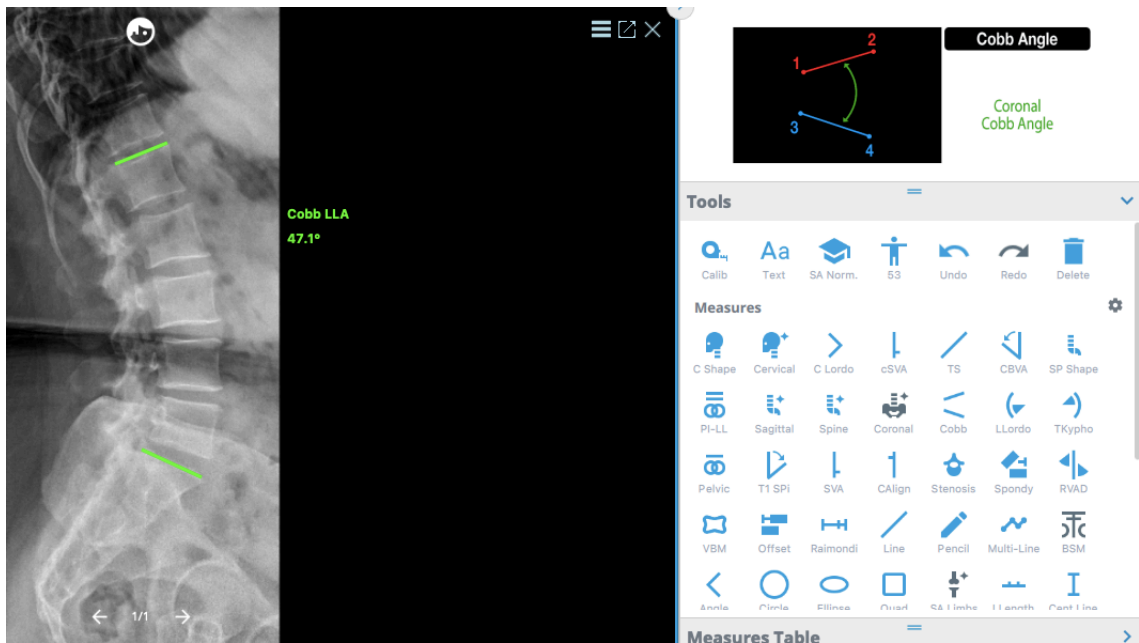


Figura 10 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar segmentar utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP.

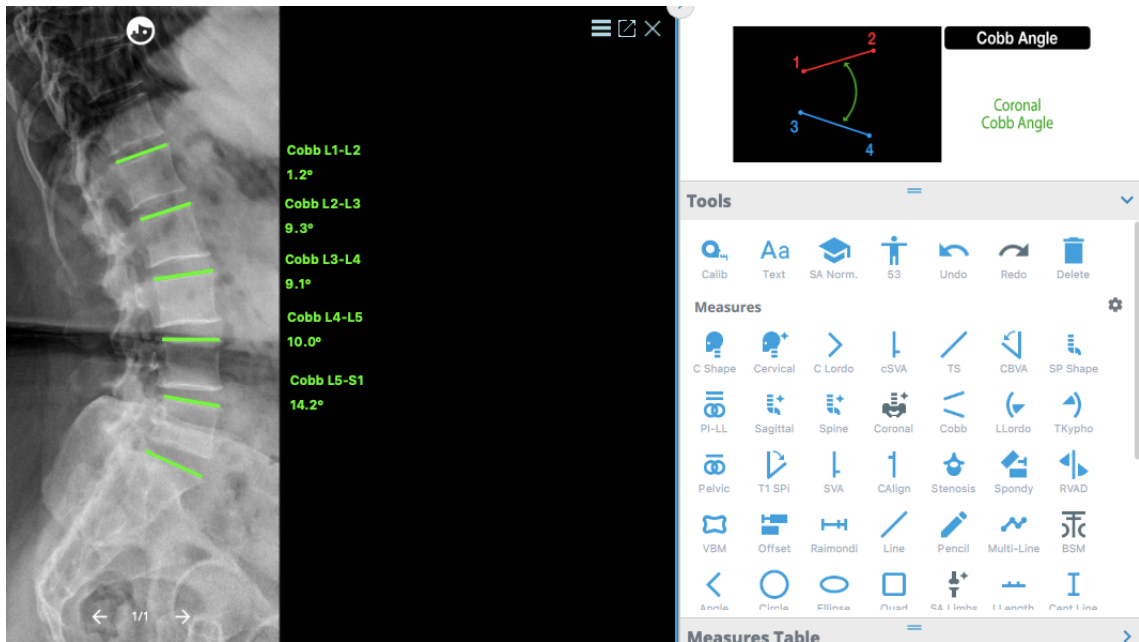


Figura 11 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar anatômica segmentar L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP.

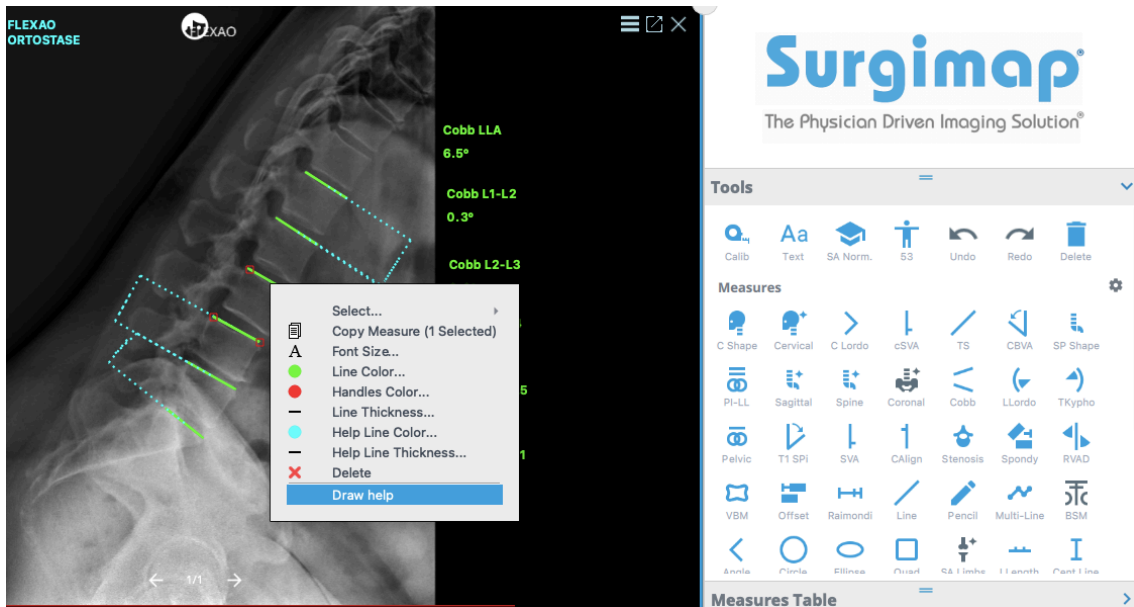


Figura 12 – Ilustração da metodologia para avaliar se o ângulo de Cobb é positivo (lordose) ou negativo (cifose) utilizando uma ferramenta do SURGIMAP chamada “Draw help”.

Em cada radiografia em perfil da coluna lombossacra nos indivíduos normais, a lordose lombar anatômica foi medida pelo método de Cobb na posição ortostática em flexão, neutro e em extensão (Figura 13). Posteriormente, a lordose lombar anatômica foi medida pelo método de Cobb na posição sentada em flexão, neutro e em extensão (Figura 14). A lordose lombar anatômica segmentar L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 foi também medida pelo método de Cobb na posição ortostática (Figura 15) e sentado (Figura 16) em flexão, neutro e em extensão.

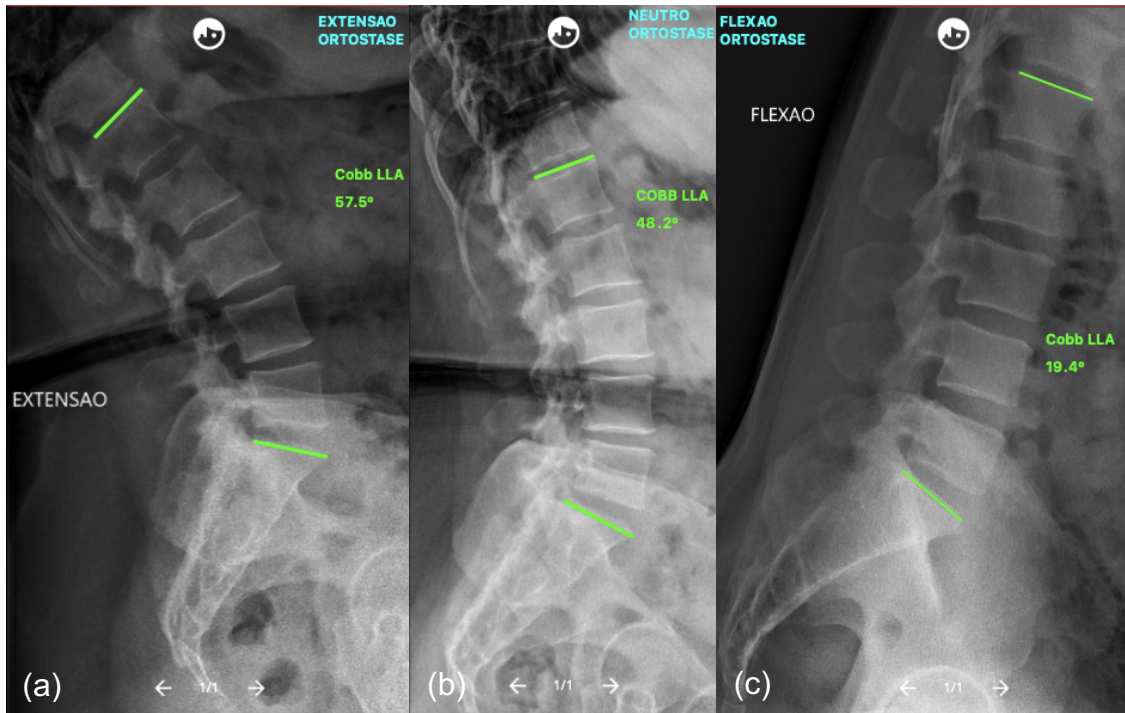


Figura 13 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar anatômica na posição ortostática em extensão(a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.

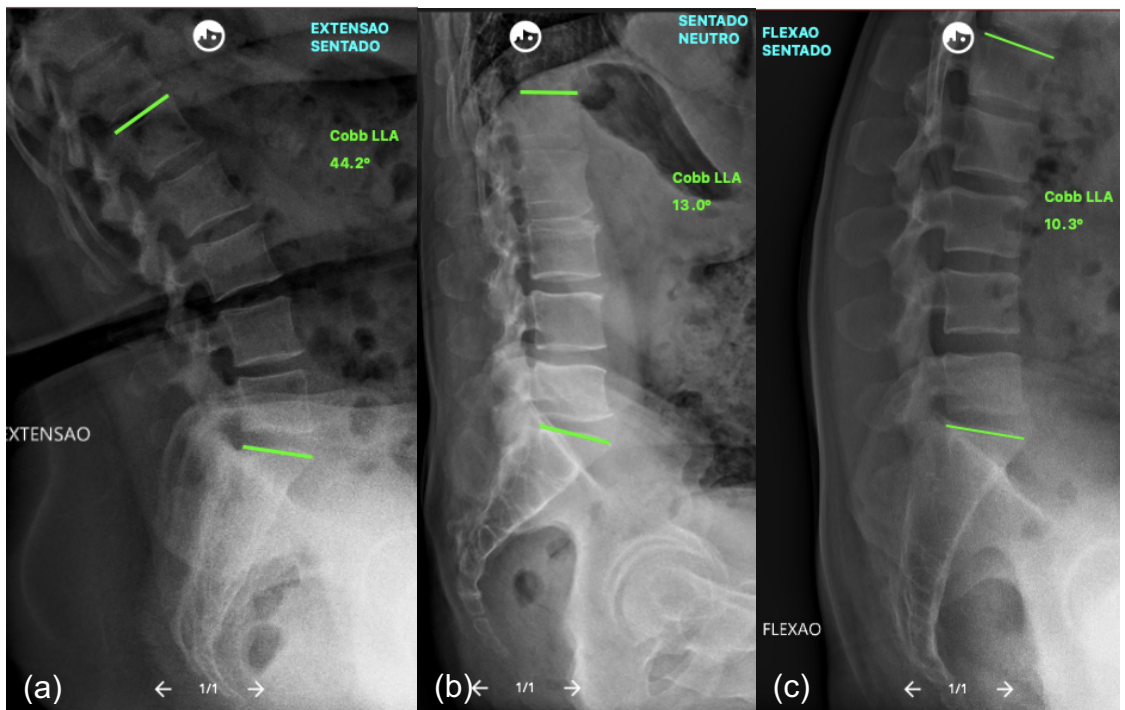


Figura 14 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar anatômica na posição sentada em extensão (a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.

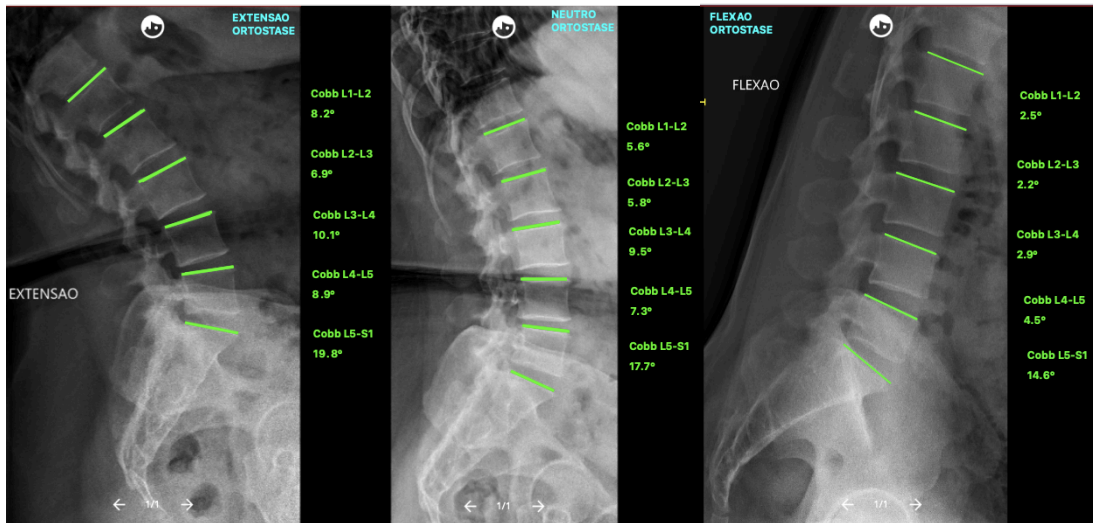


Figura 15 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar segmentar de L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 na posição ortostática em extensão(a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.

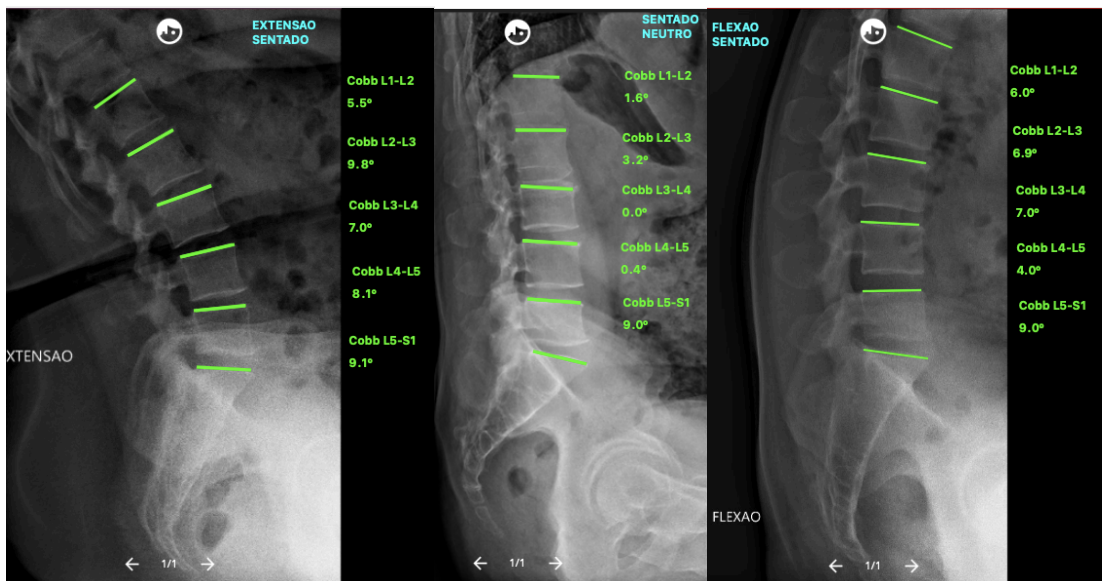


Figura 16 – Ilustração da padronização de mensuração da lordose lombar segmentar de L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 na posição sentada em extensão(a), neutro (b) e flexão (c) utilizando a ferramenta do ângulo de Cobb no aplicativo SURGIMAP nos indivíduos normais.

Foram avaliados os seguintes parâmetros espinopélvicos utilizando as ferramentas de mensurações do SURGIMAP (“PI-LL” e “Pelvic”): Incidência pélvica (IP ou PI), versão pélvica (VP ou PT), inclinação sacral (IS ou SS). A padronização

das medidas seguiu a seguinte ordem de acordo com o parâmetro anatômico PI que não muda com a posição do paciente: primeiramente utilizamos a ferramenta “Pelvic” para medir a incidência pélvica de forma mais precisa através da marcação de 06 pontos na radiografia (Ponto 1: borda anterior do platô superior de S1; Ponto 2: borda posterior do platô superior de S1; Ponto 3: contorno da cabeça femoral 1; Ponto 4: contorno oposto ao ponto 3 da cabeça femoral 1; Ponto 5: contorno da cabeça femoral 2; Ponto 6: contorno oposto ao ponto 5 da cabeça femoral 2). Assim o SURGIMAP informa os valores dos parâmetros pélvicos (PI e PT, Figura 17).

Foi utilizada a ferramenta “PI-LL” para a correta mensuração da versão pélvica (PT) e inclinação sacral (SS) através da marcação de 08 pontos na radiografia: Ponto 1: contorno da cabeça femoral 1; Ponto 2: contorno oposto ao ponto 1 da cabeça femoral 1; Ponto 3: contorno da cabeça femoral 2; Ponto 4: contorno oposto da cabeça femoral 2. Ponto 5: borda anterior e superior do platô superior de S1; Ponto 6: borda posterior e superior do platô superior de S1; Ponto 7: borda anterior e superior do platô superior de L1; Ponto 8: borda posterior e superior do platô superior de L1. Assim, o SURGIMAP informa todos os valores espinopélvicos (PI, PT e SS, Figura 18).

