**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO**

LEONOR GARBIN SAVARESE HERNANDES

**Correlação entre a relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos
em indivíduos com dor lombar crônica**

**Ribeirão Preto
2018**

LEONOR GARBIN SAVARESE HERNANDES

**Correlação entre a relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos
em indivíduos com dor lombar crônica**

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

Orientador:
Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira-Barbosa

**Ribeirão Preto
2018**

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

Hernandes, Leonor Garbin Savarese

Correlação entre a relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos em indivíduos com dor lombar crônica. Ribeirão Preto, 2018.

151 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Doutorado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

Orientador: Nogueira-Barbosa, Marcello Henrique

Versão Original

1. Dor lombar crônica; 2. Degeneração discal; 3. Ressonância magnética; 4. Coluna. 5. Radiografia.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Hernandez, Leonor Garbin Savarese

Título: Correlação entre a relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos em indivíduos com dor lombar crônica.

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

Orientador:
Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira-Barbosa

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Julgamento: _____

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Julgamento: _____

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, **Vincenzo e Luciane**,
que me incentivaram nos estudos desde o início e
me deram a oportunidade de sonhar.*

*À **Deus**, pela força, determinação
e coragem para lutar pelo meu sonho.*

*Sonhamos juntos. Choramos juntos. Vibramos juntos.
Fica aqui com o mais puro e verdadeiro sentimento,
o meu muito obrigada.
Por tudo.*

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira-Barbosa, que tenho como exemplo de sabedoria e paciência, agradeço por ter incentivado em mim a curiosidade científica e ter aberto todas as portas para a realização dos meus sonhos acadêmicos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu irmão Aniello, pela amizade e cumplicidade, compartilho esta conquista.

Ao meu marido, Mateus, que a cada dia demonstra ser uma pessoa mais especial, companheira e inspiradora.

Aos colegas que foram de grande importância para a conclusão deste projeto: Rafael Menezes Reis e Mariane Jorge.

Ao Prof. Dr. Carlos Ernesto Garrido Salmon, que acrescentou valiosa contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do Centro de Imagem e Física Médica, pelos ensinamentos durante a residência médica.

Aos funcionários do Centro de Ciências das Imagens e Física Médica, que em algum momento auxiliaram no desenvolver do trabalho.

Aos professores da gloriosa Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, que contribuíram para minha formação.

À Universidade de São Paulo, à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e ao HCRP, agradeço pelo fornecimento de infraestrutura para realização do estudo.

À FINEP e CAPES pelo auxílio financeiro que tornou possível a realização deste trabalho.

Aos pacientes que participaram da pesquisa, graças aos quais foi possível a conclusão deste trabalho.

*“A tarefa não é ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar algo que ninguém pensou sobre
aquilo que todos vêem”*

Arthur Schopenhauer

RESUMO

HERNANDES, L.G.S. **Correlação entre a relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos em indivíduos com dor lombar crônica.** 2018. 151 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

Introdução: A degeneração do disco intervertebral tem alta prevalência e é sabidamente associada à dor lombar. O objetivo deste trabalho foi correlacionar os valores de relaxometria T2 dos discos intervertebrais lombares com os parâmetros espinopélvicos em pacientes com dor lombar crônica.

Materiais e métodos: Entre março a setembro de 2015, 91 pacientes consecutivos (56 mulheres, média de idade 53,5 anos, DP 11,6 anos, 23-76 anos e 35 homens, média de idade 53,6 anos, DP 11,9 anos, 19-73 anos) com dor lombar crônica foram incluídos neste estudo prospectivo. O Comitê de Ética Local aprovou o estudo e o consentimento foi obtido de cada paciente. Todos os indivíduos foram avaliados pelo índice de incapacidade Oswestry e escala visual analógica e não possuíam outras doenças da coluna vertebral, exceto degeneração discal. Os parâmetros espinopélvicos incidência pélvica (IP) versão pélvica (VP), inclinação sacral (IS), eixo vertical sagital (EVS), versão global (VG), ângulo espinopélvico (ASP), ângulo espinossacral (ASS), ângulo T1 pélvico (ATP), lordose lombar (LL), cifose torácica (CT), diferença entre a incidência pélvica e a lordose lombar (IP-LL) e a falta de lordose lombar (FLL) foram mensurados a partir de radiografias panorâmicas da coluna e pelve com o paciente na posição supina utilizando o software Surgimap®. O grupo de estudo foi categorizado de acordo com a classificação de Roussouly. Os mapas de relaxometria T2 foram adquiridos em aparelho de ressonância magnética de 1.5 Tesla para extrair os tempos de relaxação T2 e a segmentação manual completa dos discos lombares intervertebrais de cada paciente foi realizada no software Display®. Para verificar a reprodutibilidade desta avaliação, a concordância inter-observador para a segmentação manual dos discos intervertebrais lombares e mensuração dos parâmetros espinopélvicos foi avaliada. A significância estatística foi aceita quando $p < 0,05$.

Resultados: Os valores de relaxação T2 se correlacionaram significativamente com os parâmetros VP, VG, ASP, ATP, IP-LL e FLL em pacientes com dor lombar

crônica. Não encontramos correlação significativa entre os valores de relaxação T2 e os parâmetros IS, IP, ASS, EVS, LL, CT e questionários clínicos. A divisão por subtipos de Roussouly não se correlacionou com a degeneração discal avaliado pelo tempo de relaxação T2. A mensuração dos parâmetros espinopélvicos e a segmentação manual dos discos intervertebrais lombares mostraram uma alta reprodutibilidade interobservador.

Conclusões: Indivíduos com maiores VP, VG, ATP, IP-LL e FLL apresentaram valores mais baixos de relaxação T2 nos discos intervertebrais. Para o nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a correlacionar os parâmetros espinopélvicos com a degeneração discal avaliada por meio da relaxometria T2.

Palavras-chave: Dor lombar crônica, Degeneração discal, Ressonância magnética, Coluna, Radiografia.

ABSTRACT

HERNANDES, L.G.S. **Correlation between T2 relaxometry and spinopelvic parameters and clinical symptoms in patients with low back pain.** 2018. 151 p. Thesis (Doctoral) - Ribeirão Preto Medical School - University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

Purpose: Intervertebral disc degeneration has a high prevalence and is known to be associated with low back pain. The purpose of this study was to correlate quantitative T2 relaxation measurements of lumbar intervertebral discs (IVD) with spinopelvic parameters and clinical symptoms in patients with chronic low back pain.

Methods: From March to September 2015, 455 intervertebral discs from 91 consecutive patients (56 women, mean age 53.5 years, SD 11.7 years, 23-76 years and 35 men, mean age 53.6 years, SD 11.9 years, 19-73 years) with chronic low back pain were included in this prospective study. The study was approved by the local ethics committee, and written consent was obtained from all patients. All subjects were assessed by Oswestry Disability Index and Visual Analog Score questionnaires and were confirmed to have no other spine diseases except disc degeneration. Spinopelvic parameters including pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), sacral slope (SS), sagittal vertical axis (SVA), global tilt (GT), spinopelvic angle (SPA), spinosacral angle (SSA), T1-pelvic angle (TPA), lumbar lordosis (LL), thoracic kyphosis (TK), PI-LL (pelvic incidence *minus* lumbar lordosis) and lack of lumbar lordosis (LLL) were measured from standing spine and pelvis lateral radiographs using the software Surgimap®. The study group was categorized according to the Roussouly classification. Sagittal T2 maps were acquired in a 1.5T MRI scanner to extract the IVD relaxation times and the complete manual segmentation of the IVD of each patient in all levels was performed using the software Display®. To assess the reproducibility of this evaluation, the interobserver agreement for the manual segmentation of the lumbar intervertebral discs and measurement of the spinopelvic parameters was performed. Statistical significance was accepted when $p < 0.05$.

Results: Lumbar intervertebral discs T2 relaxation times correlated significantly with PT, GT, SPA, TPA, PI-LL and LLL in patients with chronic low back pain. We found no significant correlation between T2 values and SS, PI, ASS, SVA, LL, TK and

clinical questionnaires. Roussouly subtypes and clinical questionnaires did not correlate with T2 relaxation times.

Conclusions: Individuals with higher PT, GT, TPA, PI-LL and LLL showed decreased intervertebral disc T2 relaxation values. To our knowledge, this is the first study to correlate spinopelvic parameters with disc degeneration evaluated by T2 relaxometry.

Keywords: Low back pain; Intervertebral Disc Degeneration, Magnetic resonance imaging, Spine, Radiography.

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1:	Anatomia do disco intervertebral. NP: núcleo pulposo; AF: ânulo fibroso	22
Figura 2:	Processo de degeneração discal. A perda de proteoglicanos acarreta perda de pressão hidrostática e integridade do NP, aumentando a tensão no AF, o que facilita a ruptura do NP e das lamelas do AF	24
Figura 3:	Subtipos posturais de acordo com a classificação de Roussouly e Pinheiro-Franco.....	27
Figura 4:	Representação esquemática do ângulo de versão pélvica	28
Figura 5:	Representação esquemática do ângulo de inclinação sacral	29
Figura 6:	Representação esquemática do ângulo de incidência pélvica.....	29
Figura 7:	Representação esquemática da relação entre os parâmetros incidência pélvica, versão pélvica e inclinação sacral	30
Figura 8:	Representação esquemática do movimento de retroversão pélvica. Ao trazer o platô sacral mais perto do eixo das cabeças femorais e aumentar a distância sacro femoral, esse mecanismo permite a compensação da translação anterior do eixo da gravidade.....	31
Figura 9:	Representação esquemática do ângulo da cifose torácica.....	32
Figura 10:	Representação esquemática do ângulo da lordose lombar.....	33
Figura 11:	Representação esquemática do eixo vertical sagital.....	34

Figura 12:	Representação esquemática da diferença entre a incidência pélvica e lordose lombar (IP-LL).....	35
Figura 13:	Representação esquemática do ângulo T1 pélvico.....	36
Figura 14:	Representação esquemática do ângulo versão global.....	37
Figura 15:	Representação esquemática do ângulo espinopélvico.....	38
Figura 16:	Representação esquemática do ângulo espinossacral.....	39
Figura 17:	Representação do “acordeão espinopélvico”	40
Figura 18:	Desequilíbrio sagital. Postura descompensada à esquerda versus compensada à direita. Note a mudança nos membros inferiores com a extensão dos quadris e flexão dos joelhos.....	41
Figura 19:	Escala de Graduação de Pfirrmann para a degeneração do disco intervertebral. Esta escala é graduada em imagem de RM ponderada em T2 de forma crescente de I a V, do menor ao maior grau de degeneração discal. Leva-se em consideração o sinal e homogeneidade do NP, a distinção entre AF e NP e a altura do disco intervertebral.....	42
Figura 20:	Fluxograma de inclusão e não inclusão dos pacientes no estudo.....	52
Figura 21:	Posicionamento para aquisição da radiografia panorâmica no plano sagital. Observe à direita a radiografia digital do mesmo paciente.....	53
Figura 22:	Radiografia panorâmica da coluna vertebral demonstra os parâmetros espinopélvicos mensurados utilizando o software Surgimap®	54

Figura 23:	Sequência T2 fast-spin eco multieco utilizada, com os tempos 20 ms, 40 ms, 60 ms, 80 ms, 100 ms, 120 ms, 140 ms e 160 ms.....	55
Figura 24:	Representação do método de segmentação manual através do software Display®, cuja região de interesse inclui o NP e AF nos cinco discos lombares	56
Figura 25:	Imagem obtida em paciente de 25 anos, sexo feminino, com dor lombar crônica. Representação gráfica da segmentação, abrangendo o NP e AF de cada disco intervertebral lombar, com mapas de relaxometria sobrepostos. A escala de cores esquemática representa o tempo de relaxação T2 expresso em milissegundos (ms). Note que nos discos cujo nível de hidratação é menor (L4-L5 e L5-S1) é possível observar a redução da quantidade de água expressa em valores mais baixos de tempo de relaxação T2, evidenciada principalmente nas cores azul escuro e roxo	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Classificação de Roussouly.....	27
Tabela 2.	Parâmetros das aquisições de imagens na sequência de mapeamento T2.....	55
Tabela 3:	Valores dos tempos de relaxação T2 dos pacientes com dor lombar crônica expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo, para cada nível discal	60
Tabela 4:	Valores dos tempos de relaxação T2 dos pacientes com dor lombar crônica, por sexo, expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo, para cada nível discal.....	60
Tabela 5:	Correlação entre a idade com os tempos de relaxação T2, por nível discal.....	61
Tabela 6.	Valores dos parâmetros espinopélvicos dos pacientes com dor lombar crônica expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo.....	62
Tabela 7.	Correlação entre os parâmetros espinopélvicos e os tempos de relaxação T2 dos discos lombares.....	62
Tabela 8:	Regressão linear com efeitos mistos – Bruto.....	65
Tabela 9:	Regressão linear com efeitos mistos. Variável de controle: idade.....	65
Tabela 10:	Valores da composição do disco (tempo de relaxação T2) distribuídos de acordo com os subtipos de Roussouly e os níveis discais expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo.....	66

Tabela 11:	Correlação entre o questionário Oswestry e a EVA e os tempos de relaxação T2 dos discos lombares.....	67
Tabela 12:	Coeficientes de correlação intraclasse e intervalos de confiança de 95% (IC) da segmentação manual dos discos e mensurações de parâmetros espinopélvicos.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Ângulo T1 pélvico
ASS	Ângulo espinossacral
ASP	Ângulo espinopélvico
AF	Ânulo fibroso
CT	Cifose torácica
EVS	Eixo vertical sagital
EVA	Escala visual analógica
FMRP	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
FSE	Fast-spin-eco
FOV	Campo de visão, do inglês <i>field of view</i>
GAGs	Glicosaminoglicanos de alto peso molecular
HCRP	Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto
IC	Intervalo de confiança
ICC	Coeficiente de correlação intraclasse, do inglês <i>intraclass correlation coefficient</i>
IL-1	Interleucina 1
IP	Incidência pélvica
IP-LL	Diferença entre incidência pélvica e lordose lombar
IS	Inclinação sacral
LL	Lordose lombar
mm	milissegundos
NP	Núcleo pulposo
RM	Ressonância magnética
ROI	Região de interesse, do inglês <i>region of interest</i>
TE	Tempo de eco
TR	Tempo de repetição
USP	Universidade de São Paulo
VG	Versão global
VP	Versão pélvica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	22
1.1. O disco intervertebral: função e composição	22
1.2. Degeneração discal	23
1.3 Dor discogênica	24
1.4 Equilíbrio sagital.....	25
1.5 Parâmetros do equilíbrio sagital.....	28
1.5.1 Parâmetros pélvicos.....	28
1.5.2 Parâmetros vertebrais.....	31
1.6. Relações entre os parâmetros espinopélvicos.....	39
1.7 Mecanismos compensatórios.....	40
1.8 Avaliação do disco intervertebral por imagem em ressonância magnética.....	42
2. JUSTIFICATIVA.....	45
3. HIPÓTESE.....	47
4.OBJETIVOS.....	49
3.1.Objetivo geral.....	49
3.2.Objetivos específicos.....	49
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
5.1. Casuística.....	51
5.2 Avaliação dos Parâmetros Espinopélvicos.....	52
5.3 Avaliação Quantitativa da Composição dos Discos Lombares.....	54
5.4 Avaliação de imagem.....	57
5.5 Questionários de Avaliação da Dor.....	58
5.6 Análise estatística.....	58
6. RESULTADOS.....	60
6.1. Análise da composição dos discos intervertebrais lombares.....	60
6.2. Relação dos parâmetros espinopélvicos com a composição dos discos intervertebrais lombares.....	61
6.3. Análise da confiabilidade das mensurações.....	67
7. DISCUSSÃO.....	70
8. CONCLUSÕES.....	82

REFERÊNCIAS	84
ANEXO A – Aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa do HCRP, processo nº 11709/2014	98
ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	99
ANEXO C – Índice de Incapacidade de Oswestry.....	102
ANEXO D – Escala visual analógica de dor.....	104
ANEXO E – Tabela com dados clínicos.....	105
ANEXO F – Tabela dos valores da avaliação dos parâmetros espinopélvicos.....	107
ANEXO G – Tabela dos valores de relaxometria T2.....	111
ANEXO H – Tabela dos valores para cálculo da concordância interobservador dos valores de relaxometria T2.....	113
ANEXO I – Tabela dos valores para cálculo da concordância interobservador dos parâmetros espinopélvicos.....	114
ANEXO J – Scripts de programação para extração dos dados quantitativos.....	116
ANEXO K – Carta de submissão do artigo.....	133
ARTIGO.....	135

1. INTRODUÇÃO

1.1. O disco intervertebral: função e composição

O disco intervertebral absorve e distribui a carga da coluna vertebral e permite o movimento entre os segmentos adjacentes. É na sua maior parte avascular e sem células, sendo que a presença de vascularização e inervação em discos saudáveis está limitada às fibras periféricas do ânulo (Wang et al., 2016). É formado por três componentes principais: o núcleo pulposo (NP), que é cercado pelas camadas concêntricas fibrosas do ânulo fibroso (AF) e delimitado em cima e embaixo por uma camada de cartilagem hialina, denominada placa terminal, que apresenta poros que são canais de difusão e fonte principal de nutrição do disco (Figura 1) (Newell et al., 2017).