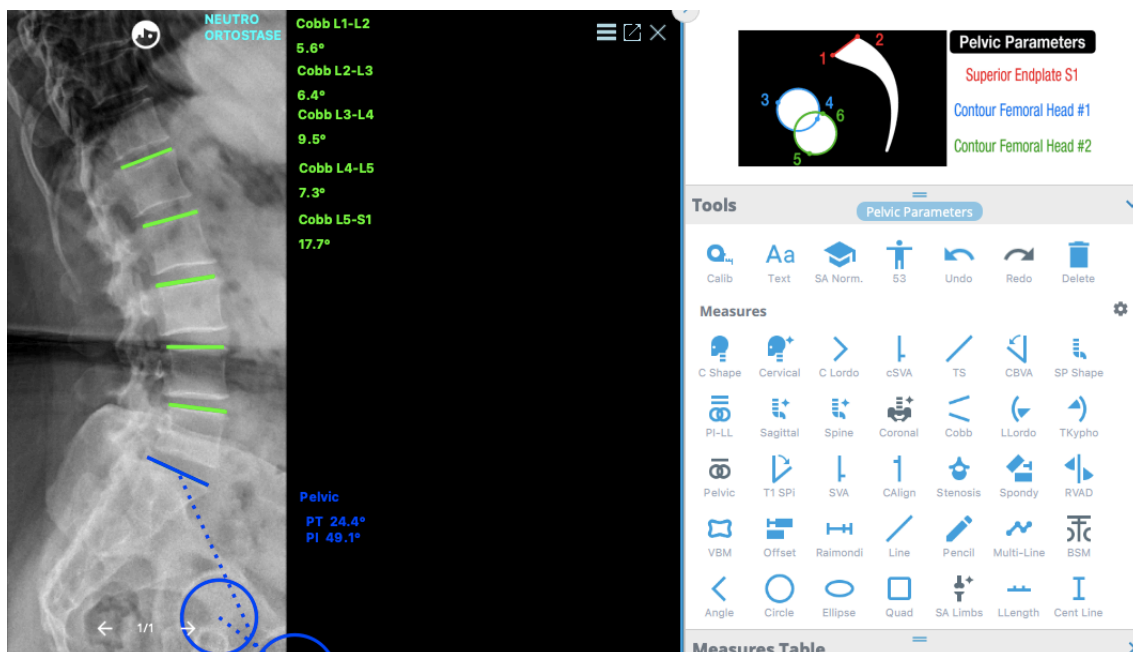


Figura 17 – Ilustração da padronização para a medição da incidência pélvica utilizando a ferramenta “Pelvic” do aplicativo SURGIMAP.

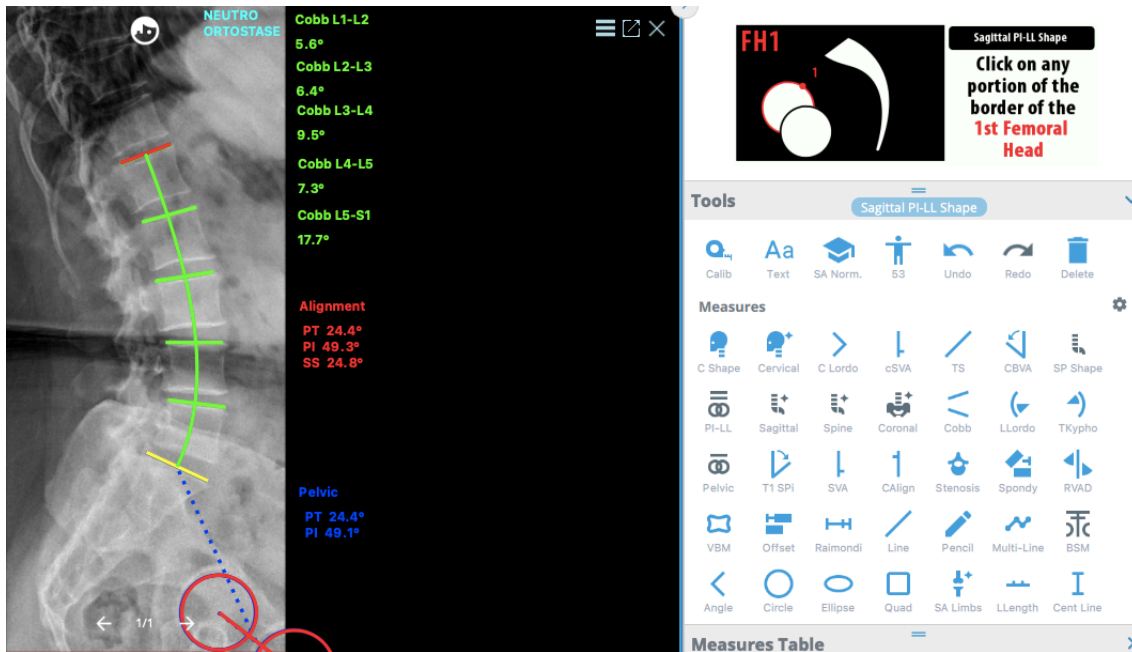


Figura 18 – Ilustração da padronização para a medição de todos os parâmetros espinopélvicos (PI, PT e SS) utilizando a ferramenta “Pelvic” do aplicativo SURGIMAP.

A amplitude de movimento da coluna lombar e a instabilidade lombar foi avaliada pelo “ Δ ” que representa a diferença dos valores absolutos da lordose lombar anatômica (LLA) ou segmentar (L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1) na posição de extensão e flexão (Δ LLA = LL extensão – LL flexão).

3.5 Análise estatística

Os dados demográficos e radiográficos foram descritos através de frequências absolutas e percentuais (variáveis qualitativas) e por meio de medidas como média, desvio-padrão, mínimo e máximo e diferença (variáveis quantitativas). A média e o desvio padrão de todos os ângulos foram calculados.

As variáveis numéricas foram submetidas à avaliação da distribuição dos dados por meio do teste de normalidade de Shapiro- Wilk. As diferenças estatísticas entre ângulos em diferentes as posturas foram calculadas usando uma comparação de dois grupos foi feita através do teste t pareado ou não pareado.

As comparações entre os grupos foram feitas através da análise de variância (ANOVA). Além de também ter sido utilizado testes de intervalo post hoc e comparações múltiplas entre pares podem determinar quais médias diferem (Tukey ou Sidak) se necessário.

As correlações foram avaliadas da seguinte forma: A suposição de normalidade das amostras foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk, que com p-valor menor que 0.05 rejeitando ou p-valor maior que 0,05 aceitando ou rejeitando a normalidade da distribuição como do parâmetro a ser avaliado. Com a suposição de normalidade sendo confirmada ou descartada, justificamos a utilização do teste não paramétrico de correlação de spearman ou teste paramétrico de correlação de pearson. Coeficientes de correlação de 0,00–0,10, 0,10–0,39, 0,40–0,69, 0,70–0,89 e 0,90–1,00 foram definidos como correlação insignificante, fraca, moderada, forte e muito forte, respectivamente.

As variáveis numéricas obtidas por meio das medições foram categorizadas em uma tabela no software Microsoft Excel® (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) e posteriormente importados para análises estatísticas no GraphPad Prism® (GraphPad® Software – versão 9.4.3 para MacOS, Califórnia, USA). Para todas as comparações estatísticas, valores-p <0,05 foram considerados significativos.

4. RESULTADOS

Foram estudadas as radiografias em perfil de 60 indivíduos adultos assintomáticos (normais), de ambos os sexos (43 homens e 17 mulheres, com idade variando de 18 a 55 anos (média 21 anos \pm 8,24).

Iniciamos os resultados com a análise comparativa entre os sexos referente aos dados da amplitude de movimento. A flexibilidade lombar ou amplitude de movimento foi avaliada pelo “ Δ ” que representa a diferença dos valores absolutos da lordose lombar (LL) na posição de extensão para flexão (Δ LL = LL extensão - LL flexão). A suposição de normalidade das amostras foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk, que com p-valor menor que 0.05 rejeitando a normalidade da distribuição tanto do Δ LLA (sentado e ortostática) como idade. Como a suposição de normalidade foi descartada, justificamos a utilização do teste não paramétrico de correlação de Spearman ao invés da correlação de Pearson. Coeficientes de correlação de 0,00–0,10, 0,10–0,39, 0,40–0,69, 0,70–0,89 e 0,90–1,00 foram definidos como correlação insignificante, fraca, moderada, forte e muito forte, respectivamente. Assim, a idade não teve correlação com a amplitude de movimento lombar Δ LLA tanto sentado ($r = -0,02564$, $p = 0,8458$), como Δ LLA em ortostase ($r = -0,01752$, $p = 0,8943$) (Figura 19).

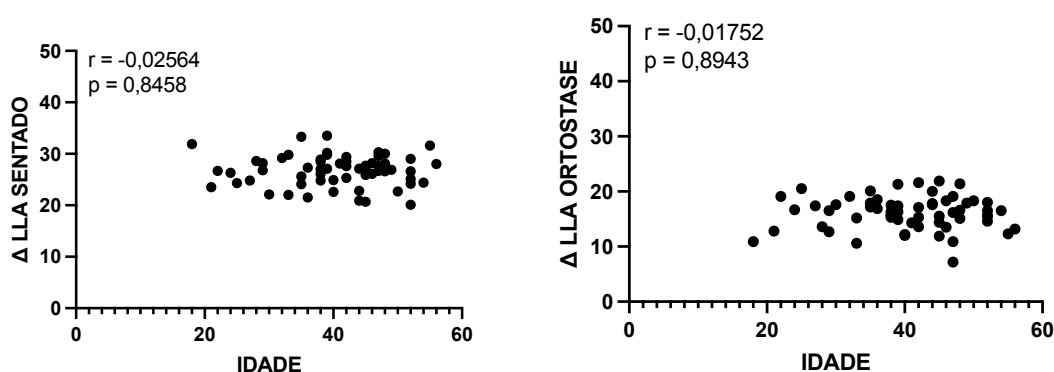


Figura 19 – Gráficos de dispersão ilustrando a correlação entre a amplitude de movimento lombar (Δ LLA) na posição sentada e ortostática

4.1 Lordose lombar e associação ao sexo

A comparação da amplitude do movimento da coluna lombar em relação ao sexo, e utilizando teste ANOVA mostrou diferença estatística. O sexo feminino apresentou maior amplitude de movimento nas radiografias realizadas na posição sentada (Δ LLA Sentado: feminino, $28,03 \pm 2,90$ vs masculino $26,18 \pm 2,85$, $p = 0,0403^*$). Os resultados estão descritos na tabela 01 e ilustrados na figura 20.

Tabela 01 – Análise comparativa da amplitude de movimento da coluna lombar na posição sentada e ortostática no sexo masculino e feminino (teste ANOVA com significância estatística $p < 0,05$ nos indivíduos normais ($n=60$)).

SEXO	Masculino (n = 43)	Feminino (n = 17)	ANOVA p Valor
Δ LLA Sentado	$26,18 \pm 2,85$	$28,03 \pm 2,90$	$p = 0,0403^*$
Δ LLA Ortostática	$15,84 \pm 2,38$	$16,18 \pm 3,17$	$P = 0,8887$

Os valores são apresentados como média \pm DP, DP = Desvio padrão

* Estatisticamente significativo.

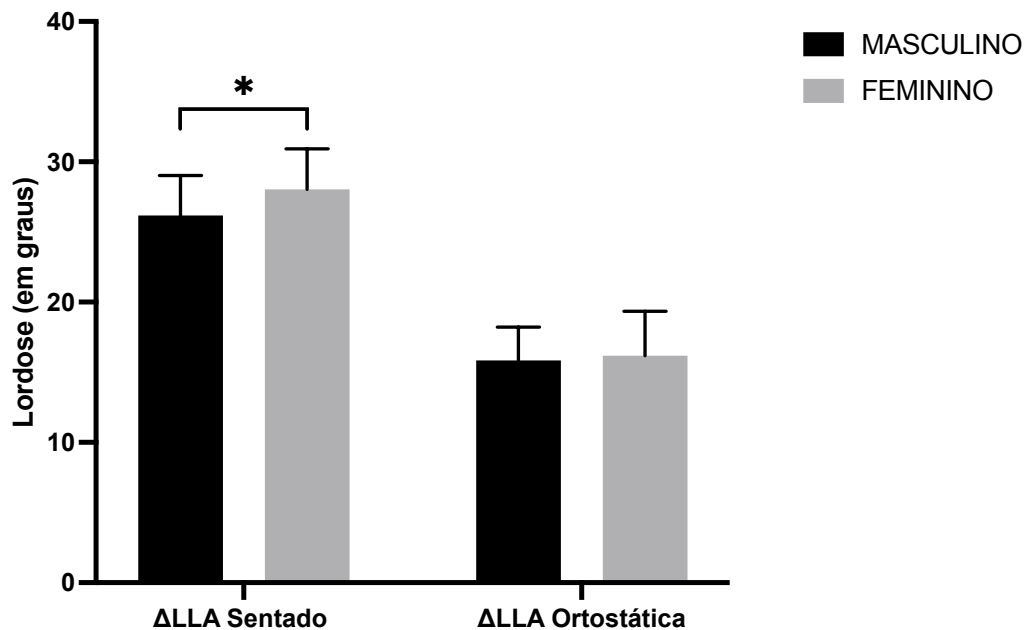


Figura 20 – Gráfico ilustrando a amplitude de movimento da coluna lombar no sexo masculino e feminino.

4.2 Lordose lombar anatômica (LLA)

A média da lordose lombar anatômica na posição em ortostase durante a extensão variou entre 50,70 a 59,00 graus. Sua média foi 56,71, com desvio padrão de 2,05. Na posição em ortostase, em neutro a média variou entre 42,70 a 51,90. Sua média foi 48,48, com desvio padrão de 2,17. Na posição ortostática em flexão, a média variou entre 37,00 a 44,90. Sua média foi 40,61, com desvio padrão de 2,14. A lordose lombar anatômica na posição sentada durante a extensão a média de variou entre 37,20 a 50,50. Sua média foi 43,30, com desvio padrão de 2,59. Na posição sentada em neutro, variou entre 13,20 a 34,60. Sua média foi 24,06, com desvio padrão de 4,101. Na posição sentada em flexão, variou de 11,90 a 19,70. Sua média foi 16,60, com desvio padrão de 1,37. (Tabela 02)

Tabela 02 – Distribuição da lordose lombar na posição ortostática e sentada durante a flexão, neutro e extensão nos indivíduos pacientes normais (n = 60).

LLA	Extensão	Neutro	Flexão	ANOVA p valor
	Média±DP	Média±DP	Média±DP	
Ortostática	56,71±2,05	48,48±2,17	40,61±2,14	< 0,0001*
Sentado	43,30±2,59	24,06±4,10	16,60±1,37	< 0,0001*

Os valores são apresentados como média ± DP, DP = Desvio padrão.

* Estatisticamente significativo.

A avaliação da lordose lombar levou em consideração dois parâmetros iniciais: o primeiro foi comparar a lordose lombar anatômica (LLA) com paciente ortostática na posição extensão, neutro e flexão em relação ao paciente sentada em extensão, neutro e flexão. Assim, as diferenças dos valores absolutos lordose lombar anatômica entre na posição ortostática e sentado nas diferentes posições (extensão, neutro e flexão) evidenciou que durante a extensão ocorreu a maior lordose lombar tanto na posição ortostática como sentado com significância estatística ($p < 0,005$) conforme figura 21 aplicando o teste 2way ANOVA e o pós-teste de comparações múltiplas de Sidák's. (LLA ortostática: Extensão, 56,71±2,05 vs. Neutro, 48,48±2,17 vs Flexão 40,61±2,14, $p < 0,001^{***}$; e LLA sentado: Extensão, 43,30±2,59 vs. Neutro, 24,06±4,10 vs Flexão 16,60±1,37, $p < 0,001^{***}$).

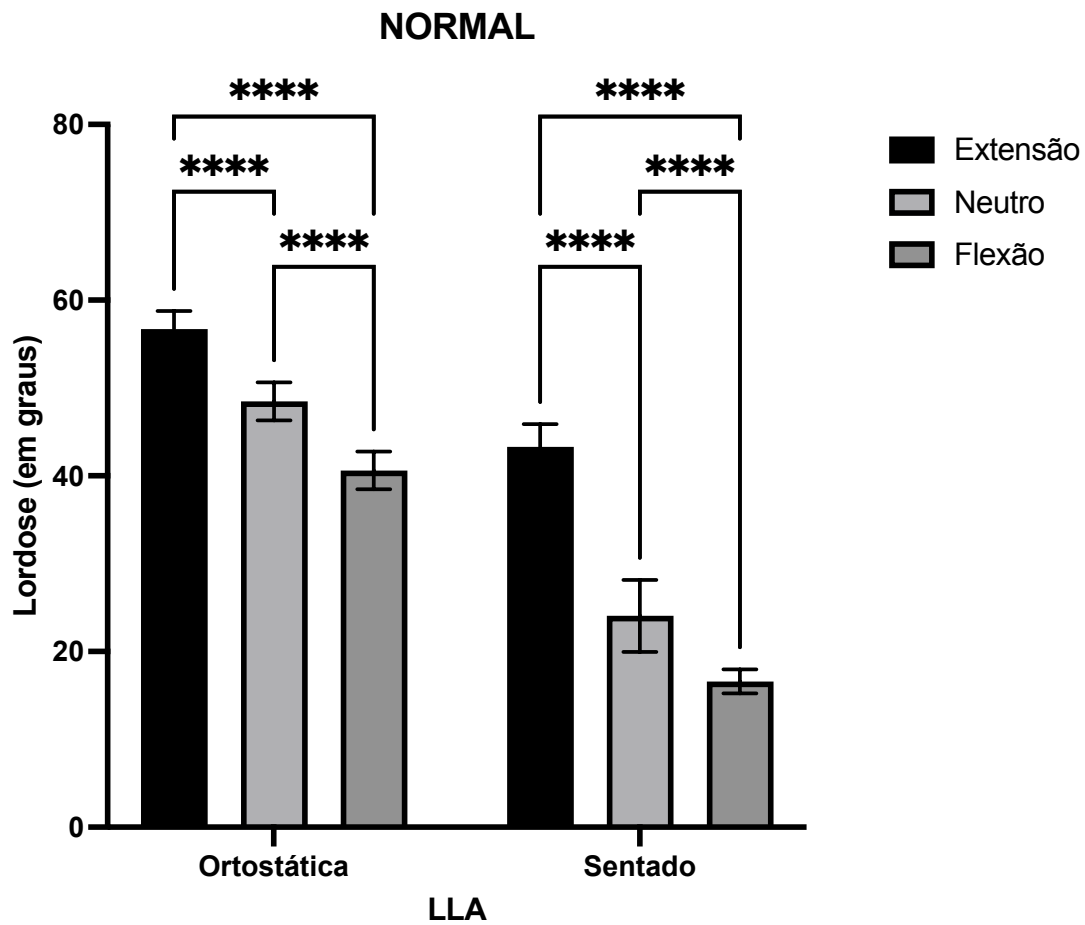


Figura 21– Comparação da lordose lombar anatômica (LLA) em extensão, neutro e flexão na posição ortostática e sentada.

O segundo parâmetro foi avaliar a lordose lombar pela diferença dos valores absolutos entre a flexão e a extensão nas posições ortostática e sentado. De acordo com a figura 22: Extensão: LLA ortostática, $56,71 \pm 2,05$ vs. LLA sentado, $43,30 \pm 2,59$ $p < 0,001^{***}$; Neutro: LLA ortostática, $48,48 \pm 24,06$ vs. LLA sentado, $24,06 \pm 4,10$ $p < 0,001^{***}$ e Flexão: LLA ortostática, $40,61 \pm 2,14$ vs. LLA sentado, $16,60 \pm 1,37$ $p < 0,001^{***}$). A lordose lombar na posição sentada apresentou menor valor comparado com a posição neutra e em extensão.

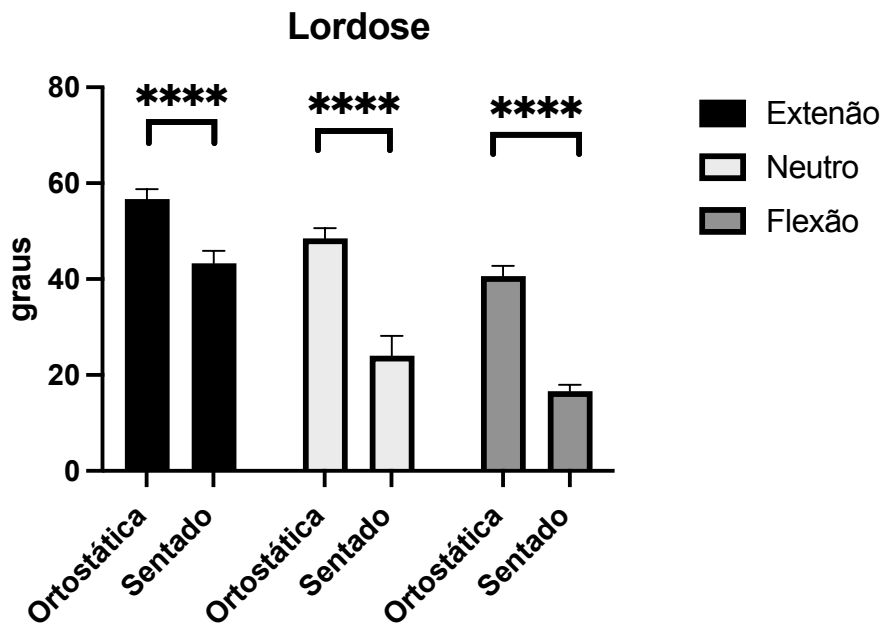


Figura 22 – Comparação da lordose lombar anatômica (LLA) em flexão, neutro e em extensão na posição ortostática e sentada nos indivíduos normais.

Outro parâmetro importante para avaliar a lordose lombar é a amplitude da lordose lombar anatômica (LLA) com o indivíduo sentado na posição em extensão, neutro e flexão em relação ao paciente em ortostase na posição extensão, neutro e flexão. Assim, as diferenças da lordose lombar anatômica entre em ortostase e sentado nas diferentes posições (extensão, neutro e flexão) evidenciou uma maior lordose na posição ortostática em extensão com significância estatística conforme figura 23. Além disso, a maior diferença entre as médias (DM) nas diferentes posições, foram: Sentado extensão $43,30 \pm 2,56$ vs Ortostase Extensão $56,7 \pm 2,03$, DM 13,40, $p < 0,0001$, Sentado Neutro $24,06 \pm 4,10$ vs Ortostase neutro $48,48 \pm 2,4$, DM 24,42 $p < 0,0001$, Sentado flexão $16,59 \pm 1,35$ vs Ortostase flexão $40,61 \pm 2,12$, DM 24,02 $p < 0,0001$.

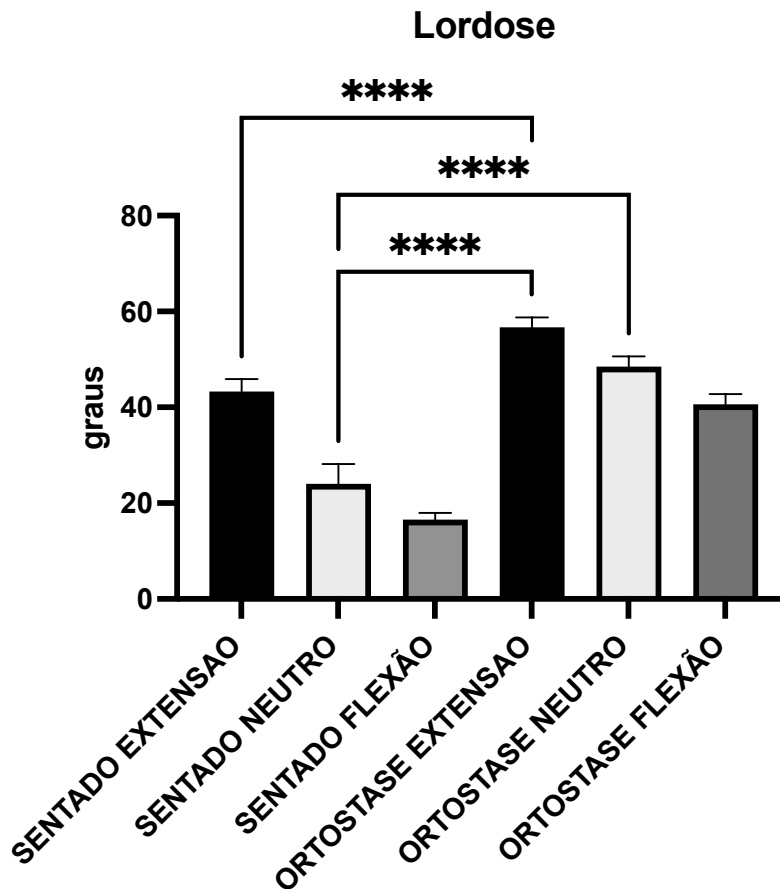


Figura 23 – Comparação da lordose lombar anatômica (LLA) com paciente sentado na posição extensão, neutro e flexão em relação ao paciente em ortostase na posição extensão, neutro e flexão. Teste ANOVA com *** representado significância estatística ($p < 0,005$) e pós teste de Tukey com combinação múltipla.

4.3 Lordose lombar na posição sentada

Os valores absolutos da lordose lombar anatômica na posição sentada durante a extensão variaram de 37,2 a 50,5. Sua média foi de 43,30, com desvio padrão de 2,57. Os valores absolutos da lordose lombar anatômica na posição sentado em neutro variaram de 13,2 a 34,6. Sua média foi de 24,06, com desvio padrão de 4,06. Já os valores absolutos da lordose lombar anatômica na posição sentado durante a flexão variaram de 11,4 a 19,7. Sua média foi de 16,59, com desvio padrão de 1,35. As médias absolutas, desvio padrão, porcentagem de contribuição para a lordose lombar segmentar nos níveis L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 na posição sentada estão ilustradas na tabela 03.

Tabela 03 – Todos os pacientes normais na posição sentada (n=60). Teste ANOVA com * representado significância estatística ($p < 0,005$) e pós teste de Tukey com combinação múltipla.

Nível	Sentado						
	Extensão Média±DP	%	Neutro Média±DP	%	Flexão Média±DP	%	P valor
LLA	43,30±2,57	100	24,06±4,07	100	16,59±1,35	100	<.001
L1-L2	2,76±0,45	6,26	5,76±0,97	22,9	1,29±0,35	4,6	<.001
L2-L3	8,31±0,38	18,9	2,07±0,34	8,2	0,59±0,28	2,1	<.001
L3-L4	8,43±0,37	19,1	1,86±0,31	7,4	-4,96±0,94	17,7	<.001
L4-L5	8,20±0,28	18,6	3,48±0,59	13,9	6,81±0,68	24,4	<.001
L5-S1	16,37±1,13	37,2	11,97±2,01	47,6	14,31±1,64	51,2	<.001

Os valores são apresentados como média ± DP, DP = Desvio padrão.

* Estatisticamente significativo.

Na posição sentada, os maiores valores médios da lordose durante a extensão, neutro e flexão foram no segmento L5-S1 (Extensão: 16,37±1,13, 37% vs. Neutro: 11,97±2,01, 48%, Flexão: 19,49±1,37, 65%, $p < 0,001$) e a menor média da lordose foi no segmento L3-L4 durante a flexão (-4,96±0,94, $p < 0,001$) com inversão da lordose (cifotização). Além disso, O valor médio da contribuição de cada segmento para a lordose foi maior significativamente durante extensão e menor durante a flexão (Figura 24).

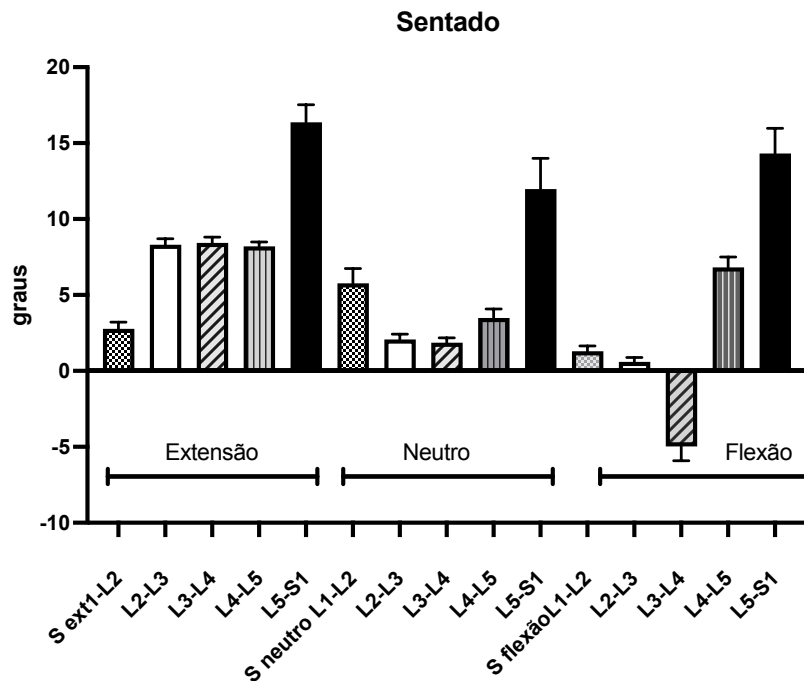


Figura 24 – Lordose lombar segmentar na posição sentada durante a extensão, flexão e posição neutra em indivíduos normais

4.4 Lordose lombar na posição ortostática

Os valores absolutos da lordose lombar anatômica na posição sentada durante a extensão variaram de 37,2 a 50,5 graus. Sua média foi de 43,30 graus, com desvio padrão de 2,57. Os valores absolutos da lordose lombar anatômica na posição sentado em neutro variaram de 13,2 a 34,6 graus. Sua média foi de 24,06 graus, com desvio padrão de 4,06. Já os valores absolutos da lordose lombar anatômica na posição sentado durante a flexão variaram de 11,4 a 19,7 graus. Sua média foi de 16,59 graus, com desvio padrão de 1,35. As médias absolutas, desvio padrão, porcentagem de contribuição para a lordose lombar segmentar nos níveis L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1 na posição sentada estão ilustradas na tabela 04.

Tabela 04 – Todos os pacientes normais na posição ortostática (n=60). Teste ANOVA com (*) representado significância estatística ($p < 0,005$) e pós teste de Tukey com combinação múltipla.

Nível	Ortostase						
	Extensão Média±DP	%	Neutro Média±DP	%	Flexão Média±DP	%	P valor
LLA	56,70±2,03	100	48,48±2,51	100	40,61±2,12	100	<.001
L1-L2	9,2±0,47	17	6,67±0,29	13,8	0,61±0,24	1,55	<.001
L2-L3	5,36±0,41	10	10,17±3,09	20,8	5,26±0,40	13,42	<.001
L3-L4	8,62±0,40	15	8,09±2,31	16,7	6,20±0,42	15,70	<.001
L4-L5	14,40±1,09	26	9,49±1,50	19,6	7,67±0,61	19,43	<.001
L5-S1	17,78±0,93	32	14,05±4,91	29,1	19,71±1,50	49,90	<.001

Os valores são apresentados como média ± DP, DP = Desvio padrão.

* Estatisticamente significativo.

Continuando a avaliação da lordose na posição ortostática, os maiores valores médios da lordose durante a extensão, neutro e flexão foram no segmento L5-S1 (Extensão: 17,78±0,93, 32% vs. Neutro: 14,05±4,91, 29%, Flexão: 19,71±1,50, 49,90%, $p < 0,001$) e a menor média da lordose foi no segmento L3-L4 durante a flexão (-4,96±0,94, $p < 0,001$) com inversão da lordose (cifotização). Além disso, o valor médio de cada segmento lombar para lordose foi maior significativamente durante extensão e menor durante a flexão (Figura 25).

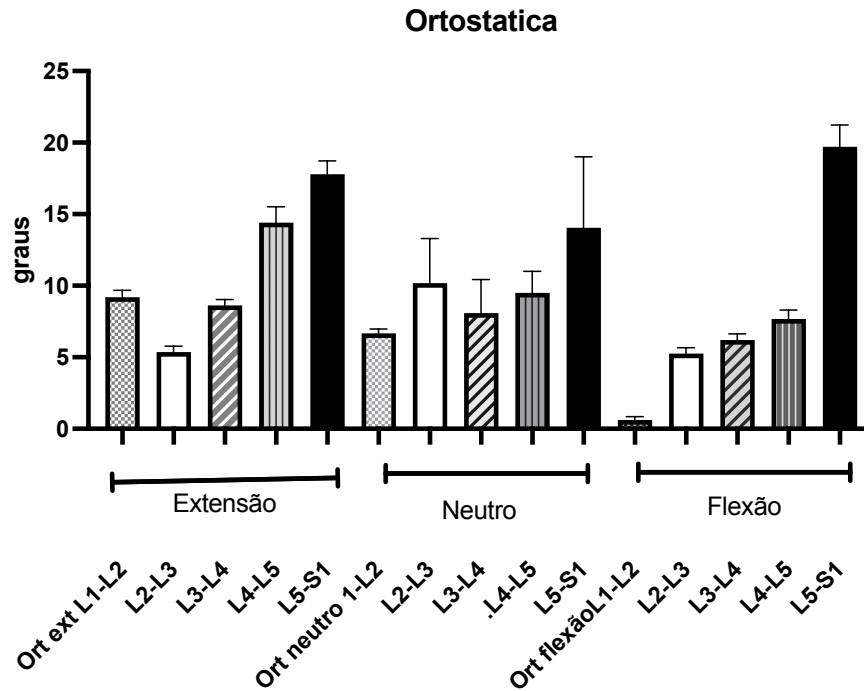


Figura 25 – Lordose lombar segmentar na posição ortostática durante a extensão, flexão e posição neutra

4.5 Lordose lombar segmentar na extensão

Os valores absolutos da lordose L1-L2 na posição ortostática durante a extensão variaram de 8 a 10,5. Sua média foi de 9,20, com desvio padrão de 0,48. Os valores absolutos da lordose L1-L2 na posição sentada durante a extensão variaram de 1,9 a 3,9. Sua média foi de 2,76, com desvio padrão de 0,45. Os valores absolutos da lordose L2-L3 na posição ortostática durante a extensão variaram de 4,3 a 6,0. Sua média foi de 5,37, com desvio padrão de 0,41. Os valores absolutos da lordose L2-L3 na posição sentada durante a extensão variaram de 7,2 a 9,5. Sua média foi de 8,51, com desvio padrão de 0,54. Os valores absolutos da lordose L3-L4 na posição ortostática durante a extensão variaram de 7,5 a 9,4. Sua média foi de 8,20, com desvio padrão de 0,28. Os valores absolutos da lordose L3-L4 na posição sentada durante a extensão variaram de 7,5 a 9,4. Sua média foi de 8,43, com desvio padrão de 0,37. Os valores absolutos da lordose L4-L5 na posição ortostática durante a extensão variaram de 11,9 a 17. Sua média foi de 14,41, com desvio padrão de 1,10. Os valores absolutos da lordose L4-L5 na posição sentada durante a extensão

variaram de 7,2 a 8,7. Sua média foi de 8,20, com desvio padrão de 0,28. Os valores absolutos da lordose L5-S1 na posição ortostática durante a extensão variaram de 15,4 a 20,1. Sua média foi de 17,79, com desvio padrão de 0,94. Os valores absolutos da lordose L5-S1 na posição sentada durante a extensão variaram de 11,9 a 18,5. Sua média foi de 16,37, com desvio padrão de 1,13.

Assim, os valores absolutos da lordose durante a extensão nos segmentos L4-L5 (Ortostase: $14,41 \pm 1,10$ vs. Sentado: $8,20 \pm 0,28$, $p < 0,001^{***}$) e L5-S1 (Ortostase: $17,79 \pm 0,94$ vs. Sentado: $16,37 \pm 1,13$, $p < 0,001^{***}$) foram os mais altos. A posição ortostática apresentou maior lordose nos segmentos L1-L2 (Ortostase: $9,20 \pm 0,48$ vs. Sentado: $2,76 \pm 0,45$, $p < 0,001^{***}$), (Ortostase: $14,41 \pm 1,10$ vs. Sentado: $8,20 \pm 0,28$, $p < 0,001^{***}$) e L5-S1 (Ortostase: $17,79 \pm 0,94$ vs. Sentado: $16,37 \pm 1,13$, $p < 0,001^{***}$). O segmento L1-L2 na posição sentada teve o menor valor médio da lordose lombar. Além disso, no segmento L3-L4 não teve diferença estatística significativa se compararmos a posição ortostática com a sentada. (Figura 26)

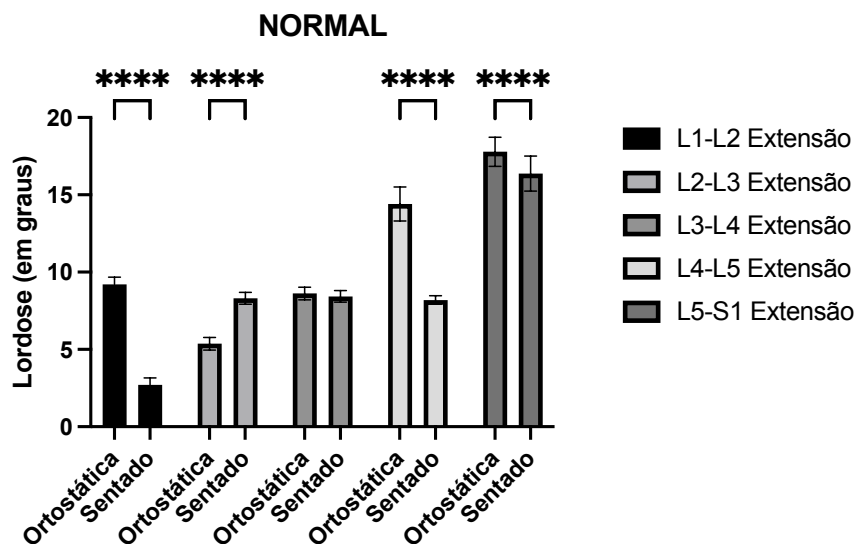


Figura 26 – Lordose lombar segmentar durante a extensão na posição ortostática e sentada em indivíduos normais. Teste ANOVA com (***) representado significância estatística ($p < 0,001$).