Figura. 1: Anatomia do disco intervertebral. NP: núcleo pulposo; AF: ânulo fibroso.

Fonte: Adaptado de Newell et al, 2017.

O NP é uma estrutura gelatinosa que representa 40-50% do volume do disco adulto (Iatridis et al., 1996; Pooni et al., 1986) e 25-50% da sua área seccional (Farfan et al., 1970; Nachemson, 1960). A matriz do núcleo pulposo é composta principalmente de glicosaminoglicanos de alto peso molecular (GAGs) com cargas negativas fixas que induzem a pressão osmótica, colágeno e água (Antoniou et al., 1996). As fibras de colágeno tipo II, que representam 5-20% de peso seco, fornecem uma rede tridimensional, que retém o núcleo. O restante do peso seco do NP é composto de proteínas não colágenas e elastina (Inoue; Takeda, 1975). O teor de água NP diminui com a idade, de aproximadamente 90-70% das idades de 1- 80 anos (Antoniou et al., 1996; Gower; Pedrini, 1969; Kraemer et al., 1985; Menezes-Reis et al, 2016).

O AF é uma estrutura de aspecto lamelar e fibrocartilaginosa. Ele é composto por 15-25 anéis concêntricos dispostos em camadas (lamelas) com 0,05-0,5 mm de espessura, que aumentam gradualmente de fora para dentro. As camadas lamelares entrelaçadas de colágeno presentes no ânulo proporcionam resistência à tensão e limitam a expansão das moléculas viscoelásticas de agrecan que proporcionam resistência compressiva e permitem que ocorra deformação reversível no disco. Na porção exterior do ânulo, estas fibras de colágeno tipo I se inserem aos corpos vertebrais adjacentes e são responsáveis por gerar resistência às forças tensoras e cargas dinâmicas aplicadas (Roberts et al., 2006; Eyre; Muir, 1977). A medida que as camadas se tornam mais interiores, a quantidade de proteoglicanos, água e colágeno tipo II aumenta, enquanto o colágeno tipo I diminui. O colágeno tipo II forma uma malha fina que se liga aos proteoglicanos (consequentemente com a água) permitindo que o tecido suporte grandes forças de compressão (Newell et al., 2017; Eyre; Muir, 1977).

As placas terminais são camadas finas de cartilagem hialina que unem o disco de forma inferior e superior aos corpos vertebrais. Possuem aproximadamente 0,6 mm de espessura e geralmente são mais finas no centro onde estão em contato com o NP. A placa terminal é composta de 60% de água e o restante de seus componentes são colágenos tipo II (em abundância) e proteoglicanos (Roberts et al., 1989).

1.2. Degeneração discal

A degeneração inicia processos que alteram a bioquímica normal e a anatomia do disco (Zhao et al, 2007; Freemont et al, 2009). É caracterizada pelo aumento da produção de citocinas pró-inflamatórias, como a interleucina 1 (IL-1) e pela secreção aumentada de metaloproteinases e agrecanases (Anderson et al, 2005), que degradam enzimaticamente a matriz, destroem o GAG hidrófilo dentro do núcleo pulposo (particularmente o agrecano) e levam ao acúmulo de fragmentos de matriz clivados, como a fibronectina (Roughley et al, 2004). Estes se ligam aos receptores da superfície celular e estimulam ainda mais as respostas catabólicas (Feng et al, 2006). Essas mudanças bioquímicas resultam em diminuição da pressão osmótica e perda de água do disco (Roberts et al, 2006). Devido ao menor teor de água, o disco perde a intensidade de sinal T2 nas imagens de ressonância

magnética (RM) e se torna um "disco preto" (Urban et al, 2007). A diminuição da pressão osmótica leva a perda de altura do disco. As mudanças na estabilidade mecânica do disco resultam na aplicação de forças de compressão anormais nas placas terminais vertebrais com alterações resultantes na vascularização, teor de gordura e densidade óssea que são detectados nas imagens de RM (Adams et al, 1996; Brown et al, 1997; Ohtori et al, 2006). A diminuição da pressão osmótica e a perda de integridade biomecânica no AF resultam em abaulamento do anel fibroso, onde uma fissura radial pode levar, em alguns casos, à herniação do NP (Figura 2).

Figura 2: Processo de degeneração discal. A perda de proteoglicanos acarreta perda de pressão hidrostática e integridade do NP aumentando a tensão no AF, o que facilita a ruptura do NP e das lamelas do AF.

Fonte: Acervo pessoal.

1.3 Dor discogênica

A degeneração do disco lombar aumenta com a idade e é um fator de risco conhecido associado à dor lombar (Takatalo et al, 2011; Hancock et al, 2012). A maioria dos casos de degeneração discal é assintomática e as razões para a transição de degeneração assintomática para dolorosa são mal compreendidas (Paajanen et al, 1989; Boden et al, 1990). Embora a degeneração do disco em si não seja diagnóstica para dor lombar, em uma meta-análise recente para adultos com 50 anos de idade ou menos, Brinjikji e colaboradores relataram que a degeneração de disco está associada a dor lombar (Brinjikji et al, 2015).

Embora a causa específica da dor não possa ser estabelecida na maioria dos pacientes, a dor lombar de origem discogênica representa cerca de 40% dos casos, em comparação com 30% para hérnia de disco e 10% para dor interfacetária (Zhang et al, 2009; Manchikanti et al, 2001; Luoma et al, 2000; Barrick et al, 2000). Os

processos degenerativos no disco que parecem ser mais relevantes para a produção de dor incluem o desenvolvimento de reações inflamatórias e tecido de granulação.

A degeneração discal pode incitar uma resposta que inclui a regulação positiva de citocinas pró-inflamatórias e fatores de crescimento (Freemont et al, 2009). O aumento da produção do fator de crescimento de fibroblastos, do fator de crescimento insulina-like 1 e do fator de crescimento derivado de plaquetas dentro das fissuras anulares favorece a formação de tecido de granulação (Pratsinis et al, 2008). Fatores inflamatórios e neurotróficos difundem para a vértebra adjacente através de fissuras de extremidade e microfissuras, levando ao recrutamento de células polimorfonucleares e edema da medula óssea (Ohtori et al, 2006; Ulrich et al, 2007). Os nociceptores de placas terminais e anulares podem ser mais sensibilizados, o que afeta negativamente as membranas das células nervosas e aumenta a excitabilidade (Olmarker et al, 2001.)

A degeneração do disco foi em grande parte atribuída a alterações biomecânicas e estruturais do disco, que são atribuídas ao envelhecimento e sobrecarga (Adams et al, 2000; Videman et al, 2004), porém o efeito da deformidade da coluna vertebral como um mecanismo potencialmente causador de degeneração discal tem sido considerado em adultos jovens (Paajanen et al., 1989; Khoury et al, 2006). Outros fatores relatados como envolvidos no mecanismo de degeneração discal incluem fatores genéticos (Chan et al, 2006; Song et al, 2008); fatores ambientais (Battié et al, 1991; Al-Saeed et al, 2012); doenças sistêmicas (Leino-Arjas et al, 2006; Samartzis et al, 2011) e influências hormonais (Skrzypiec et al, 2007).

1.4 Equilíbrio sagital

A deformidade da coluna vertebral no plano sagital é uma das principais causas de incapacidade e demonstrou ter um enorme impacto na saúde, equivalente a doenças como câncer, diabetes e doenças cardíacas (Glassman et al, 2005; Protopsaltis et al, 2014; Legaye et al, 1998; Lafage et al, 2009; Terran et al, 2013; Fu et al, 2012). À medida que a população ocidental continua a envelhecer, a deformidade da coluna vertebral adulta tornou-se cada vez mais prevalente, com taxas estimadas de até 60% na população idosa dos Estados Unidos (Glassman et al, 2005).