4.6 Lordose lombar segmentar na posição em neutro

Os valores absolutos da lordose L1-L2 na posição ortostática em neutro variaram de 5,87 a 7,14 graus. Sua média foi de 6,67 graus, com desvio padrão de 0,29. Os valores absolutos da lordose L2-L3 na posição ortostática em neutro variaram de 3,8 a 17. Sua média foi de 10,17, com desvio padrão de 3,09. Os valores absolutos da lordose L3-L4 na posição ortostática em neutro variaram de 3 a 14. Sua média foi de 8,09, com desvio padrão de 2,31. Os valores absolutos da lordose L4-L5 na posição ortostática em neutro variaram de 6 a 12. Sua média foi de 9,49, com desvio padrão de 1,50. Os valores absolutos da lordose L5-S1 na posição ortostática em neutro variaram de 2,0 a 23,8. Sua média foi de 14,05, com desvio padrão de 4,91. Os valores absolutos da lordose L1-L2 na posição sentado em neutro variaram de 3,2 a 8,3. Sua média foi de 5,76, com desvio padrão de 0,97. Os valores absolutos da lordose L2-L3 na posição sentado em neutro variaram de 1,1 a 3. Sua média foi de 2,07, com desvio padrão de 0,34. Os valores absolutos da lordose L3-L4 na posição sentado em neutro variaram de 1 a 2,7. Sua média foi de 1,85, com desvio padrão de 0,31. Os valores absolutos da lordose L4-L5 na posição sentado em neutro variaram de 1,9 a 5. Sua média foi de 3,48, com desvio padrão de 0,59. Os valores absolutos da lordose L5-S1 na posição sentado em neutro variaram de 6,6 a 17,2. Sua média foi de 11,96, com desvio padrão de 2,01 (Figura 27).

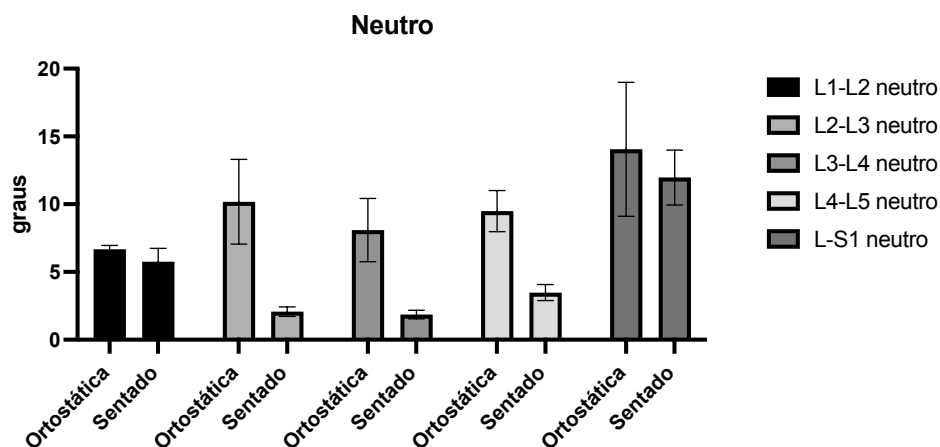


Figura 27 – Lordose lombar segmentar na posição ortostática e sentado em neutro em indivíduos normais.

Os maiores valores médios da contribuição de cada segmento para a lordose lombar foram nos segmentos L5-S1 na posição em neutro. A posição ortostática

apresentou a maior lordose em todos os segmentos em comparação com a posição sentada.

4.7 Lordose lombar segmentar na posição em flexão

Os valores absolutos da lordose L1-L2 na posição ortostática em flexão variaram de 0,1 a 1,1. Sua média foi de 0,61, com desvio padrão de 0,24. Os valores absolutos da lordose L2-L3 na posição ortostática em flexão variaram de 4,3 a 6. Sua média foi de 5,26, com desvio padrão de 0,40. Os valores absolutos da lordose L3-L4 na posição ortostática em flexão variaram de 5,4 a 7,1. Sua média foi de 6,20, com desvio padrão de 0,42. Os valores absolutos da lordose L4-L5 na posição ortostática em flexão variaram de 6,3 a 9,2. Sua média foi de 7,67, com desvio padrão de 0,61. Os valores absolutos da lordose L5-S1 na posição ortostática em flexão variaram de 15,8 a 23. Sua média foi de 19,71, com desvio padrão de 1,50. Os valores absolutos da lordose L1-L2 na posição sentado em flexão variaram de 0,5 a 1,8. Sua média foi de 1,30, com desvio padrão de 0,35. Os valores absolutos da lordose L2-L3 na posição sentada em flexão variaram de 0 a 1,1. Sua média foi de 0,59, com desvio padrão de 0,29. Os valores absolutos da lordose L3-L4 na posição sentado em flexão variaram de -6,7 a -2,8. Sua média foi de 1,30, com desvio padrão de 0,35. Os valores absolutos da lordose L4-L5 na posição sentado em flexão variaram de 5,8 a 8,7. Sua média foi de 6,82, com desvio padrão de 0,68. Os valores absolutos da lordose L5-S1 na posição sentado em flexão variaram de 11,9 a 18. Sua média foi de 14,32, com desvio padrão de 1,65.

A maior amplitude da média da lordose lombar segmentar foi em nível de L3-L4 evidenciando uma inversão da lordose na posição sentada. Com isso, o nível L3-L4 foi o que apresentou maior flexibilidade segmentar se compararmos as posições ortostática e sentada. O maior valor médio da lordose lombar segmentar em flexão foi no segmento L5-S1 tanto sentado como em ortostase. Além disso, a menor variação da lordose lombar segmentar em flexão nas duas posições foi em nível de L1-L2. (Figura 28)

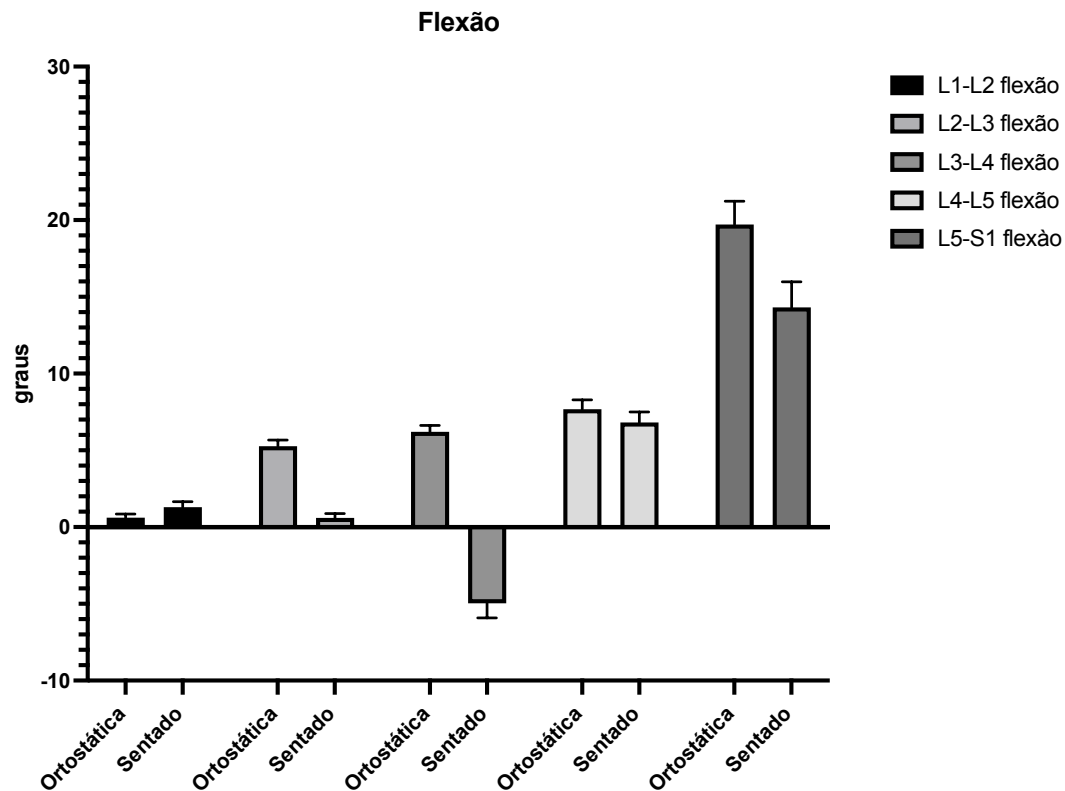


Figura 28 – Lordose lombar segmentar na posição ortostática e sentado em flexão.

4.8 Amplitude da Lordose lombar anatômica (Δ LLA)

A média do Δ LLA sentado foi maior em comparação com o Δ LLA ortostática em pacientes normais (Δ LLA sentado: $26,71 \pm 3,01$ vs Δ LLA ortostática: $16,09 \pm 3,00$, $p < 0,001^{****}$). Assim, as radiografias na posição sentada foram superiores para avaliar a flexibilidade da lordose lombar em comparação com a na posição ortostática com significância estatística ($p < 0,0001$) aplicando o test-t pareado, além disso foi realizado teste de Shapiro-Wilk, com p-valor maior que 0.05 confirmando a normalidade da distribuição dos grupos (Figura 29).

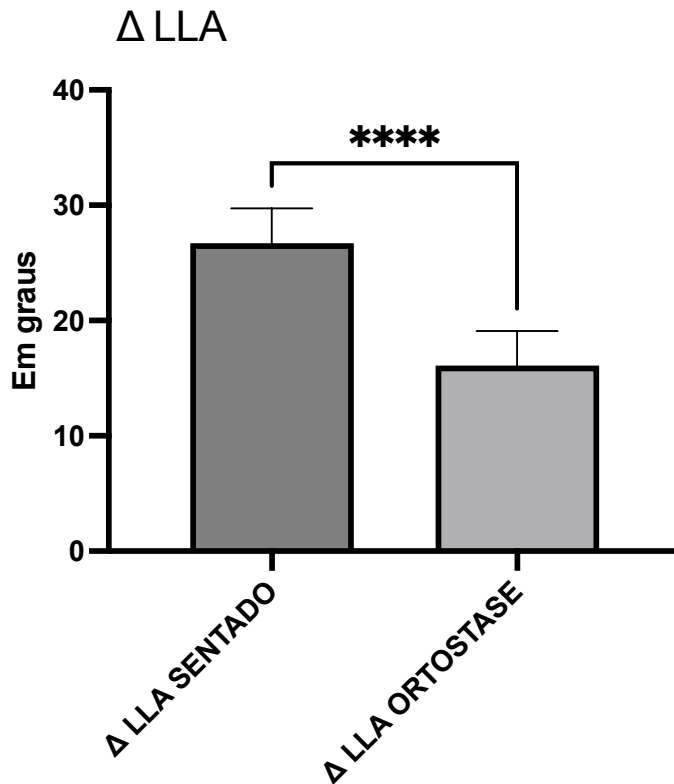


Figura 29 – Gráfico de barras ilustrando a flexibilidade lombar na posição sentada e ortostática

4.9 Amplitude de movimento da lombar segmentar

Os valores absolutos, médias, desvio padrão, porcentagem de contribuição para a flexibilidade lombar segmentar nos níveis Δ L1-L2, Δ L2-L3, Δ L3-L4, Δ L4-L5 e Δ L5-S1 na posição sentada e ortostática estão ilustradas na tabela 05.

Tabela 05 – Todos os pacientes normais na posição sentada e ortostática (n=60)

Segmento	Sentado Média±DP	%	Ortostática Média±DP	%	ANOVA p valor ***
Δ LLA	26,71±3,01	100	16,09±3,00	100	<0,001
Δ L1-L2	1,47±0,48	5,6	8,58±0,51	43,3	<0,001
Δ L2-L3	7,71±0,55	29,6	0,1±0,54	0,5	<0,001
Δ L3-L4	13,40±0,97	51,3	2,41±0,58	12,2	<0,001
Δ L4-L5	1,38±0,71	5,3	6,73±1,25	34,0	<0,001
Δ L5-S1	2,06±1,79	8,0	-1,92±1,71	9,7	<0,001

Os valores são apresentados como média ± DP, DP = Desvio padrão.

*** Estatisticamente significativo

De acordo com a tabela 05, a avaliação da flexibilidade lombar segmentar em pacientes normais evidenciou a média do Δ LL1-L2 na posição ortostática variou de 7,4 a 9,9 (média 8,58 graus \pm 0,51). A média do Δ L1-L2 na posição sentada variou de 0,60 a 2,60 (média 1,47 graus \pm 0,48). A média do Δ L2-L3 na posição ortostática variou de -1 a 1,6 (média 0,10 graus \pm 0,54). A média do Δ L2-L3 na posição sentada variou de 6,40 a 9,00 (média 7,71 graus \pm 0,55). A média do Δ L3-L4 na posição ortostática variou de 1,20 a 3,80 (média 2,41 graus \pm 0,58). A média do Δ L3-L4 na posição sentada variou de 11,30 a 15,50 (média 13,40 graus \pm 0,97). A média do Δ L4-L5 na posição ortostática variou de 3,50 a 9,40 (média 6,73 graus \pm 1,25). A média do Δ L4-L5 na posição sentada variou de -0,40 a 2,40 (média 1,38 graus \pm 0,71). A média do Δ L5-S1 na posição ortostática variou de -5,70 a 2,10 (média -1,92 graus \pm 1,71). A média do Δ L5-S1 na posição sentada variou de -5,70 a 2,10 (média 2,06 graus \pm 1,79).

Assim, a maior flexibilidade lombar segmentar foi na posição sentada no segmento Δ L3-L4 (Sentado: 13,40 \pm 0,97 vs Ortostática: 2,41 \pm 0,58, $p < 0,0001$ ***). Os segmentos Δ L2-L3, Δ LL3-L4 e Δ L5-S1 foram mais flexíveis significativamente na posição sentada. Já os segmentos Δ LL1-L2 e Δ L4-L5 foram mais flexíveis significativamente na posição ortostática. (Figura 30)

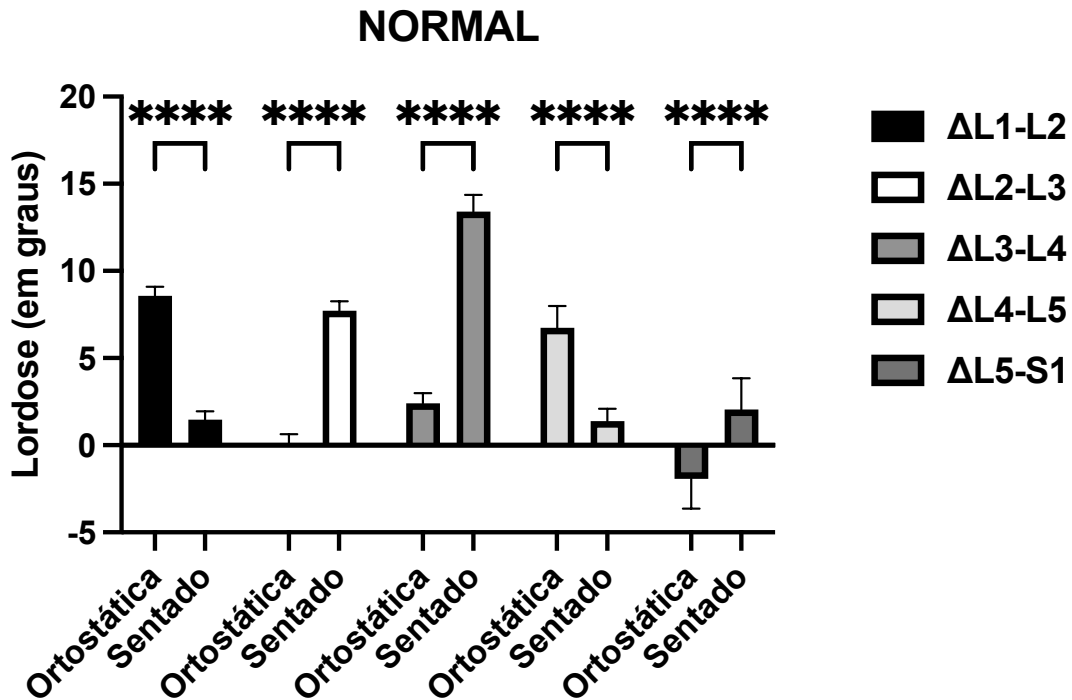


Figura 30 – Gráficos de barras ilustrando a distribuição de médias do $\Delta L1-L2$, $\Delta L2-L3$, $\Delta L3-L4$, $\Delta L4-L5$, $\Delta L5-S1$ na posição sentada e ortostática em indivíduos normais.

4.10 Lordose lombar dinâmica (ΔLLA) e parâmetros espinopélvicos

O valor médio da incidência pélvica variou de $30,8^\circ$ a 63° (média: $50,07 \pm 6,99$). Os participantes foram divididos em três grupos a seguir, com base em incidência pélvica: G1 foi o grupo de incidência pélvica baixa, compreendendo aqueles com incidência pélvica $< 45^\circ$; G2 foi o grupo de incidência pélvica normal, compreendendo aqueles com incidência pélvica de $45-55^\circ$; e o G3 foi o grupo com incidência pélvica alta, compreendendo aqueles com incidência pélvica $> 55^\circ$.

Os valores médios para lordose lombar anatômica dinâmica (ΔLLA) na posição sentada e na ortostática entre os três grupos diferiram significativamente (Figura 31), assim: PI baixo (Sentado: $24,68 \pm 3,78$ vs Ortostase: $16,11 \pm 2,85$, $p < 0,001$), PI normal (Sentado: $27,01 \pm 2,85$ vs Ortostase: $16,11 \pm 3,02$, $p < 0,01$ e PI alto (Sentado: $27,73 \pm 0,754$ vs Ortostase: $15,80 \pm 3,825$, $p < 0,001$). Os valores médios para lordose lombar anatômica dinâmica na posição sentada entre os três grupos não diferiram significativamente (ΔLLA sentado: G1, $24,68 \pm 3,78.6$ vs. G2 27

$\pm 2,85$, vs. G3 $27,73 \pm 0,75$; $P > 0,05$), e também na posição ortostática não diferiram significativamente (Δ LLA ortostática: G1, $24,7 \pm 3,78$ vs. G2, $16,11 \pm 2,85$ vs. G3, $15,8 \pm 3,82$; $P=0,999$). Além disso, a diferença entre os valores absolutos das médias da amplitude da lordose lombar anatômica foram aumentando de acordo com o aumento do PI aplicando o pós-teste de Sidak (Figura 31).

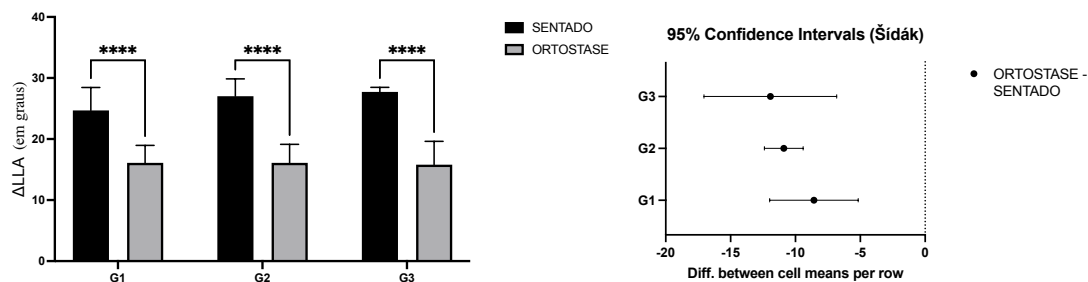


Figura 31 – Gráfico de barras dos valores da amplitude da lordose lombar anatômica (posição sentada e ortostática) nos três grupos de incidência pélvica.

Na posição sentada, a variação da lordose lombar anatômica, ou seja, a amplitude de movimento foi maior no G3 e menor no G1 (Δ LLA sentado: G1, $24,68 \pm 3,78.6$ vs. G2 $27 \pm 2,85$, vs. G3 $27,73 \pm 0,75$; $P < 0.001$) com significância estatística. A lordose lombar anatômica na posição ortostática teve valores menores em relação a posição sentada se comparada entre os três grupos. Assim, as radiografias na posição sentada representam um melhor método em comparação a ortostática para avaliar a amplitude da lordose lombar anatômica em indivíduos com incidência pélvica baixa, normal e alta.

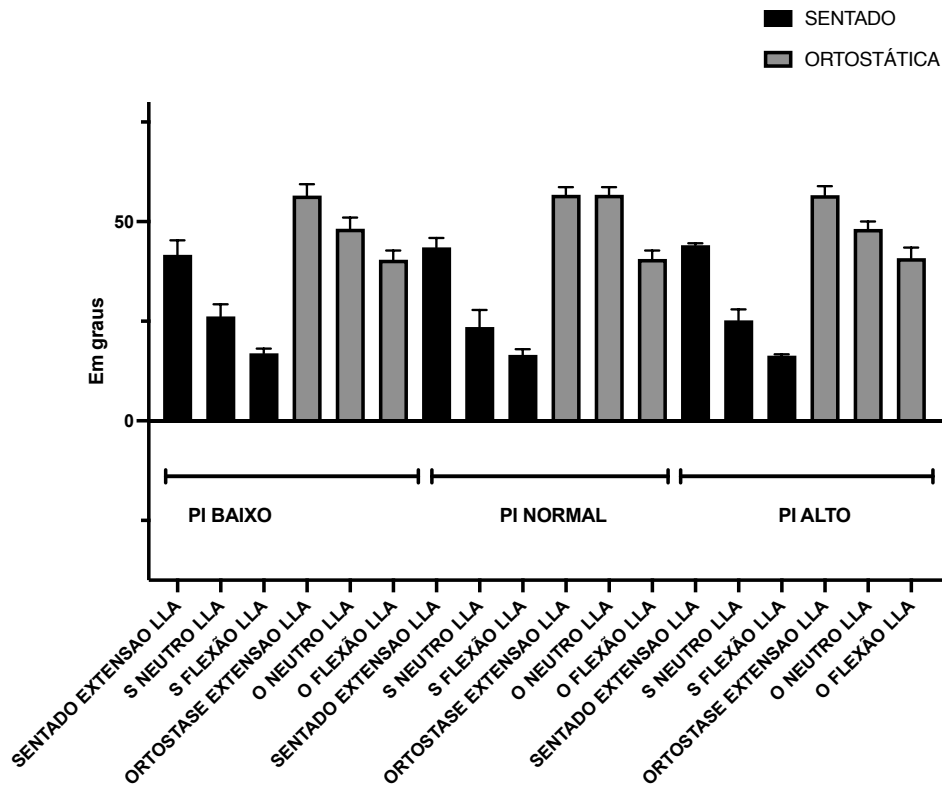


Figura 32 – Correlação da Lordose lombar anatômica na posição sentada e ortostática nos grupos PI baixo, PI normal e PI alto.

Tabela 06 - Análise radiográfica para diferentes grupos de incidência pélvica. Análise radiográfica para diferentes grupos de incidência pélvica. Δ LLA: Lordose lombar anatômica dinâmica; G1: incidência pélvica $< 45^\circ$; G2: incidência pélvica entre 45° – 55° ; G3: incidência pélvica $> 55^\circ$. Os dados são apresentados como distribuição e média \pm DP. * $P < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

	Diferentes grupos de incidência pélvica			TOTAL MÉDIA(\pm DP)	ANOVA p-valor	Pós-teste de comparação múltipla de Tukey
	(G1) N=9 MÉDIA (\pm DP)	(G2) N=47 MÉDIA (\pm DP)	(G3) N=4 MÉDIA (\pm DP)			
Idade (anos)	38,2 \pm 7,64	40,02 \pm 9,02	49,5 \pm 3,84	21,0 \pm 8,24	P = 0,0864	
Homens, n (%)	6(67%)	33(70%)	4(100%)			
Δ LLA Sentado	24,68 \pm 3,78	27 \pm 2,85	27,73 \pm 0,75	26,7 \pm 2,99	P < 0,001*	G1 < G2 < G3
Δ LLA Ortostática	24,7 \pm 3,78	16,11 \pm 2,85	15,8 \pm 3,82	16,1 \pm 2,97	P > 0,999	

Os valores são apresentados como média \pm DP, DP = Desvio padrão. O asterisco (*) indica significância estatística ($p < 0,05$). Δ LLA: amplitude de movimento da lordose lombar.

Na posição sentada, o G3 apresentou maior amplitude (maior Δ LLA). Encontramos diferença estatisticamente significativa para os grupos da lordose lombar anatômica na posição sentada com PI baixo, normal e alto com significância estatística quando aplicando o teste ANOVA, com p-valor menor que 0.001 confirmando a normalidade da distribuição dos grupos. Posteriormente foi aplicado o pós-teste de comparação múltipla de Tukey para a comparação múltipla entre os tipos de PI na posição sentada e ortostática com p-valor maior que 0,005 para significância estatística (Figura 32). Assim, a amplitude da lordose lombar anatômica na posição sentada foi forte e positivamente correlacionada com a incidência pélvica (Tabela 06).

O valor médio da amplitude da lordose na posição sentada foi menor no G1 e maior no G3 nos segmentos L2-L3 e L3-L4. Nos segmentos L4-L5 e L5-S1 ocorreu uma inversão do padrão com maior no G1 e menor no G3 (Figura 33). Além disso, L4-L5 teve o menor valor médio e L3-L4 teve o maior valor médio entre os três grupos (Tabela 07). A análise da razão de porcentagens revelou várias diferenças. Em G3, L4-L5 e L5-S1 exibiram menor razão de lordose segmentar do que os mesmos segmentos em G1, e a razão de amplitude da lordose segmentar no segmento L1-L2 foi menor no G3 do que no G1. Além disso, os índices de lordose dos segmentos L1-L2, L2-L3 e L3-L4, que eram aproximadamente 6%, 30% e 50%, respectivamente, eram praticamente constantes entre os grupos na posição sentada o que implica que as proporções de lordose desses três segmentos não são afetadas pela incidência pélvica.

Tabela 07 – Amplitude da Lordose segmentar da coluna lombar na posição sentada para os grupos de incidência pélvica em indivíduos normais. G1: incidência pélvica $< 45^\circ$; G2: incidência pélvica entre 45° e 55° ; G3: incidência pélvica $> 55^\circ$. G1: incidência pélvica $< 45^\circ$; G2: incidência pélvica entre 45° e 55° ; G3: incidência pélvica $> 55^\circ$.

Segmento	(G1)		(G2)		(G3)	
	MÉDIA \pm DP	(G1) %	MÉDIA \pm DP	(G2) %	MÉDIA \pm DP	(G3) %
Δ L1-L2	1,7 \pm 0,5	6	1,44 \pm 0,48	6	1,3 \pm 0,22	5
Δ L2-L3	6,7 \pm 0,6	28	7,68 \pm 0,54	30	8,05 \pm 0,32	31

Δ L3-L4	13,7 \pm 0,97	50	13,36 \pm 0,98	52	13,2 \pm 0,65	52
Δ L4-L5	1,289 \pm 0,58	5	1,49 \pm 0,67	6	0,475 \pm 0,73	2
Δ L5-S1	3,2 \pm 1,7	12	1,8 \pm 1,76	7	2,575 \pm 1,36	10

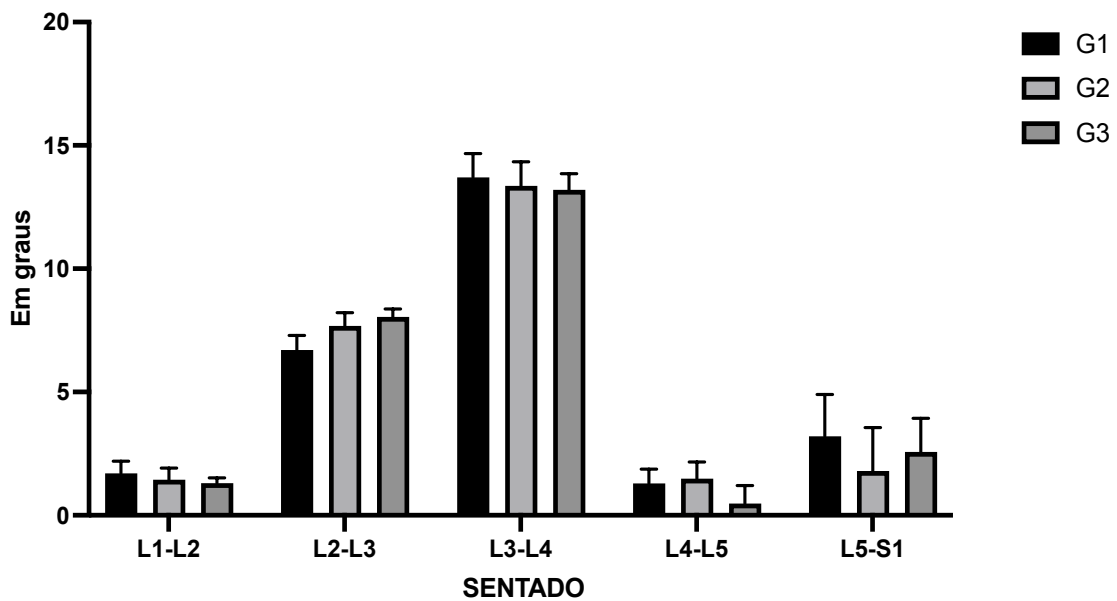


Figura 33 – Distribuição da lordose segmentar da coluna lombar na posição sentada para os grupos de incidência pélvica. G1: incidência pélvica < 45°; G2: incidência pélvica entre 45° e 55°; G3: incidência pélvica > 55°.

Na posição ortostática, a análise da amplitude em valores absolutos e percentuais revelou várias diferenças e não houve uma padronização lógica. O valor médio da contribuição para a amplitude da lordose lombar anatômica na posição ortostática foi menor no G1 e maior no G3. (Figura 34). Além disso, L2-L3 teve o menor valor médio de amplitude e L1-L2 teve o maior valor médio entre os três grupos (Tabela 08). Em G3, L4-L5 e L5-S1 exibiram menor amplitude segmentar do que os mesmos segmentos em G1, e a razão de a lordose segmentar no segmento L1-L2 foi menor no G3 do que no G1. Além disso, os índices de lordose dos segmentos L1-L2 e L3-L4, que eram aproximadamente 44% e 12%, respectivamente, eram praticamente constantes entre os grupos na posição ortostática.

Tabela 08 - Lordose segmentar da coluna lombar na posição ortostática para os grupos de incidência pélvica em indivíduos normais. G1: incidência pélvica < 45°; G2: incidência pélvica entre 45° e 55°; G3: incidência pélvica > 55°.

Segmento	(G1)	(G1) %	(G2)	(G2) %	(G3)	(G3) %
	MÉDIA±DP		MÉDIA±DP		MÉDIA±DP	
Δ L1-L2	8,3±0,36	44	8,56±0,53	43	8,4±0,41	44
Δ L2-L3	0,58±0,13	1	0,07±0,47	1	0,95±0,40	5
Δ L3-L4	2,46±0,56	12	2,43±0,59	12	2,225±0,54	12
Δ L4-L5	6,93±0,82	34	6,65±1,35	33	7,25±0,23	38
Δ L5-S1	1,74±0,93	9	2,15±1,72	10	0,25±1,13	1

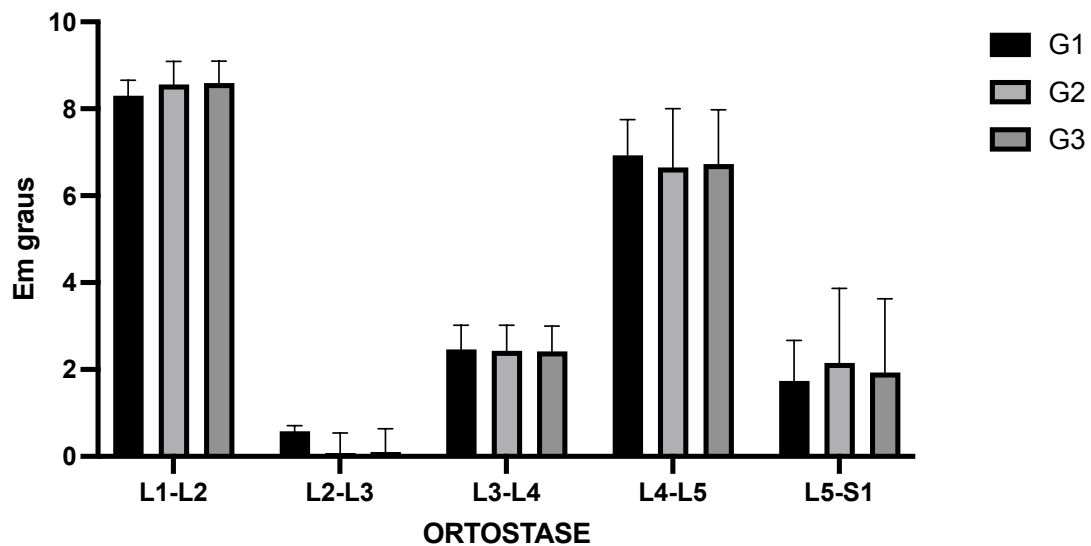


Figura 34 - Distribuição da lordose segmentar da coluna lombar na posição ortostática para os grupos de incidência pélvica. G1: incidência pélvica < 45°; G2: incidência pélvica entre 45° e 55°; G3: incidência pélvica > 55°.

Assim, as proporções de lordose dos segmentos L1–L2 e L3–L4 eram praticamente constantes entre os grupos estando na posição sentada como em ortostase, o que implica que as proporções de lordose desses dois segmentos não são afetadas pela incidência pélvica. As figuras 33 e 34 apresentam a tendência à lordose segmentar entre os três grupos de incidência pélvica. Acima do segmento L3–L4 na posição sentada, o G3 apresentou a maior proporção entre os grupos. Por outro lado, G3 teve a menor proporção no segmento L4–L5 e L5–S1 na posição ortostática.

Agora, passamos a analisar as correlações entre Δ LLA e a variável PI e, posteriormente, Δ LLA e a variável LL neutro. A suposição de normalidade das amostras foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk, que com p-valor maior que 0.05 rejeitou a normalidade da distribuição tanto do Δ LLA (sentado e ortostática) como PI. Como a suposição de normalidade foi violada, justificamos a utilização do teste não paramétrico de correlação de spearman ao invés da correlação de pearson. Coeficientes de correlação de 0,00–0,10, 0,10–0,39, 0,40–0,69, 0,70–0,89 e 0,90–1,00 foram definidos como correlação insignificante, fraca, moderada, forte e muito forte, respectivamente.

Ao considerar todos os pacientes, o PI teve correlação positivamente e significativa com o Δ LLA sentado ($r = 0,3711$, $p = 0,0035$), mas não teve correlação significativa com o Δ LLA em ortostase ($r = 0,05997$, $p = 0,6490$). Ao considerar os tipos de alinhamento espinopélvico sentado, a correlação entre o PI baixo e Δ LLA foi moderado ($r = 0,533$, $p = 0,1475$), fraca para PI normal ($r = 0,2738$, $p = 0,0626$) e forte para pacientes com PI alto ($r = 1,000$, $p = 0,0833$). Já na posição ortostática, a correlação entre Δ LL e PI foi fraca para pacientes com PI baixo ($r = 0,25$, $p = 0,5206$), forte com significância para pacientes com PI normal ($r = 0,4968$, $p = 0,004$) e PI alto não teve correlação ($r = 0,000$ e $p > 0,999$) (Figura 35). Assim, a posição sentada avaliou melhor a amplitude de movimento lombar em comparação com a posição ortostática, pois o Δ LLA está correlacionado positivamente com os tipos de incidência pélvica (PI), principalmente em pacientes com PI alto com correlação forte e positiva.

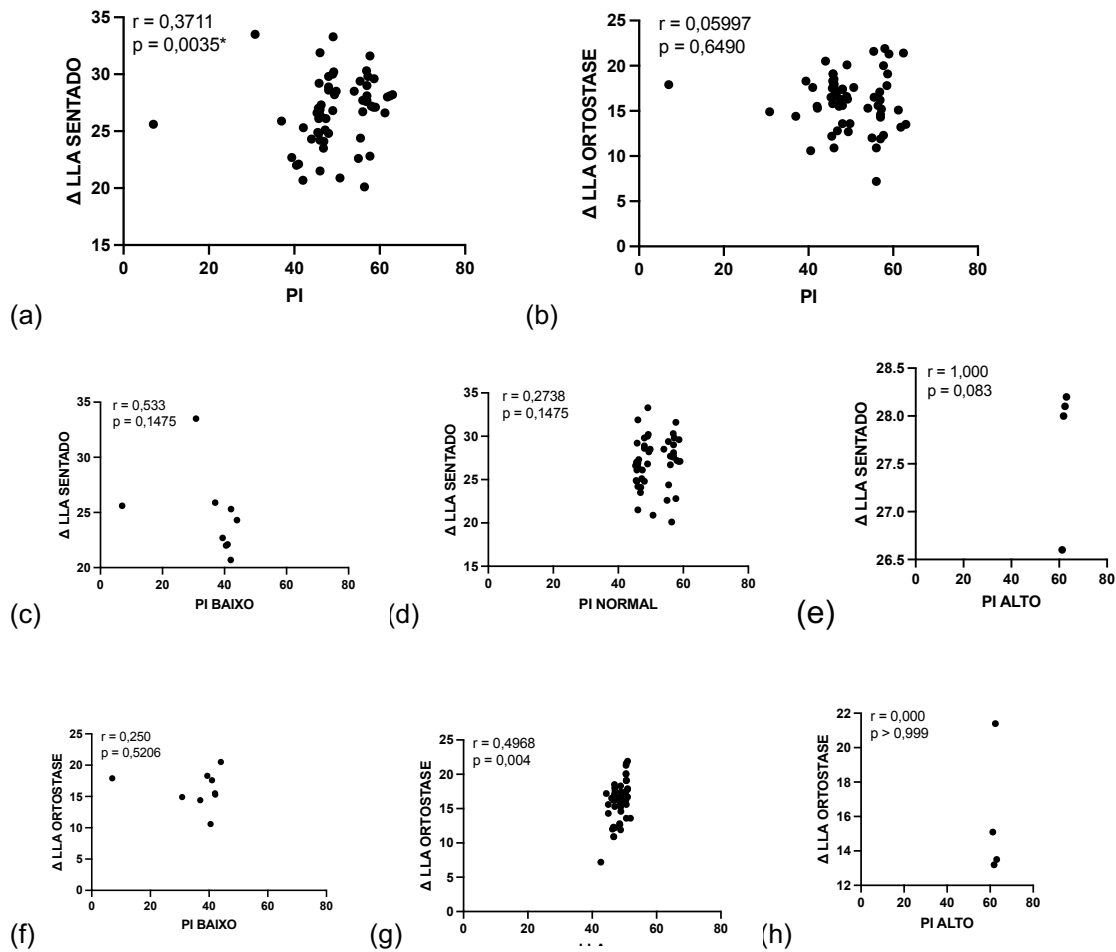


Figura 35 - Gráficos de dispersão ilustrando a relação da amplitude de movimento lombar (Δ LLA) na posição neutra e sentada em pacientes (a) e (b) em geral, (c) (d) e (e) na posição sentada e (f) (g) e (h) na posição em ortostase com teste de correlação de Spearman (r) e P valor.