O entendimento do equilíbrio sagital tornou-se, na última década, de maior importância, uma vez que o desequilíbrio se correlaciona diretamente com incapacidade e dor (Glassman et al, 2005). Glassman e colaboradores demonstraram que o alinhamento da coluna vertebral sagital possuía maior importância do que a deformidade coronal quando correlacionado com incapacidade funcional avaliada por questionários validados. Este estudo tornou-se a referência clássica que estabeleceu o eixo vertical sagital (EVS) como a medida primária da deformidade sagital (Glasman et al, 2005).

Continuando o trabalho de Daring e Duval-Beaupère (Daring et al, 1985; Duval-Beaupère et al, 2004), uma série de autores destacaram a importância do equilíbrio sagital na patologia espinhal (Le Huec et al, 2015; Mehta et al, 2015; Ferrero et al, 2015; Dai et al, 2015). Acredita-se que a forma e a orientação espacial da pelve determinam a organização da coluna vertebral e suas curvaturas. Roussouly desempenhou um papel fundamental na promoção desse conceito, criando uma classificação na população assintomática (Roussouly et al, 2005) baseado na observação da existência de uma correlação entre a lordose lombar (LL) e a inclinação sacral (IS) ($R=0,85$). Roussouly e colaboradores descreveram 4 padrões de variação do alinhamento sagital (Figura 3 e tabela 1) baseados na observação de que existem perfis sagitais característicos que ocorrem a depender da orientação espacial da pelve, que determina a organização da coluna vertebral e suas curvaturas.

O subtipo postural I é caracterizado pela presença de IS inferior a 35° , baixa incidência pélvica (IP) e ápice da LL no centro vertebral de L5. O arco inferior da lordose é mínimo, diminuindo em direção a zero à medida que a IS se aproxima da horizontal. O ponto de inflexão é baixo e posterior, criando uma lordose curta com um ângulo de inclinação negativo da lordose. A coluna superior possui uma cifose toracolumbar significativa. O subtipo postural II é caracterizado pela presença de IS inferior a 35° . O ápice da LL está localizado na base do corpo vertebral L4. O arco inferior da lordose é relativamente plano. O ponto de inflexão é maior e mais anterior, diminuindo o ângulo de inclinação do lordose, mas aumentando o número de corpos vertebrais incluídos na lordose. Toda a espinha é relativamente hipolordótica e hipocifótica. O subtipo postural III é caracterizado pela presença de IS entre 35° e 45° . O ápice da LL está no centro do corpo vertebral L4. O arco inferior da lordose se torna mais proeminente. O ponto de inflexão está na junção

toracolumbar, e o ângulo de inclinação da lordose é quase zero. Uma média de quatro corpos vertebrais constituem o arco da lordose. A coluna é bem equilibrada. O subtipo postural IV é caracterizado por IS superior a 45° , o que está associado a uma alta IP. O ápice da lordose lombar está localizado na base do corpo vertebral L3 ou superior. O arco inferior da lordose é proeminente, e o ângulo de inclinação do lordosis é zero ou positivo. O número de vértebras na orientação lordótica é superior a 5, e existe um estado de hiperextensão.

Figura 3: Subtipos posturais de acordo com a classificação de Roussouly.

Fonte: Acervo pessoal .

Tabela 1: Classificação de Roussouly.

Subtipo	IS	Ápice da lordose	Arco inferior/superior	Ângulo de inclinação da lordose	Ponto de inflexão	Coluna
1	$<35^\circ$	Centro de L5	Mínimo	Negativo	Baixo ou posterior	Cifose toracolumbar significativa
2	$<35^\circ$	Base de L4	Plano	Reduzido	Mais alto e anterior em relação ao 1	Hipolordótica e hipocifótica
3	35° a 45°	Centro de L4	Mais proeminente	Zero	Na junção toracolumbar	Balanceada
4	$>45^\circ$	Base de L3	Mais proeminente	Zero ou positivo	Acima da junção toracolumbar	Hiperextensão

Fonte: Roussouly et al, 2005.

1.5 Parâmetros espinopélvicos

1.5.1 Parâmetros pélvicos

Os parâmetros pélvicos mais utilizados são a versão pélvica (VP), a inclinação sacral (IS) e a incidência pélvica (IP).

Versão pélvica

A versão pélvica (VP) corresponde ao ângulo formado entre uma linha vertical que se origina no centro da cabeça femoral e uma linha que parte do centro da cabeça femoral para o ponto médio da placa terminal de S1 (Figura 4). Em termos simples, esse ângulo descreve a rotação da pelve em torno das cabeças femorais. Varia entre 5° e 30° , tendo como média 12° (Van Royen et al, 1998; Schwab et al, 2010; Legaye et al, 1998). Lafage e colaboradores demonstraram que o aumento da versão pélvica correlacionou-se com uma pior qualidade de vida e saúde (Lafage et al, 2009).

Figura 4: Representação esquemática do ângulo de versão pélvica.

Fonte: Acervo pessoal.

Inclinação sacral

A inclinação sacral (IS) corresponde ao ângulo formado entre a placa da extremidade superior de S1 e a linha horizontal (Figura 5). Varia entre 20° e 65° , tendo como média 40° (Van Royen et al, 1998). Apresenta correlação direta com a lordose lombar (LL).

Figura 5: Representação esquemática do ângulo de inclinação sacral.

Fonte: Acervo pessoal.

Incidência pélvica

A incidência pélvica (IP) corresponde ao ângulo formado pela perpendicular ao platô sacral e a linha que conecta o ponto médio deste com o centro de rotação femoral (Figura 6).

Figura 6: Representação esquemática do ângulo de incidência pélvica.

Fonte: Acervo pessoal.

Este é um parâmetro morfológico, independente da orientação espacial da pelve, específico para cada indivíduo. Seu valor cresce progressivamente durante a adolescência e torna-se constante na fase adulta. Está diretamente relacionado ao valor da LL. Varia entre 34° e 84° , tendo como média 52° (Van Royen et al, 1998; Schwab et al, 2010; Legaye et al, 1998). Matematicamente, observa-se uma relação geométrica: $IP = VP + IS$ (Figura 7).

Figura 7: Representação esquemática da relação entre os parâmetros incidência pélvica, versão pélvica e inclinação sacral.

Fonte: Adaptado de Barrey et al, 2007.

É importante compreender que a IP é um parâmetro descritor da morfologia pélvica e não da sua orientação, portanto, seu valor angular não é afetado por mudanças posturais. Em contraste, a VP e a IS são variáveis e úteis para caracterizar a orientação espacial da pelve. Uma vez que a IP representa a ação conjunta das variáveis da IS e da VP, ela se relaciona à capacidade específica que cada indivíduo terá de compensar desequilíbrios sagitais. Desse modo, uma alta IP associada com alta IS e baixa VP indica uma boa capacidade de compensação espinopélvica. Já uma baixa IP indica pouca capacidade de compensação espinopélvica.

A rotação da bacia (mudança na VP) ocasiona movimentos conjugados de rotação e translação sobre o platô superior de S1. Esses deslocamentos resultam em mudanças na IS, bem como modificam a posição relativa da junção

lombossacral em relação aos quadris (Figura 8). Assim, o aumento da VP (extensão dos quadris) irá transladar posteriormente e diminuir a IS devido à horizontalização do platô superior de S1. Ao contrário, a diminuição da VP (flexão dos quadris) irá transladar anteriormente e aumentar a IS devido à verticalização do platô superior de S1 (Jackson et al, 2000; Roussouly et al, 2006; Kobayashi et al, 2004; Schwab et al, 2010).

Figura 8: Representação esquemática do movimento de retroversão pélvica. Ao trazer o platô sacral mais perto do eixo das cabeças femorais e aumentar a distância sacro femoral, esse mecanismo permite a compensação da translação anterior do eixo da gravidade.

Fonte: Adaptado de Barrey et al, 2013.