Depois, correlacionamos o Δ LLA e a lordose lombar na posição neutra na posição sentada e ortostática nos três diferentes tipos de PI usando o teste de correlação de spearman. Ao considerar os tipos de incidência pélvica (Figura 36) na posição sentada, a correlação entre Δ LLA sentado e LL sentado foi moderado para pacientes com PI baixo ($r = 0,5167$, $p = 0,1618$, Figura). A relação entre Δ LLA e LL (neutro e em ortostase) na posição ortostática foi significativa para pacientes com PI normal ($r = 0,4968$, $p = 0,004$), e moderada para pacientes com PI baixo ($r = 0,4034$, $p = 0,2788$) e PI alto ($r = 0,7379$, $p = 0,33$). (Figura 36)

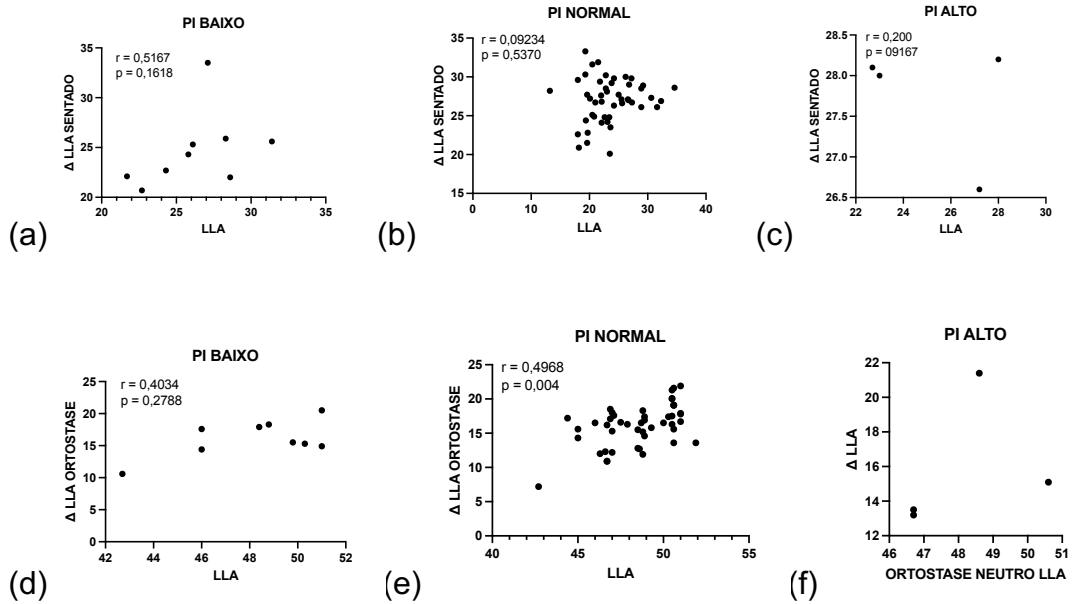


Figura 36 - Gráficos de dispersão ilustrando a relação entre a mudança na lordose lombar da posição sentada (ΔLL) e a LLA na posição neutra e sentada em pacientes com (a) PI baixo ($r = 0,5167$, $p = 0,1618$), (b) PI normal ($r = 0,09234$, $p = 0,5370$) e (c) PI alto ($r = 0,200$, $p = 0,9167$); para o ΔLL e a LL na posição neutra e ortostática em com (d) PI baixo ($r = 0,4034$, $p = 0,2788$), (e) PI normal ($r = 0,4968$, $p = 0,004$) e (f) PI alto ($r = 0,7379$, $p = 0,33$).

4.11 Mobilidade espinopélvica (ΔSS e ΔPT)

Avaliamos a relação entre a mobilidade espinopélvica pela variável ΔSS com a flexibilidade lombar e a incidência pélvica. A mobilidade espinopélvica foi avaliada pela diferença dos valores absolutos da média da inclinação sacral (SS) da posição ortostática para sentada em radiografias de perfil considerado normal para variação angular de 20-40°. Os indivíduos com mobilidade espinopélvica (ΔSS) abaixo de 20° foram classificados como “rígido” e aqueles com mobilidade espinopélvica (ΔSS) acima de 20° foram classificados como “móvel”. Assim, os participantes foram divididos em dois grupos a seguir para avaliarmos a correlação da mobilidade espinopélvica, com base em inclinação sacral ou “sacral slope” (SS): foi o grupo de baixa mobilidade espinopélvica (rígido), compreendendo aqueles com inclinação sacral $< 20^\circ$; foi o grupo de inclinação sacral considerado móvel, compreendendo aqueles com incidência sacral $\geq 20^\circ$.

A Mobilidade espinopélvica (ΔSS) na posição ortostática e sentada variou de 8,3 a 59,2° (média $28,72 \pm 10,18$). Os valores médios da inclinação sacral entre os dois grupos, foram: ΔSS rígido: $13,3 \pm 2,69$ e ΔSS móvel: $30,8 \pm 8,99$ (Tabela 09).

A Tabela 09 e as Figuras 37, 38 e 39 mostram as correlações da mobilidade espinopélvica com os parâmetros avaliados. Foi observada correlação moderada e significativa entre a incidência pélvica (PI) e a mobilidade espinopélvica (coeficiente de Pearson $r = 0,3310$, $p < 0,0001$). A flexibilidade lombar (ΔLLA) na posição sentada e na posição ortostática não se correlacionou com a mobilidade espinopélvica ($\Delta SS \times \Delta LLA$ Ortostática: coeficiente de Pearson $r = 0,09372$, $p = 0,4763$, $\Delta SS \times \Delta LLA$ sentado: coeficiente de Pearson $r = 0,08663$, $p = 0,5104$). Já a lordose lombar na posição sentada teve correlação baixa com a mobilidade espinopélvica ($\Delta SS \times LLA$ Sentado: coeficiente de Pearson $r = 0,2383$, $p = -0,0668$; $\Delta SS \times LLA$ Ortostático: coeficiente de Pearson $r = -0,0004$, $p = 0,9971$). Assim, a avaliação radiográfica na posição sentada evidenciou uma correlação que quanto maior o valor lordose lombar anatômica menor é a amplitude de movimento do quadril, enquanto os pacientes com rigidez da articulação do quadril aumentam a amplitude dos movimentos da coluna lombar.

Tabela 09 - Correlação entre a mobilidade espinopélvica (ΔSS) e parâmetros espinopélvicos.

Parâmetro	PI	LL SENTADO	LLA ORTOSTÁTICA	ΔLLA SENTADO	ΔLLA ORTOSTÁTICA
ΔSS	$r = 0,3310$ $p < 0,001^*$	$r = -0,2383$ $p = 0,0668$	$r = -0,0004$ $p = 0,9971$	$r = 0,08663$ $p = 0,5104$	$r = 0,09372$ $p = 0,4763$

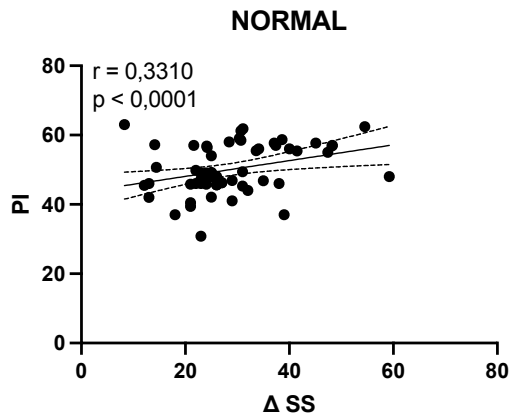


Figura 37 – Gráfico ilustrando a regressão linear entre a mobilidade espinopélvica e a incidência pélvica.

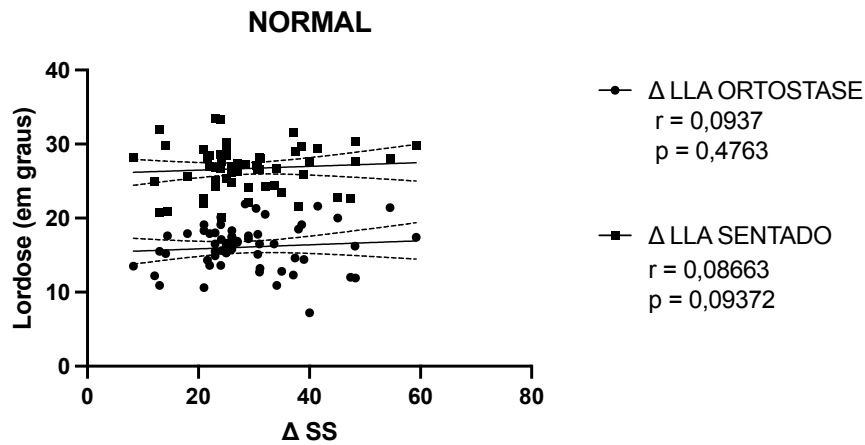


Figura 38 - Gráfico ilustrando a regressão linear entre a mobilidade espinopélvica e a amplitude de movimento lombar na posição sentada e ortostática.

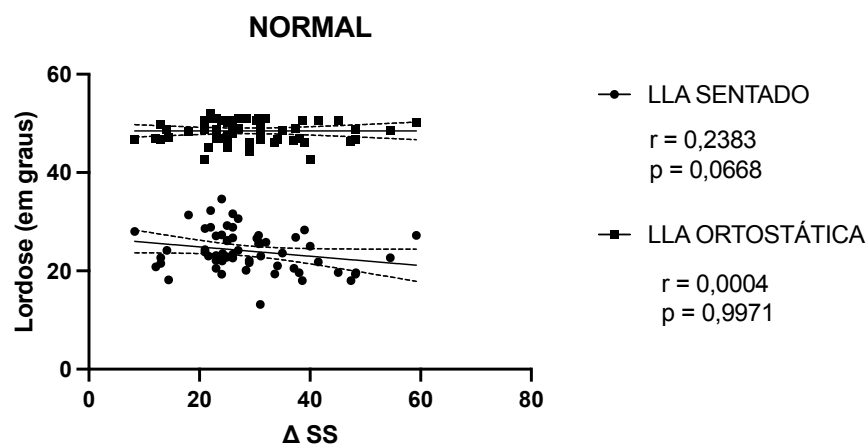


Figura 39 - Gráfico ilustrando a regressão linear entre a mobilidade espinopélvica e a lordose lombar na posição sentada e ortostática

Por fim, avaliamos a variável Δ PT que representa a flexibilidade pélvica. Assim, os participantes foram divididos em dois grupos a seguir para avaliarmos a correlação da mobilidade pélvica, com base em inclinação pélvica ou “pelvic tilt” (PT): G4 foi o grupo de baixa mobilidade pélvica (rígido), compreendendo aqueles com inclinação pélvica $< 10^\circ$; G5 foi o grupo de inclinação pélvica normal ou móvel, compreendendo aqueles com incidência pélvica $\geq 10^\circ$. A mobilidade pélvica (Δ PT) foi medida como valor absoluto da média da diferença entre os ângulos de extensão PT e flexão PT. Os valores médios para a inclinação pélvica na posição sentada e ortostática entre os dois grupos, foram: Δ PT sentado: G4, $6,03 \pm 1,71$ vs. G5; $13,44 \pm 3,47$, $p < 0,001$ e Δ PT ortostática: G4, $7,41 \pm 3,01$ vs. G5, $14,88 \pm 4,09$, $p < 0,001$). (Tabela 10)

Tabela 10 - Comparações entre parâmetros radiográficos em extensão e flexão nas posições sentada e ortostática.

Parâmetro	Sentado		p valor	Ortostase		p Valor
	G4 (n=33)	G5 (n=27)		G4 (n=33)	G5 (n=27)	
Δ PT	$6,03 \pm 1,71$	$13,44 \pm 3,47$	$p < 0,001^*$	$7,41 \pm 3,01$	$14,88 \pm 4,09$	$p < 0,001^*$
Δ LLA	$26,75 \pm 2,65$	$26,65 \pm 3,35$	$P < 0,001^*$	$16,44 \pm 2,8$	$15,92 \pm 3,04$	$P < 0,001^*$

Os valores são apresentados como média \pm SD, a menos que indicado de outra forma

* Estatisticamente significativo.

Agora, passamos a analisar as correlações entre Δ LLA e a variável Δ PT na posição sentada e ortostática. A suposição de normalidade das amostras foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk, que com p-valor menor que 0.05 aceitou a normalidade da distribuição tanto do Δ LLA (sentado e ortostática) como Δ PT nos grupos G4 e G5. Como a suposição de normalidade foi confirmada, justificamos a utilização do teste não paramétrico de correlação de pearson. Correlacionando todos os pacientes, O Δ PT não teve correlação o Δ LLA na posição ortostática ($r = 0,3711$, $p = 0,0035$), mas não teve correlação significativa com o Δ LLA em ortostase ($r = 0,05621$, $p = 0,6697$). No grupo G4 sentado, o Δ LLA e Δ PT sentado teve correlação fraca ($r = 0,2045$ $p = 0,2536$), já no grupo G5 sentado, o Δ LLA e Δ PT teve fortíssima e positiva

correlação com significância ($r = 1,000$ $p < 0,001$). Já na posição ortostática, o grupo G4, apresentou correlação fraca ($r = 0,1984$ $p = 0,4018$), e o grupo G5 nessa posição não apresentou correção ($r = 0,00471$ $p = 0,7945$). Assim, a avaliação radiográfica na posição sentada apresentou superioridade em relação a ortostática para avaliar a flexibilidade pélvica principalmente em pacientes com inclinação pélvica (PT) em parâmetros normais (Figura 40).

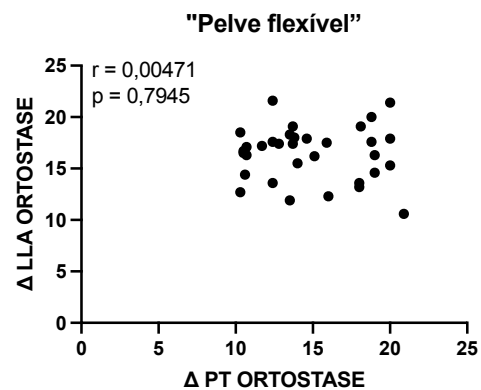
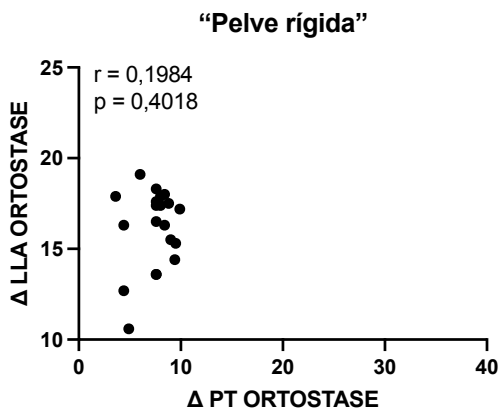
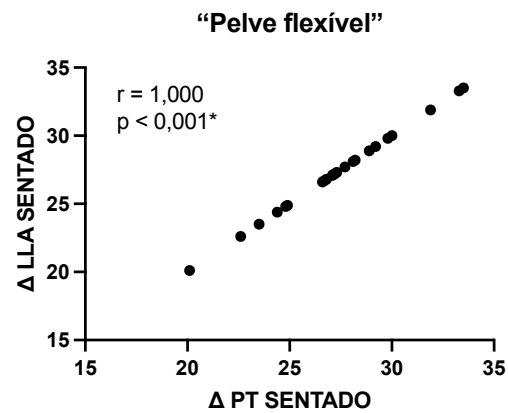
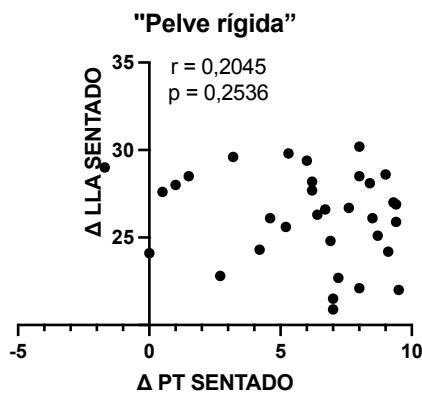
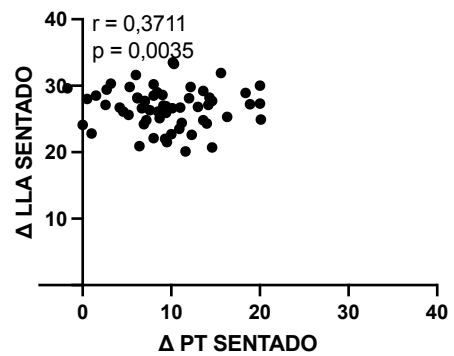
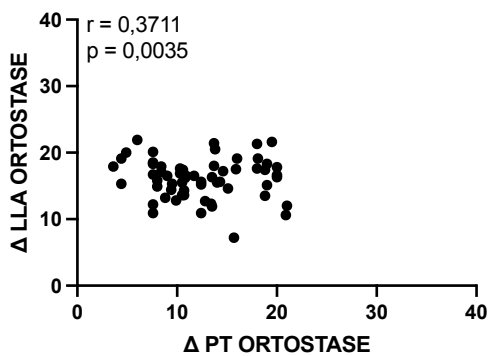


Figura 40 - Gráficos de dispersão ilustrando a relação entre a flexibilidade lombar (ΔLL) e a flexibilidade pélvica ΔPT na posição sentada e ortostática. Correlação de Pearson nos grupos G4 e G5.

5.DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que a lordose lombar varia de acordo com a posição sentada e ortostática. A contribuição para o ganho de lordose na posição sentada foi maior nos níveis L3-L4, isso mostrou maior influência na mudança de lordose ao mudar de posição em comparação em ortostase. Isso implica hipermobilidade no nível L3-L4 na posição sentada, o que explica a notável incidência de síndrome do nível adjacente nesse nível (47). Além disso, nosso estudo mostrou que na posição ortostática a maior amplitude da lordose segmentar foi no segmento L4-L5; isso revela alta carga compressiva nesse nível e componente de carga gravitacional em posição em ortostase.

A menor amplitude de movimento da lordose lombar em ortostase pode ser atribuída ao aumento da tensão muscular paraespinal durante a radiografia. Além disso, na posição sentada ocorre um aumento na retroversão pélvica e diminuição da lordose lombar em comparação a ortostática evitando a influência de mecanismos compensatórios dos membros inferiores, como deformidades e encurtamento dos isquiotibiais. Na posição sentada, as tuberosidades isquiáticas bilaterais funcionam como apoio mantendo a pelve fixa.

Surpreendentemente em nosso estudo, as alterações no ângulo segmentar lombar superior tiveram maior influência na diminuição observada da amplitude de movimento na posição de flexão. Isso é consistente com o achado de Miyasaka et al (48). Eles descobriram que o segmento lombar superior teve um papel mais significativo no movimento lombar durante a vida diária.

Curiosamente, nossos achados mostraram que a maior lordose lombar segmentar foi observada no segmento L5-S1 durante também a posição em flexão sentado. Em 2017, Hey et al (49) relataram resultados semelhantes aos do presente estudo. Em seu trabalho, eles também foram capazes de mostrar significativamente maior cifose em radiografias em flexão na posição sentada em comparação a ortostática. Na verdade, eles tinham originalmente planejado analisar 100 pacientes, mas encerrou o estudo antes do tempo devido a uma diferença

significativa observada com apenas 60 pacientes. O resultado do nosso presente estudo com a mesma quantidade de pacientes dele discordou com os relatados por Hey et al que sentar induz maior cifose na coluna lombar, especialmente nos segmentos L4-S1, já no nosso foi L3-L4.

Ao comparar as correlações nas posições ortostática e sentada, a correlação da lordose lombar com a incidência pélvica foi estatisticamente mais forte quando sentado do que em ortostase, uma vez que os pacientes com maior incidência pélvica têm um maior compensatório mecanismo. Assim, a incidência pélvica continua sendo um parâmetro de fundamental importância em todas as posições comumente utilizadas durante as atividades diárias. Portanto, a falha em restaurar o equilíbrio sagital pode acelerar a progressão da doença degenerativa nos segmentos adjacentes (50) e causar dor muscular. A perda da lordose lombar se correlaciona com resultados clínicos ruins. Assim, a postura na posição sentada é influenciada pela pelve.

Os valores médios de lordose lombar obtidos neste estudo são semelhantes aos de estudos conduzido em populações asiáticas 51, 52, 53 mas menor do que em populações caucasianas 54,55. No presente estudo, a distribuição da incidência pélvica em indivíduos normais apresentou valor médio de 50,07° semelhantes em populações asiáticas de 50,5° (51), e 4° menor do que em populações caucasianas assintomáticas 51,54,55.

Na posição sentada, acima do segmento L3–L4, indivíduos normais com incidência pélvica alta apresentaram a maior proporção entre os grupos. Por outro lado, indivíduos com incidência pélvica alta tiveram a menor proporção no segmento L4-L5 e L5-S1. Esse resultado foi semelhante em populações asiáticas normais (51) o que implica que o segmento L3-L4 tem um papel crítico na manutenção do equilíbrio entre a parte superior e segmentos inferiores em biomecânica. Da mesma forma que outros estudos (56, 57), nosso estudo avaliou a mobilidade espinopélvica usando a diferença de inclinação sacral (SS) em radiografias em perfil da coluna lombossacra nas posições sentada, ortostática e neutra.

Até o momento, nenhuma evidência científica está disponível sobre o normal e patológico limite da mobilidade espinopélvica. (55,56,57) A literatura já relatou a

grande variação de valores – conforme observado em nosso grupo dos pacientes – e a mobilidade espinopélvica tem sido classificada como rígida, normal ou móvel e hipermóvel. (58) Os limites dos valores normais de mobilidade espinopélvica variou de 10 a 30°, 85,86,87 a 40°,5 e 20 a 35°,87 mostrando que seus limites fisiológicos ainda estão indefinidos. (56,59) Os limites fisiológicos da mobilidade espinopélvica ainda estão indefinidos, e a avaliação dinâmica individual da mobilidade espinopélvica deve ser considerada. Nossos resultados coincidiram com a literatura e que a incidência pélvica e lordose lombar na posição sentada isoladamente foram correlacionadas com a mobilidade espinopélvica (Δ SS x PI $r = 0,3310$, $p < 0,0001$, Δ SS x LLA Sentado: $r = 0,2383$, $p = - 0,0668$), corroborando a importância do equilíbrio sagital na mobilidade espinopélvica e sua redução em pacientes com artrodese ou discopatia degenerativa lombar principalmente em níveis baixos. (56, 57,58)

A avaliação da amplitude de movimento da lordose lombar segmentar, especialmente no nível L4-5, é esperada hipermobilidade do segmento adjacente e o nosso estudo demonstrou essa correlação mais forte na posição sentada. Além disso, nossos resultados foram semelhantes a outros estudos que evidenciam a perda de movimento segmentar no nível L4-5 quando avaliados na posição sentada além de evidenciar uma redistribuída entre os segmentos superiores, na maioria dos casos no nível adjacente L3-L4 (60). Os indivíduos com discopatia degenerativa L4-L5 na posição sentada são mais propensos à hipermobilidade do segmento adjacente após artrodese lombar baixa com são evidenciados em vários estudos. Akamaru et al (61) demonstraram que a artrodese hipolordótica no nível L4-5 causou a maior quantidade de movimento de flexo-extensão no nível L3-4. Bae et al. (62) relataram a hipolordose lombar em pós-operatório de artrodese lombar baixa é um fator de risco para degeneração do segmento adjacente. Nossos resultados demonstram que a avaliação radiográfica dinâmica na posição sentada em indivíduos normais leva a uma menor flexibilidade nesse segmento podendo também agravar o movimento do segmento adjacente superior L3-L4 e a degeneração por hipermobilidade. Particularmente na avaliação da lordose lombar segmentar, demonstramos que o segmento L3-L4 foi o único que teve correlação positiva e significativa com a incidência pélvica, ou seja indivíduos com PI alto tiveram uma flexibilidade lombar segmentar L3-L4 ($G1 < G2 < G3$,

$p < 0,001$). Portanto, a avaliação radiográfica dinâmica na posição sentada foi superior em relação a ortostática para avaliar flexibilidade lombar, parâmetros espinopélvicos e degeneração do nível adjacente em indivíduos normais. A avaliação radiográfica sagital dinâmica de indivíduos com espondilolistese degenerativa L4-L5 realizada na posição sentada também foi descrita na literatura (63,64). Foi relatado que aumenta a taxa de diagnóstico de instabilidade sagital da coluna vertebral em até 40% em comparação com os métodos convencionais de flexão em ortostase (65). Em uma pesquisa com 60 pacientes realizada por Hey et al. (65), os pacientes na posição sentada sentiram menos dor e ficaram menos apreensivos ao tentar as incidências de flexão. A instabilidade segmentar é meramente a falha biomecânica de um segmento lombar e não necessariamente se correlaciona com o grau de dor. Estudos anteriores, no entanto, identificaram principalmente a instabilidade usando radiografias de flexão/extensão e não apresentaram medidas biomecânicas incluindo a zona neutra, que é a chave para identificar a instabilidade. É amplamente aceito por muitos autores que a translação sagital da vértebra segmentar ≥ 4 mm ou $\geq 8\%$ e uma rotação sagital $\geq 10^\circ$ em L1 a L5 e $\geq 20^\circ$ em L5 a S1 são patológicos para LSI. (63-65). No entanto, os estudos mais recentes utilizam apenas o parâmetro de angulação dinâmica segmentar de $>10^\circ$ (66). Outra referência amplamente utilizada foi uma lista de verificação de White e Panjabi de 1990 (15). No entanto, White e Panjabi declararam limiares de movimento angular de acordo com o nível vertebral lombar variando de 15° a 25° . Além disso, esses critérios diagnósticos radiográficos se aplicam à instabilidade em geral e não exclusivamente à instabilidade degenerativa. Uma revisão sistemática e metanálise (98) recente concluiu que o conceito de instabilidade segmentar degenerativa no plano sagital é a soma de dois critérios: uma translação sagital segmentar dinâmica de ≥ 3 mm (principal) e angulação sagital segmentar dinâmica $>10^\circ$. Nossos resultados estão semelhantes a outros estudos (LLA ortostática em flexão: $21,00 \pm 1,69$ e LLA sentado em flexão: $5,49 \pm 0,27$), pois a posição sentada flexiona mais a coluna lombar do que a postura ortostática (68, 69). Isso força a coluna lombar em maior flexão e auxilia no diagnóstico de instabilidade lombar sagital, que, como mencionado anteriormente, pode afetar a tomada de decisão cirúrgica. Além disso, a maior segurança dessa postura permite que os pacientes se esforcem ao máximo possível durante a flexão sem preocupação. Assim,

as radiografias na posição sentada são assim mais propensas a refletir uma biomecânica mais realista amplitude de movimento da lordose lombar em comparação com a posição ortostática.

Em nosso estudo, houve várias limitações. Como consideramos apenas o alinhamento espinopélvico de acordo com as radiografias sagitais, negligenciamos a distribuição de carga na posição relaxada com suporte anterior, que seria distribuição de carga para a extremidade superior e talvez levasse à redução da transmissão de carga para a coluna e a pelve. Novos estudos devem avaliar os efeitos da distribuição de carga na posição de apoio anterior. Estudos futuros devem investigar a influência dos membros inferiores e a morfologia da coluna cervical e torácica. Além disso, a avaliação dinâmica por ressonância magnética das alterações morfológicas do disco seria útil para uma medição mais precisa dos segmentos lombares.

A postura sentada demonstrou melhorar a nossa capacidade de diagnosticar alterações na amplitude de movimento da lordose lombar com base em diretrizes atuais. Este estudo mostra que pelo menos é equivalente e em alguns aspectos superior ao método convencional ortostático. É por isso que a nossa recomendação é que seja adotado como método padronizado o uso de radiografias sagitais dinâmicas da coluna lombossacra na posição sentada e, posteriormente, ser usado como critério diagnóstico para instabilidade da coluna vertebral.

6. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo sugerem que as radiografias laterais da coluna lombossacra posição sentada em indivíduos normais afeta a curva sagital lombar diminuindo a lordose em cada nível, especialmente nos níveis L3-L4 e avaliam melhor a amplitude de movimento da lordose lombar e correlação com os parâmetros espinopélvicos (PI, SS e PT) em comparação com as na posição ortostática.

7.BIBLIOGRAFIA

1.ROUSSOULY, P; BERTHONNAUD, E; DIMNET, E.J. Analyse géométrique et mécanique de la lordose lombaire dans une population de 160 adultes asymptomatiques: essai de classification. **Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur**, [s. l.], v. 89, n. 7, p. 632-639, 2003.

2.ROUSSOULY, P. *et al.* The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. **Spine (Phila Pa 1976)**, n. 11, p. E320-325, May 2006.

3.ROUSSOULY, P.; NNADI, C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. **Eur Spine J**, 19, n. 11, p. 1824-36, Nov 2010.

4.SCHWAB, F.; LAFAGE, V.; BOYCE, R.; SKALLI, W. *et al.* Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. **Spine (Phila Pa 1976)**, n. 25, p. E959-967, Dec 2006.

5.BABISCH, J. W.; LAYHER, F.; AMIOT, L. P. The rationale for tilt-adjusted acetabular cup navigation. **J Bone Joint Surg Am**, 90, n. 2, p. 357-365, Feb 2008.

6.RAUSCHNING, W. Surgical anatomy of the thoracic and lumbar spine. In: Thalgott JS, Aebi M, eds. Manual of Internal Fixation of the Spine. **Philadelphia, PA**: Lippincott–Raven Publishers; 1996:9–21.

7. DUPUIS, P. R.; YONG-HING, K.; CASSIDY, J. D.; KIRKALDY-WILLIS, W. H. Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 10, n. 3, p. 262–76, 1985.

8. KOZANEK, M. *et al.* Range of motion and orientation of the lumbar facet joints in vivo. **Spine (Phila Pa 1976)**, [s. l.], v. 34, n. 19, p. E689-96, 2009.

9.AHMED, A.M.; DUNCAN B.M.; BURKE, D.L. The effect of facet geometry on the axial torque-rotation response of lumbar motion segments. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 11, n. 5, p.391-401, 1990.

10. VAN SCHAİK, J. P.J.; VERBIEST, T.H.; VAN SCHAİK, F.D, The orientation of laminae and facet joints in the lower lumbar spine. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 10, n. 1, p. 59-63, 1985.

11. TAYLOR, J.R. Age changes in lumbar zygapophyseal joints. Observations on structure and function. **Spine (Phila Pa 1976)**, [s. l.], v. 11, n. 7, p. 739-45, 1986.

12. WHITE, A.A.; III PANJABI, M.M. The basic kinematics of the human spine. A review of past and current knowledge. *Spine* 1990.

13. SHIRAZI-ADL, A. Finite-element evaluation of contact loads on facets of an L2-L3 lumbar segment in complex loads. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 16, n. 5, p. 533–541, May 1991.

14. 32. AEBI, M.; THALGOTT, J. S.; WEBB, J. K. AO ASIF Principles in Spine Surgery. Berlin, Germany: **Springer**, 1998. p. 1–143.

15. WHITE, A.A.; PANJABI, M.M. Clinical Biomechanics of the Spine. 2nd ed. Philadelphia, PA: **J. B. Lippincott**; 1990:1–125.

16. BENZEL, E.C.; HADDEN, T.A.; SAULSBERY, C.M. A comparison of the Minerva and halo jackets for stabilization of the cervical spine. **J Neurosurg**, p. 70, p. 411–14, 1989.

15. HALL, L.T. *et al.* Morphology of the lumbar vertebral endplates. **Spine (Phila Pa 1976)**, [s. l.], v. 23, n. 14, p. 1517-22, 1998.

16. BROBERG, K.B. On the mechanical behaviour of intervertebral discs. **Spine (Phila Pa 1976)**. v. 8, p. 151–65, 1983.

17. DUVAL-BEAUPÈRE, G.; SCHMIDT, C.; COSSON, E. P. A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. **Annals of biomedical engineering**, p. 451-462, 1992.

18. DUVAL-BEAUPÈRE, G.; LEGAYE, J. *Composante sagittale de la statique rachidienne*. **Revue du Rhumatisme**, v. 71, n. 2, p. 105–19, 2004.

19. BERTHONNAUD, E.; DIMNET, J.; ROUSSOULY, P.; LABELLE, H. Analysis of the sagittal spine and pelvis using shape and orientation parameters. **J Spinal Disord Tech**, v. 22, p. 40-47, 2005.

20. BUCKLAND, A. J. *et al.* Acetabular Anteversion Changes Due to Spinal Deformity Correction: Bridging the Gap Between Hip and Spine Surgeons. **J Bone Joint Surg Am**, 97, n. 23, p. 1913-1920, Dec 2015.

21. EGUCHI, Y. *et al.* Spinopelvic Alignment and Low Back Pain after Total Hip Replacement Arthroplasty in Patients with Severe Hip Osteoarthritis. **Asian Spine J**, v. 12, n. 2, p. 325-334, Apr 2018.

22. LEGAYE, J. *et al.* Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. **Eur Spine J**, 7, n. 2, p. 99-103, 1998.

23. OBEID, I. *et al.* Global analysis of sagittal spinal alignment in major deformities: correlation between lack of lumbar lordosis and flexion of the knee. **Eur Spine J**, [s. l.], v. 20, n. Suppl 5, p. 681-685, 2011.

24. SCHWAB, F. *et al.* Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 35, n. 25, p. 2224-2231, Dec 2010.

25. SCHWAB, F. *et al.* Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 37, n. 12, p. 1077-1082, May 2012.

26. FIÉRE, V. *et al.* Discal herniation, pelvic incidence and spinopelvic balance: a correlation study. **Eur Spine J**, [s. l.], v. 10, n. 2, suppl. 45, 2001.

27. BARREY, C.; JUND, J.; NOSEDA, O.; ROUSSOULY, P. Equilíbrio sagital do complexo pélvis-coluna vertebral e doenças degenerativas lombares. Um estudo comparativo sobre 85 casos. **Eur Spine J**, v. 16, n. 9, 2007, p. 1459-67.

28. LAFAGE, R. *et al.* Validação de uma nova ferramenta assistida por computador para medir parâmetros espino-pélvicos. **Spine J**, [s. l.], v. 15, n. 12, p. 2493-502, 2015.

29. ROUSSOULY, P. *et al.* Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 30, n. 3, p. 346-53, 2005.

30. BERTHONNAUD, E.; LABELLE, H.; GRIMARD, G.; DA MOTA, H. Sagittal spinopelvic radiological measurements of trunk balance: a variability study. **Eur Spine J**, v. 10, n. 2 s. 33, 2001.

31. VIALLE, R. et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. **J Bone Joint Surg Am.**, v. 87, n. 2, p 260-7, 2005.

32. ROUSSOULY, P.; GOLLOGLY, S.; BERTHONNAUD, E.; DIMNET, J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 30, n. 3, p.346-53, Feb 2005.

32. BOULAY, C. et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. **Eur Spine J**, v. 15, n. 4, p. 415-22, 2006.

34. PRATALI, R. et al. Analysis of sagittal balance and spinopelvic parameters in a brazilian population sample. **Coluna/Columna**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 108-111, 23 abr. 2023.

35. MAC-THIONG, JM. et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. **Spine (Phila Pa 1976)**, [s. l.], v. 35, n. 22, p. E1193-8, 2010.

36. MAC-THIONG, JM. et al. Age- and sex-related variations in sagittal sacropelvic morphology and balance in asymptomatic adults. **Eur Spine J**, [s. l.], v. 20, n. Suppl 5, p. 572-7, 2011.

37. LEE, C. S. et al. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean population. **Spine (Phila Pa 1976)**, [s. l.], v. 36, n. 25, p. E1648-54, 1 dez. 2011.

38. SUDHIR, G. Radiographic Analysis of the Sacropelvic Parameters of the Spine and Their Correlation in Normal Asymptomatic Subjects. **Global Spine J**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 169-75, 2015.

39. YONG, Q. *et al.* Comparison of sagittal spinopelvic alignment in Chinese adolescents with and without idiopathic thoracic scoliosis. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 37, n. 12 2012 May 20;37(12): E714-20.
40. LE HUEC, J.C.; ROUSSOULY, P. Sagittal spino-pelvic balance is a crucial analysis for normal and degenerative spine. **Eur Spine J**, [s. l.], v. 20, n. Suppl 5, p. 556–557, 2011.
41. BERGE, C. Heterochronic processes in human evolution: an ontogenetic analysis of the hominid pelvis. **Am J Phys Anthropol.**, v. 105, n. 4, p. 441–459, 1998.
42. ROUSSOULY, P.; PINHEIRO-FRANCO, J.L. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. **Eur Spine J**, v. 20, p. 578-585, 2011.
43. BARREY, C.; JUND, J.; NOSEDA, O.; ROUSSOULY, P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. **Eur Spine J**, v. 16, n. 9, p. 1459-1467, Sep 2007.
44. ROUSSOULY, P. *et al.* The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. **Spine**, n. 11, p. E320-325, May 2006.
45. ROUSSOULY, P.; NNADI, C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. **Eur Spine J**, 19, n. 11, p. 1824-1836, Nov 2010.
46. LEE, J.S. *et al.* Radiographic measurement reliability of lumbar lordosis in ankylosing spondylitis. **Eur Spine J**. 2013;22(4):813-8.
47. EDWARDS, C.C. 2ND; BRIDWELL, K.H.; PATEL, A.; RINELLA, A.S.; BERRA, A.; LENKE, L.G. Long adult deformity fusions to L5 and the sacrum. A matched cohort analysis. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 29, n. 18, p. 1996-2005, 2004.
48. MIYASAKA, K. *et al.* Radiographic analysis of lumbar motion in relation to lumbosacral stability. Investigation of moderate and maximum motion. **Spine (Phila Pa 1976)**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 732-7, 2000.

49. HEY, H.W.D. *et al.* How the spine differs in standing and in sitting-important considerations for correction of spinal deformity. **Spine J**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 799-806, 2017.