1.5.2 Parâmetros vertebrais

Os parâmetros vertebrais incluídos nesta análise foram a cifose torácica (CT), a lordose lombar (LL), o eixo vertical sagital (EVS), a diferença entre a incidência pélvica e lordose lombar (IP-LL), o ângulo T1 pélvico (ATP), a versão global (VG), o ângulo espinopélvico (ASP) e o ângulo espinossacral (ASS).

Cifose torácica

A cifose torácica (CT) corresponde ao ângulo formado entre o ponto de inflexão da coluna lombar (geralmente T12-L1) até o final da curvatura próximo ao corpo central de C7 e o platô superior da vértebra de T1 (Rousouly; Pinheiro-Franco, 2011). Entretanto, o posicionamento do ombro nas radiografias pode sobrepor a imagem e dificultar a localização de T1. Para evitar este problema, alguns autores sugerem a utilização do platô superior de T4 para mensuração do ângulo. (Schwab et al., 2009). A CT entre T4-T12, por meio do método de Cobb, varia de 20° a 50° em indivíduos normais (Bernhardt et al, 1989) (Figura 9).

Figura 9: Representação esquemática do ângulo da cifose torácica.

Fonte: Acervo pessoal.

Lordose lombar

A lordose lombar (LL) é a medida do ângulo de Cobb do platô superior de S1 até o platô superior de L1 (Figura 10). Apresenta variação normal entre 30° e 79° (Schwab et al, 2006; Jackson et al, 2000; Roussouly et al, 2006). Dois estudos recentes usaram cálculos estatísticos para prever a LL ideal usando fórmulas baseadas na incidência pélvica. Com uma análise de regressão multilinear, Legaye e colaboradores propuseram uma fórmula para a predição da LL ideal: $LL = -((PI \times 0.5481 + 12.7) \times 1.087 + 21.61)$ (Legaye et al, 2005). Posteriormente, Schwab e colaboradores propuseram uma abordagem mais simples, ao estimar a LL ideal com base em uma população adulta assintomática (75 indivíduos, idade média: 48 anos, SD: 18): $LL = PI + 9^\circ (\pm 9)$ (Schwab et al, 2009).

Figura 10: Representação esquemática do ângulo da lordose lombar.

Fonte: Acervo pessoal.

Eixo vertical sagital

O eixo vertical sagital (EVS) é a medida da distância horizontal entre a linha de prumo de C7 e a linha vertical que passa pelo ponto posterossuperior de S1 (Figura 11). Serve para documentar a localização da cabeça em relação ao centro de gravidade (desvio de C7 em relação ao promontório sacral), que é considerado alterado quando há desequilíbrios sagitais anteriores ou posteriores maiores que 2 cm (Schwab et al, 2010). Glassman e colaboradores mostraram que entre 352 pacientes com alinhamento sagital positivo o aumento do EVS correlacionou-se com a dor e piores escores de saúde e qualidade de vida (Glassman et al, 2005)

Figura 11: Representação esquemática do eixo vertical sagital.

Fonte: Acervo pessoal.

Diferença entre incidência pélvica e lordose lombar (IP-LL)

A diferença entre a incidência pélvica e a lordose lombar (IP-LL) (Figura 12) também é frequentemente usada como parâmetro descritor do alinhamento da coluna vertebral (Schwab et al, 2010; Schwab et al, 2013). Schwab e colaboradores demonstraram que a IP-LL se correlacionou significativamente com a VP ($r = 0.844$, $P < 0.001$) e o EVS ($r = 0.685$, $P < 0.001$). Foi sugerido que um valor de IP-LL inferior a 10° indicaria um mal alinhamento (Schwab et al, 2013). À medida que a LL deve se adaptar à morfologia pélvica (avaliada por meio da IP), uma falta de correspondência excessiva entre os 2 valores representaria uma condição em que o paciente não conseguiu encontrar uma organização espinopélvica de acordo com sua anatomia pélvica. A IP-LL demonstrou correlação com questionários relacionados à saúde e qualidade de vida, ao mesmo tempo que provou ser uma ferramenta valiosa no planejamento intraoperatório da correção da deformidade com dorso plano (Protopsaltis et al, 2014; Terran et al, 2013, Lafage et al, 2009; Lazennec, 2000), sendo utilizada como base para determinar a correção alvo na cirurgia de tratamento do malalinhamento sagital.

Figura 12: Representação esquemática da diferença entre incidência pélvica e lordose lombar (IP-LL)

Fonte: Acervo pessoal.

Ângulo T1 pélvico e Versão global

Recentemente, o ângulo T1 pélvico (ATP) e a versão global (VG) foram propostos como novos parâmetros espinopélvicos que, simultaneamente, representam a inclinação da coluna e a retroversão pélvica; esses parâmetros não se alteram por compensação postural.

O ATP é o ângulo obtido por uma linha formada entre o centro geométrico das cabeças femorais ao centro do corpo vertebral T1 e uma linha do centro geométrico das cabeças femorais ao centro da placa terminal superior de S1 (Figura 13). Corresponde à soma a inclinação T1 espinopélvica com a VP.

No estudo de Protopsaltis e colaboradores, o ATP correlacionou-se com o EVS ($r = 0,837$), IP-LL ($r = 0,889$), a VP ($0,933$) e com questionários relacionados à saúde e qualidade de vida em pacientes com deformidade espinhal adulta e sugeriram sua utilidade como ferramenta no planejamento pré-operatório destes pacientes, com um ATP alvo $<14^{\circ}$.

Figura 13: Representação esquemática do ângulo T1 pélvico.

Fonte: Acervo pessoal.

A VG é definida como o ângulo formado por uma linha do centro da placa final superior sacral ao centro do corpo vertebral C7 e uma linha do centro geométrico das cabeças femorais ao centro da placa terminal sacral (Figura 14).

Figura 14: Representação esquemática do ângulo versão global.

Fonte: Acervo pessoal.

Estes dois últimos parâmetros combinam a anteversão do tronco e a retroversão pélvica como um parâmetro para avaliar a deformidade espinhal global. Recentemente, valores de referência para a VG foram descritos em voluntários idosos (Banno et al, 2016). Neste estudo, a VG parece ser relacionada à idade, sendo encontrado um valor médio de $15,4^\circ \pm 8,7^\circ$ para pacientes com idade entre 50 e 59 anos e $30,8^\circ \pm 14,8^\circ$ após 80 anos) e sexo (valor médio de 26° para mulheres e $18,8^\circ$ para homens), com uma alta correlação com a VP ($r = 0,914$) e EVS ($r = 0,751$). Um valor de corte VG de $33,7^\circ$ foi proposto pelos autores, para um índice de incapacidade de Oswestry > 40 . Esses resultados enfatizam o fato de que a interpretação dos valores de VG, como outros parâmetros sagitais, deve ser feita de acordo com o contexto geral dos pacientes com deformidades da coluna vertebral.

ÂNGULO ESPINOPÉLVICO

O ângulo espinopélvico (ASP) corresponde ao ângulo formado entre a linha que une o centro de C7 ao centro da placa terminal S1 e a linha que une o centro da placa terminal S1 ao centro geométrico das cabeças femorais (Figura 15). Este ângulo avalia o alinhamento espinopélvico global levando em consideração a retroversão da pelve e anteversão do tronco.

Figura 15: Representação esquemática do ângulo espinopélvico.

Fonte: Acervo pessoal.

ÂNGULO ESPINOSSACRAL

O ângulo espinossacral (ASS) (Figura 16) corresponde ao ângulo formado entre a linha que passa do centro de C7 ao centro da placa terminal de S1 e a superfície da placa terminal sacral e foi concebido para quantificar a cifose global de toda a coluna vertebral. O valor médio do ASS em indivíduos assintomáticos é de $130,4^\circ \pm 8,1^\circ$ (Mac-Thiong et al., 2010). Em uma população saudável, este ângulo se correlaciona fortemente com a IS ($R=0.914$, $P < 0.001$) e a LL ($R=0.889$, $P < 0.001$) (Roussouly et al, 2006). Estudos têm demonstrado que o SSA é diminuído na

presença de doenças como cifose degenerativa (Son et al., 2017), artrite reumatóide (Lee et al., 2017) e lombalgia discogênica (Pellet et al., 2011). Além disso, o SSA se associa à presença da dor e alterações funcionais (Lee et al., 2017).

Figura 16: Representação esquemática do ângulo espinossacral.

Fonte: Acervo pessoal.