50. UMEHARA, S. *et al.* The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, p. 1617-24, 2000.

51. MILE, J.R. *et al.* Quantitative evaluation of correlation between lumbosacral lordosis and pelvic incidence in standing position among asymptomatic Asian adults: a prospective study. **Sci Rep**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 189-65, 8 nov. 2022.

52. WANG, W. J. *et al.* Sagittal alignment of the spine-pelvis-lower extremity axis in patients with severe knee osteoarthritis: A radiographic study. **Bone Joint. Res.**, v. 5, n. 5, p. 198-205, 2016.

53. JUN, H. S. The effect of lumbar spinal muscle on spinal sagittal alignment: Evaluating muscle quantity and quality. **Neurosurgery**, [s. l.], v. 79, n. 6, p. 847-55, 2016.

54. JACKSON, R.P.; HALES, C. Congruent spinopelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers. **Spine**. v. 25, p. 2808-15, 2000.

55. PESENT, S. *et al.* The Amount of Proximal Lumbar Lordosis Is Related to Pelvic Incidence. **Clin Orthop Relat Res**, [s. l.], v. 476, n. 8, p. 1603-1611, 2018.

56. GARCIA, F.L.; PAJANOTI, G.P.; DEFINO, H.L.A. Spinopelvic mobility in patients with hip osteoarthritis and total hip arthroplasty indication. **Acta Ortop Bras**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 249-351, 26 ago. 2022.

57. INNMANN, M.M. *et al.* Pathologic spinopelvic balance in patients with hip osteoarthritis: Preoperative screening and therapeutic implications. **Orthopade**, [s. l.], v. 49, n. 10, p. 860-9, Out. 2020.

58. LUM, J.G. *et al.* The Current Knowledge on Spinopelvic Mobility. **J Arthroplasty**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 291-296, 2018.

59. HAFFER, H *et al.* The impact of spinopelvic mobility on arthroplasty: implications for hip and spine surgeons. **J Clin Med**, [s. l.], v. 9, n. 8, p. 25-69, 2020.

60. AUERBACH, J.D *et al.* Segmental contribution toward total lumbar range of motion in disc replacement and fusions: a comparison of operative and adjacent levels. **Spine (Phila Pa 1976)** v. 34, p. 2510-17, 2009.

61. AKAMARU, T. *et al.* Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 28, p. 1560-66, 2003.

62. BAE, J.S. *et al.* Adjacent segment degeneration after lumbar interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation for adult low-grade isthmic spondylolisthesis: minimum 3 years of follow-up. **Neurosurgery**, v. 67, p. 1600-07, 2010.

63. MORGAN, F.P.; KING, T. Primary instability of lumbar vertebrae as a common cause of low back pain. **J Bone Joint Surg Br**, [s. l.], v. 39-B, n. 1, p. 6-22, 1957.

64. DENNIS HEY, H.W. *et al.* Patient and radiographer assessment of slump sitting flexion compared to conventional standing forward bending flexion. **J Spine Surg**, v. 5, n. 1, p. 750-56, Mar 2019.

65. HEY, H.W. *et al.* Slump sitting X-ray of the lumbar spine is superior to the conventional flexion view in assessing lumbar spine instability. **Spine J**, [s. l.], v. 17, p. 360-8, 2017.

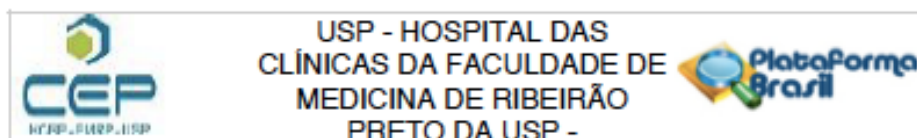
66. BODEN, S.D.; WIESEL, S.W. Lumbosacral segmental motion in normal individuals. Have we been measuring instability properly? **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 15, n. 6, p. 571-76, 1991.

67. ELMOSE, S.F. *et al.* Radiological Definitions of Sagittal Plane Segmental Instability in the Degenerative Lumbar Spine - A Systematic Review. **Global Spine J**, v. 13, n. 2, p. 523-533, Mar 2023.

68. KOROVESSIS, P.G., STAMATAKIS, M.V., BAIKOUSIS, A.G. Reciprocal angulation of vertebral bodies in the sagittal plane in an asymptomatic Greek population. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 23, p. 700-704, 1998.

69. HANLEY JR, E. N. The indications for lumbar spinal fusion with and without instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. [s. l.], v. 20, n. 24 Suppl, p. 143S-153S, 15 dez. 1995.

ANEXO – Folha de aprovação do parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ESTUDO DA FLEXIBILIDADE DA LORDOSE LOMBAR E SUA CORRELAÇÃO COM OS PARÂMETROS PÉLVICOS

Pesquisador: RÔMULO PEDROZA PINHEIRO

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 34000820.1.0000.5440

Instituição Proponente: HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE RPUSP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.304.345

Apresentação do Projeto:

A lordose lombar é um dos elementos de grande importância no complexo espinopélvico e no equilíbrio sagital da coluna vertebral. A relação da lordose lombar com os parâmetros pélvicos anatômicos ou funcionais, posicionamento da pelve e articulação do quadril, tem sido observada e existem evidências suficientes da interação da lordose lombar com os parâmetros pélvicos e equilíbrio sagital da coluna vertebral por meio da sua flexibilidade. O estudo tem como principal objetivo o estudo da flexibilidade da coluna lombar e a sua correlação com os parâmetros da pelve e morfologia da lordose. Nossos dados serão coletados do banco de dados compreendendo informações de nível de registro de prontuários médicos do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa local deste hospital.

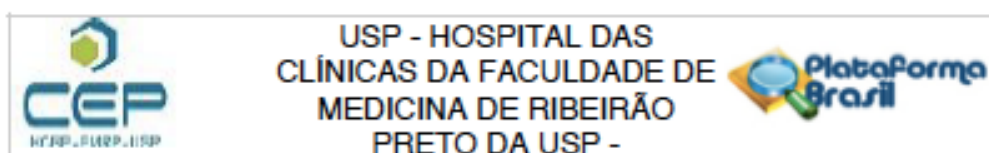
Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo desta pesquisa será gerar um modelo de avaliação da flexibilidade da coluna lombar e a sua correlação com os parâmetros da pelve e morfologia da lordose em pacientes assintomáticos e com discopatia degenerativa lombar atendidos no ambulatório de Ortopedia Coluna do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Objetivo Secundário:

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO
Bairro: MONTE ALEGRE **CEP:** 14.048-900
UF: SP **Município:** RIBEIRÃO PRETO
Telefone: (16)3602-2228 **Fax:** (16)3633-1144 **E-mail:** cep@hcrp.usp.br



Continuação do Parecer: 4.304.345

Livre e Esclarecido, podem ser enquadrados na categoria APROVADO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto Aprovado: Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP, relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP em nova versão, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1551691.pdf	18/09/2020 20:44:07		Aceito
Outros	Carta18092020.pdf	18/09/2020 20:43:45	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETODEPESQUISAVERSAO4.pdf	18/09/2020 20:43:07	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
Outros	Carta.pdf	04/09/2020 12:09:41	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
Outros	UPCASSINADADIGITALIZADA.pdf	21/08/2020 11:18:25	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermodeispensadeTermodeConsentimentoLivreEsclarecido.pdf	08/07/2020 15:34:10	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderoastoassinada.pdf	29/05/2020 10:29:52	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	DeclaracaodoPesquisador.pdf	07/05/2020 00:13:28	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
Outros	CartaCoordenadora_CEP.pdf	07/05/2020 00:11:14	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracaodepesquisadores.pdf	07/05/2020 00:09:57	RÔMULO PEDROZA PINHEIRO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO
 Bairro: MONTE ALEGRE CEP: 14.048-900
 UF: SP Município: RIBEIRÃO PRETO
 Telefone: (16)3602-2228 Fax: (16)3633-1144 E-mail: cep@hcrp.usp.br

APÊNDICE – Tabela 1 e 2 com os dados demográficos, lordose lombar e parâmetros espinopélvicos.

Tabela 1 – Dados demográficos, lordose lombar e parâmetros espinopélvicos em indivíduos normais na posição ortostática												
ORTOSTASE												
PA CIE NTE	S E X O	ID A D E	LLA EXT ENS ÃO	LLA NEU TRO	LLA FLE XÃO	SS EXT ENS ÃO	SS NEU TRO	SS FLE XÃO	PT EXTEN SÃO	PT NEU TRO	PT FLE XÃO	PI
1	F	29	56,7	48,7	40,2	44	24,1	38	14	24	23	49
2	F	52	55,9	48,5	40,4	42	24,0	34	13,5	23,9	27,5	47,2
3	F	48	57,2	47,5	40,6	38,1	23,5	33	9	23,4	29	49
4	F	38	56,7	47	41,4	36	23,3	31	10,5	23,2	20	54
5	F	35	58,6	48,4	40,7	35	24,0	29	14,8	23,9	18,4	49,6
6	F	45	54	46	39,6	47	22,8	31	15,6	22,7	25	37
7	F	21	53,5	48,5	40,7	48	24,0	34	20,1	23,9	30	46,8
8	F	35	58,4	44,4	41,2	46	22,0	39	11	21,9	25,6	46,9
9	F	39	54,6	50,3	37,2	42	24,9	29	11,7	24,8	22,3	48
10	F	52	58	50	41,5	43	24,7	36	12,3	24,6	24	45,3
11	F	29	54,3	48,6	41,6	46	24,1	37	10,8	24,0	23,6	49,4
12	F	42	55,9	51,9	42,3	39	25,7	32	13,5	25,6	24	49,8
13	F	39	59	51	44,1	42	25,2	31	15,8	25,1	23,8	48,6
14	F	35	58,5	50,5	38,4	38	25,0	32	16,7	24,9	24,3	49,1
15	F	32	58,6	50,6	39,5	37	25,0	27	22,6	24,9	27	45,8
16	F	18	54,7	46,7	43,8	32	23,1	28	21,4	23,0	29	46
17	F	46	56,8	48,8	38,5	39	24,1	29	20,4	24,0	28	45,7
18	M	36	56,9	48,9	40	37	24,2	36	19,7	24,1	30	46,3
19	M	38	53	45	37,4	41	22,3	32	18,6	22,2	31	48
20	M	38	55,9	47,9	39,6	40	23,7	29	17,5	23,6	31	47,4
21	M	49	59	51	41,1	39	25,2	30	19,6	25,1	28	46
22	M	28	58,5	50,6	44,9	38	25,0	31	18	24,9	28,7	48
23	M	39	58,6	50,5	42,3	40	25,0	32	10	24,9	30	49,2
24	M	30	54,7	46	37,1	41	22,8	33	11	22,7	29	41
25	M	50	56,8	48,8	38,5	42	24,1	35	12	24,0	31	39,4
26	M	27	56,9	48,9	39,5	44	24,2	35	13,2	24,1	32	48
27	M	52	55	47	37	42	23,3	29	12,3	23,2	26	46
28	M	25	59	51	38,5	38	25,2	37	14,2	25,1	28	44
29	M	38	58,5	50,5	41	37	25,0	34	15,1	24,9	31	45,6

30	M	22	58,6	50,6	39,5	38	25,0	39	13,9	24,9	32	45,8
31	M	33	50,7	42,7	40,1	37	21,1	29	10,8	21,0	31,7	40,5
32	M	45	57,8	49,8	42,3	32	24,6	36	13,5	24,5	24	42
33	M	38	57,3	49,3	41,5	39	24,4	37	15,8	24,3	23,8	45,7
34	M	24	59	51	42,3	37	25,2	32	16,7	25,1	24,3	46,2
35	M	42	58,3	50,3	43	41	24,9	31	22,6	24,8	27	42,1
36	M	40	55,7	47	43,5	40	23,3	32	21,4	23,2	29	45,5
37	M	36	56,9	46,9	38,4	39	23,2	27	20,4	23,1	28	46
38	M	44	57,1	47,1	39,5	38	23,3	28	19,7	23,2	30	50,7
39	M	47	54,7	46,7	43,8	40	23,1	29	18,6	23,0	31	56
40	M	45	56,8	48,8	44,9	41	24,1	36	17,5	24,0	31	57
41	M	42	56,9	46,9	39,8	42	23,2	32	19,6	23,1	28	56,8
42	M	41	55	45	40,7	44	22,3	29	18	22,2	28,7	57
43	M	44	59	51	41,2	42	25,2	30	10	25,1	30	58,5
44	M	39	58,5	50,5	37,2	38	25,0	31	11	24,9	29	59
45	M	48	58,6	50,6	43,5	37	25,0	32	12	24,9	31	61,2
46	M	46	54,7	46,7	41,2	36	23,1	33	13,2	23,0	32	63
47	M	48	58,6	48,6	37,2	35	24,1	35	12,3	24,0	26	62,4
48	M	56	54,7	46,7	41,5	47	23,1	35	14,2	23,0	23	61,8
49	M	33	56,8	48,8	41,6	48	24,1	29	15,1	24,0	27,5	57,2
50	M	52	56,9	48,9	42,3	46	24,2	37	13,9	24,1	29	57
51	M	45	59	51	37,1	42	25,2	34	14	25,1	20	58
52	M	44	58,5	50,5	38,5	43	25,0	33	13,5	24,9	18,4	57,7
53	M	47	58,6	50,6	39,5	46	25,0	31	9	24,9	25	58,7
54	M	42	58,6	50,6	37	39	25,0	29	10,5	24,9	30	55,4
55	M	47	54,7	46,7	38,5	42	23,1	31	14,8	23,0	25,6	56,9
56	M	55	54,6	46,6	42,3	40	23,1	34	15,6	23,0	29	57,7
57	M	54	58	46	41,5	39	22,8	39	20,1	22,7	31	55,5
58	M	40	54,3	46,3	42,3	38	22,9	29	11	22,8	32	55
59	M	52	58,6	50,6	43	40	25,0	36	11,7	24,9	26	56,4
60	M	47	50,7	42,7	43,5	41	21,1	37	12,3	21,0	28	56

Tabela 2 – Dados demográficos, lordose lombar e parâmetros espinopélvicos em indivíduos normais na posição sentada											
SENTADO											
PA CIE NTE	S E X O	IDAD E	LLA EXTE NSÃO	LLA NEUT RO	LLA FLEXÃO	SS EXT ENS ÃO	SS NEUT RO	SS FL EX ÃO	PT EXTE NSÃO	PT NEUT RO	PT FLE XÃO
1	F	29	43,3	22,1	16,5	26	7,9	21	34	23	47
2	F	52	41,4	20,5	16,3	28	7,3	19	35,3	21,7	44
3	F	48	46	26,2	16	23	9,4	13	29	27,4	49
4	F	38	45,3	22,8	16,8	24	8,2	11	40,5	24	42
5	F	35	42,6	31,4	17	29	11,2	17	34,8	32,6	40
6	F	45	42,6	28,3	16,7	19	10,1	8	35,6	29,5	45
7	F	21	40,7	23,6	17,2	27	8,4	13	30,1	24,8	41
8	F	35	41,2	22,1	17,1	28	7,9	17	41	23,3	41
9	F	39	47,3	27,2	17,5	29	9,7	14	41,7	28,4	47
10	F	52	43,5	25,6	16,9	24	9,2	12	42,3	26,8	49
11	F	29	45,6	13,2	17,4	22	4,7	15	37,8	14,4	44
12	F	42	45,3	28,9	16,8	29	10,3	17	35	30,1	43
13	F	39	50,5	27,1	17	27	9,7	19	35,8	28,3	46
14	F	35	48,3	19,3	15	21	6,9	14	36,7	20,5	47
15	F	32	41,6	23,8	12,4	22	8,5	16	32,4	25	46
16	F	18	43,8	21,5	11,9	23	7,7	19	32,4	22,7	48
17	F	46	43,1	28,9	17	24	10,3	13	40,4	30,1	45
18	M	36	44	30,6	16,7	22	10,9	10	28,7	31,8	48,7
19	M	38	45	29,2	16,1	26	10,4	16	28,6	30,4	47
20	M	38	43	31,6	16,9	26	11,3	14	37,5	32,8	46
21	M	49	43	32,3	16,1	24	11,5	17	39,6	33,5	49
22	M	28	44,9	34,6	16,3	25	12,4	14	38	35,8	47
23	M	39	48	22,8	17,8	26	8,2	15	40	24	48
24	M	30	39	21,7	16,9	27	7,8	12	41	22,9	49
25	M	50	40,1	24,3	17,4	30	8,7	21	37	25,5	47
26	M	27	42,3	22,6	17,5	27	8,1	18	32,8	23,8	40
27	M	52	41,5	23,1	17,3	35	8,3	19	37,4	24,3	44,3
28	M	25	42,3	25,8	18	19	9,2	6	34,2	27	48,2
29	M	38	43	26,7	16	25	9,5	11	33,9	27,9	43
30	M	22	43,5	27,3	16,8	22	9,8	14	36,8	28,5	41
31	M	33	38,4	28,6	16,4	23	10,2	16	36,7	29,8	46
32	M	45	39,5	22,7	18,8	24	8,1	19	32,4	23,9	47

33	M	38	43,8	23,4	19	22	8,4	13	32,4	24,6	46
34	M	24	44,9	24,2	18,6	26	8,7	10	40,4	25,4	48
35	M	42	39,8	26,1	14,5	26	9,3	16	28,7	27,3	45
36	M	40	40,7	20,8	15,8	24	7,4	14	28,6	22	48,7
37	M	36	41,2	19,6	19,7	25	7	17	37,5	20,8	47
38	M	44	37,2	18,2	16,3	26	6,5	14	39,6	19,4	46
39	M	47	43,5	21	16,8	27	7,5	15	38	22,2	49
40	M	45	44,6	19,6	16,9	30	7	12	40	20,8	47
41	M	42	43	22	15,4	27	7,9	21	41	23,2	48
42	M	41	45	23	16,9	35	8,2	18	37	24,2	49
43	M	44	42	25,5	14,9	19	9,1	19	32,8	26,7	47
44	M	39	44,6	26,6	17,5	25	9,5	6	37,4	27,8	40
45	M	48	43,4	27,2	16,8	29	9,7	11	34,2	28,4	44,3
46	M	46	44,5	28	16,3	19	10	19	33,9	29,2	48,2
47	M	48	44,1	22,7	16	27	8,1	13	36,8	23,9	43
48	M	56	44,3	23	16,3	28	8,2	11	40,5	24,2	41
49	M	33	44,9	24,2	15,1	29	8,7	17	34,8	25,4	47
50	M	52	44,6	26,8	15,6	24	9,6	8	35,6	28	44
51	M	45	43	20,1	15,8	22	7,2	13	30,1	21,3	49
52	M	44	42,5	19,7	19,7	29	7	17	41	20,9	42
53	M	47	45,9	18	16,3	27	6,4	14	41,7	19,2	40
54	M	42	44,8	21,8	15,4	21	7,8	12	42,3	23	45
55	M	47	47,2	19,3	16,9	22	6,9	15	37,8	20,5	41
56	M	55	46,5	20,5	14,9	23	7,3	17	35	21,7	41
57	M	54	40,7	19,4	16,3	24	6,9	19	35,8	20,6	47
58	M	40	41,2	18	18,6	26	6,4	17	36,7	19,2	49
59	M	52	37,2	23,5	17,1	28	8,4	14	32,4	24,7	44
60	M	47	43,5	25	15,8	23	8,9	15	32,4	26,2	47