1.6. Relações entre os parâmetros espinopélvicos

O reconhecimento da relação entre a morfologia pélvica, representada pela IP e a LL, melhorou a compreensão do mal alinhamento espinhal no plano sagital (Legaye et al, 1998). O valor da IP é uma característica anatômica individual e corresponde à "espessura" da pelve. Mais de duas décadas atrás, o grupo de Duval-Beaupère postulou que uma alta IP está associada a uma IS grande e a uma LL pronunciada e uma IP baixa está associada a uma IS menor e a uma LL sutil, levando a um conceito básico de "équilibre économique" em pé (Duval-Beaupère et al, 1992; Legaye et al, 1998). Morvan comparou o conjunto espinopélvico harmonioso da coluna e pelve a um acordeão (Fig.17) (Morvan et al, 2011), sendo que uma pelve plana (pequena IP) corresponde a um acordeão comprimido com pequenas curvaturas da coluna vertebral e um acordeão esticado corresponde a uma pelve grossa (grande IP) com curvaturas espinhais acentuadas.

Figura 17: Representação do “acordeão espinopélvico”.

Fonte: Adaptado de Morvan et al, 2011.

1.7. Mecanismos compensatórios

Na população normal um equilíbrio sagital padrão não existe. É essencial ter uma congruência ótima entre a pelve e a coluna vertebral para alcançar uma postura econômica com o eixo de gravidade numa posição fisiológica (Barrey et al, 2007; Kobayashi et al, 2004). O objetivo final do equilíbrio espinopélvico é tentar manter o centro de gravidade corporal próximo ao centro dos quadris (Roussouly et al, 2006). A interação existente entre a coluna e a pelve é um importante ponto-chave na análise das deformidades da coluna vertebral. Esta interação é modulada ainda mais por mecanismos compensatórios do paciente, para manter o alinhamento permanente da posição horizontal e o olhar horizontal (Obeid et al, 2011; Morvan et al, 2011; Barrey et al, 2011). O "gatilho" por trás do desequilíbrio sagital é basicamente um desajuste entre a IP e a LL, seja por degeneração discal, trauma ou fusão iatrogênica. A redução da LL resulta na inclinação anterior do tronco, caracterizada por um aumento do EVS, dando origem a uma postura encurvada, e

uma inclinação para baixo da cabeça com a consequente incapacidade de ver acima do horizonte. Quando este desequilíbrio ocorre, mecanismos compensatórios estão envolvidos para restaurar um equilíbrio compensado. A compensação começa no nível da coluna vertebral com modificações das curvaturas. Se esta compensação não for suficiente, o paciente inclina a pelve para trás e estende os quadris, aumentando o valor da VP e reduzindo o EVS. Além disso, alguns segmentos lombares podem apresentar hiperextensão ou retrolistese, aumentando assim o risco de estenose do canal vertebral. Por fim, quando todos os mecanismos compensatórios são superados, as extremidades inferiores podem ajudar a restaurar um olhar horizontal pela flexão dos joelhos (Figura 18) (Roussouly et al, 2010; Obeid et al, 2011). A flexão dos joelhos afeta a magnitude do EVS ao permitir uma maior retroversão pélvica para retrain a cabeça sobre os quadris e os tornozelos, diminuindo efetivamente o EVS (Obeid et al, 2011; Morvan et al, 2011; Barrey et al, 2011).

Figura 18: Desequilíbrio sagital. Postura descompensada à esquerda versus compensada à direita. Note a mudança nos membros inferiores com a extensão dos quadris e flexão dos joelhos.

Fonte: Adaptado de Roussouly et al, 2010

1.8 Avaliação do disco intervertebral por imagem em ressonância magnética

Atualmente, os achados clínicos juntamente com achados de imagem de RM são usados para identificar as fontes de dor mais prováveis. Além disso, as mudanças morfológicas identificadas pelas técnicas tradicionais de RM são tipicamente observadas nos estágios posteriores da progressão da doença. Pfirrmann e colaboradores descreveram um sistema de graduação para avaliar as alterações morfológicas da degeneração discal baseado nas sequências de RM ponderadas em T2 (Figura 19). Este sistema possui uma excelente confiabilidade intra e interobservador (0.84-0.90 e 0.69-0.81, respectivamente) e classifica a intensidade e a morfologia do sinal em cinco graus (Pfirrmann et al, 2001). Os graus I e II geralmente representam o disco sadio em crianças e adultos respectivamente, com hipersinal do NP (grau I), altura preservada e distinção clara entre as estruturas do disco. No grau II é possível identificar um discreto princípio de alterações no núcleo. No grau III há perda de sinal do NP e perda progressiva de distinção entre o núcleo e o ânulo. No grau IV existe ausência de sinal e não há mais distinção entre o NP e o AF, com início de perda de altura. Finalmente, o grau V representa o disco colapsado, com perda significativa ou quase total do disco (Pfirrmann et al, 2001). Embora o sistema de classificação de Pfirrmann seja útil, é subjetivo e insuficiente para detectar o início precoce da degeneração do disco intervertebral.

Figura 19: Escala de Graduação de Pfirrmann para a degeneração do disco intervertebral. Esta escala é graduada em imagem de RM ponderada em T2 de forma crescente de I a V, do menor ao maior grau de degeneração discal. Leva-se em consideração o sinal e homogeneidade do NP, a distinção entre AF e NP e a altura do disco intervertebral.

Fonte: Acervo pessoal.

O tempo de relaxamento T2 obtido através do mapeamento T2 é a constante de decaimento da intensidade de sinal T2 nas imagens de RM, sendo mensurável através de uma sequência fast-spin-eco (FSE) multieco, em milissegundos (ms) (Figura 20). É uma propriedade intrínseca de tecido que reflete o ambiente molecular do disco, sendo um parâmetro quantitativo sensível às alterações no teor de colágeno e água na cartilagem (Xia et al, 2000) e no disco intervertebral (Weidenbaum et al, 1992). Os valores de relaxometria T2 se correlacionam fortemente com o conteúdo de água do NP e, em menor grau, com proteoglicanos, ao passo que esses valores estão inversamente relacionados com o conteúdo de colágeno. Os estudos mostraram que o T2 diminui com a degeneração do disco (Kerttula et al, 2001; Perry et al, 2006; Chiu et al, 2001). Perry e colaboradores mensuraram os valores de T2 em cinco indivíduos, usando uma sequência de FSE, e relataram que os valores médios de T2 foram maiores em discos normais em comparação com os classificados como Pfirrmann grau III ou IV. Karakida e colaboradores investigaram mudanças diárias no disco medindo T2 na manhã e à noite e relataram que os discos degenerados apresentavam menores valores de T2 que os discos saudáveis na mesma hora do dia (Karakida et al, 2003). Vale a pena ressaltar que Ludescher e colaboradores e Zhu e colaboradores encontraram alterações nos valores de T2 nos discos intervertebrais lombares com o ritmo circadiano, sendo encontrada uma diminuição significativa dos valores no NP e aumento significativo nos valores no AF durante o dia (Ludescher et al, 2008; Zhu et al, 2015).

A degeneração do disco e o envelhecimento pode ser caracterizada, portanto, por progressiva deterioração do tempo de relaxamento T2 devido a desidratação, perda de proteoglicanos e substituição do colágeno (Marinelli et al, 2010; Antoniou et al, 1998; Mwale et al, 2008). Esses estudos demonstram que o tempo de relaxação T2 pode ser um biomarcador não-invasivo para a degeneração do disco intervertebral que é sensível às alterações no colágeno e na hidratação discal.

2. JUSTIFICATIVA

A dor lombar crônica é a patologia musculoesquelética mais prevalente, que atinge cerca de dois terços da população adulta, com consequências econômicas significativas devido ao consumo de recursos destinados à saúde e perda de produtividade econômica (Jarvik et al, 2002). A degeneração do disco intervertebral tem alta prevalência e é sabidamente associada à dor lombar (Brinjikji et al, 2015; Hancock et al, 2012). É de interesse clínico discriminar a saúde dos discos intervertebrais, avaliada por meio da hidratação discal, e identificar os estágios iniciais da degeneração. A avaliação da degeneração discal pela classificação de Pfirrmann, que utiliza a sequência de RM ponderada em T2, apesar de útil, é subjetiva e limitada na avaliação do início precoce da degeneração do disco intervertebral (Pfirrmann et al, 2006). As técnicas quantitativas emergentes de RM, especificamente o mapeamento T2, através da avaliação da quantidade da água na rede macromolecular, se correlacionam fortemente com a hidratação dos discos (Weidenbaum et al, 1992; Perry et al, 2006; Chiu et al, 2001; Blumenkrantz et al, 2010). Estudos recentes demonstraram a relação entre equilíbrio sagital e degeneração dos discos intervertebrais utilizando a classificação semiquantitativa de Pfirrmann (Torrie et al, 2015; Menezes-Reis et al, 2016; Mardare et al, 2016). Além disso, o malalinhamento sagital está diretamente relacionado com incapacidade e redução na qualidade de vida (Terran et al, 2013). No entanto, não identificamos estudos na literatura que avaliaram a potencial correlação do alinhamento sagital com a composição bioquímica do disco intervertebral, avaliada por meio de técnicas quantitativas de RM.

3. HIPÓTESE

Este estudo foi baseado na premissa que as desordens degenerativas da coluna vertebral estão associadas a alterações no balanço sagital. Devido ao fato que estudos anteriores mostraram uma correlação negativa entre os valores de T2 e degeneração discal (Perry et al, 2006; Chiu et al, 2001; Blumenkrantz et al, 2010) nós postulamos que os pacientes que apresentam um desequilíbrio sagital, avaliado através de parâmetros espinopélvicos, possuem uma maior degeneração discal e consequentemente menores valores de T2. A nossa hipótese é que os parâmetros espinopélvicos que traduzem um desequilíbrio sagital se correlacionem com a degeneração discal, quantificada por meio da técnica de relaxometria T2.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

- Analisar a provável correlação entre os parâmetros espinopélvicos e a composição bioquímica dos discos intervertebrais lombares avaliada pela relaxometria T2 em indivíduos com dor lombar crônica.

4.2 Objetivos específicos

- Correlacionar os valores de relaxometria T2 dos discos intervertebrais lombares com os parâmetros espinopélvicos em pacientes com dor lombar crônica.
- Correlacionar os valores de relaxometria T2 dos discos intervertebrais lombares com os sintomas clínicos, avaliados pelo índice de incapacidade Oswestry e escala visual analógica (EVA).
- Correlacionar os valores da relaxometria T2 dos discos intervertebrais lombares com os subtipos posturais da classificação de Roussouly.
- Verificar a reprodutibilidade interobservador da mensuração dos parâmetros espinopélvicos utilizando o software Surgimap®.
- Verificar a reprodutibilidade interobservador da segmentação dos discos intervertebrais utilizando o software Display®.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo teve caráter prospectivo, observacional e transversal. Após aprovação pelo comitê de ética em pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HC-FMRP-USP) (processo nº 11709/2014 – Anexo A) foi realizado o recrutamento dos participantes, que concordaram em fazer parte do estudo após explicação individual dos métodos e objetivos da pesquisa e leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo B).

5.1. Casuística

Foram incluídos indivíduos adultos de ambos os sexos, que já possuíam indicação para a realização de RM de coluna lombossacra a ser realizada no HC-FMRP-USP. Esses pacientes foram convidados a participar deste estudo, que acrescentou às sequências tradicionais de RM o estudo da composição discal por meio da sequência de mapeamento T2 e um exame de radiografia panorâmica da coluna vertebral em ortostase, no mesmo dia e local do exame de RM já solicitado.

Entre março a setembro de 2015, 91 pacientes consecutivos (56 mulheres, média de idade 53,5 anos, DP 11,6 anos, 23-76 anos e 35 homens, média de idade 53,6 anos, DP 11,9 anos, 19-73 anos) foram incluídos neste estudo. A Figura 22 apresenta o fluxograma do recrutamento dos pacientes.

Os critérios de inclusão constituíram em: idade igual ou maior que 18 anos e dor lombar crônica (escala analógica visual ≥ 3) com episódios recorrentes nos últimos 6 meses. Os critérios de exclusão constituíram em: escoliose ou espondilolistese, fratura vertebral, neoplasia, estado pós operatório (coluna, quadril ou joelho), doença incapacitante no quadril, infecção, doenças do metabolismo ósseo ou contraindicação para exposição à radiação (ex: gravidez). Do total de 107 pacientes avaliados, 16 foram excluídos pelos seguintes motivos: 10 indivíduos com espondilolistese, 5 indivíduos com escoliose e 1 indivíduo com fratura vertebral (Figura 21).

Figura 20: Fluxograma de inclusão e não inclusão dos pacientes no estudo.

5.2 Avaliação dos Parâmetros Espinopélvicos

Para avaliar os parâmetros espinopélvicos foram realizadas radiografias computadorizadas em um chassi específico para radiografias panorâmicas, permitindo avaliar a coluna vertebral em toda sua extensão tendo como limites desde os meatos acústicos até as regiões subtrocantéricas femorais. O modelo utilizado foi o CR Long Length Vertical Imaging System (Kodak Direct View; Carestream Health, Rochester, NY, USA). As imagens foram adquiridas em perfil para avaliação do plano sagital, com a distância foco-filme de 2 m e técnica: MA = 300, MAS = 160, KV = 120. Os indivíduos foram posicionados em pé, com os membros superiores apoiados em um suporte, os ombros apoiados em 30° de flexão e os cotovelos ligeiramente fletidos (Figura 22). Este posicionamento radiográfico foi proposto por Marks e colaboradores, para evitar ao máximo as compensações da coluna e minimizar a sobreposição dos ossos dos membros superiores com as vértebras (Marks et al, 2009).

Figura 21: Posicionamento para aquisição da radiografia panorâmica no plano sagital. À direita está a radiografia digital do mesmo paciente.

Fonte: Acervo pessoal.

Para mensurar os parâmetros espinopélvicos e ângulos das curvaturas vertebrais foi utilizado o software Surgimap® (Nemaris Inc., New York, NY, USA, versão 2.2.9.6), validado por Lafage e colaboradores (Lafage et al, 2015). Os seguintes parâmetros foram avaliados: IP, VP, IS, EVS, VG, ASP, ASS, ATP, LL, CT e IP-LL. Utilizamos a fórmula proposta por Schwab e colaboradores para determinar a lordose lombar ideal, sendo $LL = IP + 9$. portanto, com a LL medida e a LL ideal teórica, podemos estabelecer a falta de lordose lombar (FLL) para cada paciente. Foram marcados os contornos das cabeças femorais e traçadas linhas adjacentes à cartilagem sacral, ao platô superior da vértebra L1, platô inferior de T12, platô superior de T4, platô superior de T1, centro do corpo vertebral de C7 e C2. A partir destas marcações o software calculou automaticamente os parâmetros espinopélvicos e as curvaturas vertebrais (Figura 23). O ângulo VG foi calculado

separadamente, por não ser calculado automaticamente pelo software Surgimap®. Se houve dúvida sobre a localização da junção lombossacral, devido à possível presença de uma vértebra de transição, a IS foi marcada na placa terminal superior da porção fixa aparente do sacro, correspondente à junção lombossacral funcional.

Figura 22: Radiografia panorâmica da coluna vertebral demonstra os parâmetros espinopélvicos mensurados utilizando o software Surgimap®.

Fonte: Surgimap®.

5.3 Avaliação Quantitativa da Composição dos Discos Lombares

Para avaliar a composição dos discos lombares, foi utilizado um aparelho de ressonância magnética de 1.5 Tesla (Achieva; Philips Healthcare, Best, the Netherlands) com uma bobina de 16 canais específica para coluna. Antes da aquisição das imagens, os indivíduos permaneceram em posição sentada por no mínimo 30 minutos. Para evitar possíveis variações do conteúdo hídrico do disco ao longo do dia, todos os exames foram realizados durante o período vespertino. Foi utilizada uma sequência de múltiplos ecos de relaxometria T2, com duração de 3 minutos (Figura 24), cujos parâmetros estão listados na tabela 2.

Figura 23: Sequência T2 FSE multieco utilizada, com os tempos 20 ms, 40 ms, 60 ms, 80 ms, 100 ms, 120 ms, 140 ms e 160 ms.

Fonte: Acervo pessoal.

Tabela 2. Parâmetros das aquisições de imagens na sequência de mapeamento T2.

Mapeamento T2	
Orientação	Sagital
Campo de Visão (FOV)	22 x 22 cm
Espessura do Corte	4 mm
Número de Cortes	16
Voxel	1 x 1
Matriz	220 x 217
Espaçamento entre os cortes	0.4 mm
Tempo de Eco (TE)	20/40/60/80/100/120/140/160 ms
Tempo de Repetição (TR)	3900 ms

Foram utilizados as ferramentas MINC e o software Display® (McConell Brain Imaging Center, Montreal, Quebec, Canada) para analisar as imagens. Os mapas de relaxometria foram gerados usando scripts construídos com base nas ferramentas MINC no Laboratório de Processamento de Imagens Radiológicas do Centro de Imagens e Física Médica do HCRP (Anexo J), e foram computados pixel-a-pixel

usando um modelo de decaimento exponencial. S_0 é o sinal de equilíbrio de magnetização e $S(TE)$ é o sinal adquirido com o tempo de eco (TE). A partir desta equação é possível obter os valores de T2:

$$S(TE) = S_0 \times \exp\left(-\frac{TE}{T_2}\right)$$

Para extração dos dados dos mapas de relaxometria, foi necessário realizar a segmentação manual dos discos lombares (Figura 25). A segmentação englobou tanto o NP como o AF utilizando todas as imagens sagitais em que os cinco discos eram identificados, tomando cuidado para não incluir o osso subcondral.

Figura 24: Representação do método de segmentação manual através do software Display®, cuja região de interesse inclui o NP e AF nos cinco discos lombares.

Fonte: Software Display®.

Após a segmentação volumétrica, as camadas contendo as segmentações foram sobrepostas aos mapas de relaxometria T2 para extração dos tempos de relaxação dos tecidos discais (Figura 25).

Figura 25: Imagem obtida em paciente de 25 anos, sexo feminino, com dor lombar crônica. Representação gráfica da segmentação, abrangendo o NP e AF de cada disco intervertebral lombar, com mapas de relaxometria sobrepostos. A escala de cores esquemática representa o tempo de relaxação T2 expresso em milissegundos (ms). Note que nos discos cujo nível de hidratação é menor (L4-L5 e L5-S1) é possível observar a redução da quantidade de água expressa em valores mais baixos de tempo de relaxação T2, evidenciada principalmente nas cores azul escuro e roxo.

Fonte: Acervo pessoal.

5.4 Avaliação de imagem

A primeira examinadora, médica radiologista com 4 anos de experiência, foi responsável pela mensuração dos parâmetros espinopélvicos e a segmentação dos discos intervertebrais lombares. O segundo examinador, pesquisador com quatro anos de experiência em avaliação de imagens de coluna, cego aos resultados da primeira examinadora, realizou as mesmas mensurações em imagens de 45 pacientes para verificar a concordância interobservador. O grupo do estudo foi estratificado de acordo com a classificação de Roussouly para os subtipos posturais (Roussouly et al, 2005). Os dois examinadores classificaram os pacientes entre os quatro subtipos. Quando ocorreu alguma discordância, foi considerada a opinião de um terceiro examinador, pesquisador sênior e radiologista com mais de 17 anos de

experiência em radiologia musculoesquelética. A distribuição dos subgrupos da classificação de Roussouly foi: Tipo1: n=13; tipo 2: n=23; tipo 3: n=44; and tipo 4: n=11.

5.5 Questionários de Avaliação da Dor

Todos os indivíduos foram avaliados pelo índice de incapacidade de Oswestry e Escala Visual Analógica de dor (EVA) para avaliar a percepção de dor na coluna vertebral no dia dos exames realizados, bem como sua interferência sobre as atividades diárias (Anexos C e D). Estes questionários mostraram-se capazes de fornecer scores quantitativos confiáveis em estudos anteriores (Fairbank et al, 1980; Baker et al, 1989; Mehra et al, 2008; Gould et al, 2001). O índice de incapacidade de Oswestry é composto por 10 seções de perguntas constituídas de 6 alternativas cada, na qual o paciente é solicitado a assinalar somente uma alternativa por seção e que seja a que tenha melhor relação perceptiva de seu estado físico. A EVA consiste em uma escala que varia de 0 a 10, sendo 0 a ausência de dor e 10 a dor máxima observada pelo paciente. Os questionários foram aplicados por uma aluna de iniciação científica do quarto ano do curso de fisioterapia, após ser treinada pela pesquisadora principal.

5.6 Análise estatística

O teste T-Student foi utilizado para comparar a composição dos discos intervertebrais lombares de acordo com o sexo. A correlação entre os parâmetros espinopélvicos (IP, VP, IS, EVS, VG, ASP, ASS, ATP, LL, CT, IP-LL e FLL) e o tempo de relaxação T2 foi analisada através do coeficiente de correlação de Spearman (ρ), para cada nível discal. Para verificar a relação entre os parâmetros espinopélvicos com o tempo de relaxação T2, controlando o efeito da idade, foi proposto o modelo de regressão linear com efeitos mistos. As comparações entre os subtipos de Roussouly e o tempo de relaxação T2 foram feitas por meio da análise de variância (ANOVA). A concordância inter-observador foi analisada por meio do coeficiente de correlação intraclassa (ICC), com um intervalo de confiança de 95%. As análises foram realizadas com o auxílio do software SAS 9.2. Para este estudo adotou-se um nível de significância de 5%.

6. RESULTADOS

6.1. Análise da composição dos discos intervertebrais lombares

A Tabela 3 apresenta os dados correspondentes aos tempos de relaxação T2 dos cinco discos lombares em média e desvio padrão. É possível perceber que os discos L2-L3 e L3-L4 apresentam os maiores valores de tempos de relaxação T2, sendo que estes valores tendem a diminuir a medida que se aproximam das extremidades superior (L1-L2) e inferior (L4-L5 e L5-S1).

Tabela 3: Valores dos tempos de relaxação T2 dos pacientes com dor lombar crônica expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo, para cada nível discal.

Tempo de Relaxação T2 (ms)					
Variáveis	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
L1-L2	91.41	12.04	68.97	91.07	131.35
L2-L3	92.54	10.69	72.41	92.42	127.7
L3-L4	92.14	11.13	71.84	89.77	119.25
L4-L5	91.83	11.53	69.88	89.77	132.21
L5-S1	90.22	11.38	69.88	88.5	129.84
Média	91.63	8.93	75.72	90.95	114.54

Tabela 4: Valores dos tempos de relaxação T2 dos pacientes com dor lombar crônica, por sexo, expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo, para cada nível discal.

Nível discal	Sexo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor p
L1-L2	F	56	91.53	11.04	74.35	92.17	121.55	0.90
	M	35	91.21	13.66	68.97	89.77	131.35	
L2-L3	F	56	92.39	10.77	73.53	92.04	118.13	0.87
	M	35	92.77	10.72	72.41	92.85	127.70	
L3-L4	F	56	92.00	11.74	71.84	89.41	119.25	0.88
	M	35	92.37	10.24	76.80	90.66	113.97	
L4-L5	F	56	92.93	12.46	69.88	91.30	132.21	0.25
	M	35	90.06	9.76	75.47	88.34	114.48	
L5-S1	F	56	90.29	11.81	69.88	88.18	129.84	0.94
	M	35	90.11	10.82	73.15	90.17	122.71	
Média T2	F	56	91.83	9.41	75.72	90.25	114.54	0.79
	M	35	91.30	8.24	77.72	91.03	112.73	

A tabela 4 apresenta os valores dos tempos de relaxação T2, por sexo, para cada nível discal. As médias dos tempos de relaxação T2 para os homens foram: $T2 = 91.30 \pm 8.24$ ms e para as mulheres foram: 91.83 ± 9.41 ms. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os sexos entre os valores de relaxometria T2 em nenhum nível discal (L1-L2: $p=0.90$, L2-L3: $p=0.87$, L3-L4: $p=0.88$, L4-L5: $p=0.25$, L5-S1: $p=0.94$).

A tabela 5 apresenta a correlação entre a idade e os tempos de relaxação T2 dos discos intervertebrais lombares, por nível discal. A idade se correlacionou negativamente com o tempo de relaxação T2 em todos os segmentos.

Tabela 5: Correlação entre a idade com os tempos de relaxação T2, por nível discal.

Tabela 37. Correlações entre a idade com os tempos de relaxação T2, por nível discal.					
Variáveis		Coeficiente de correlação de Spearman	IC 95%		Valor p
Tempo de Relaxação T2 (ms)					
Idade	L1-L2	-0.49*	-0.63	-0.32	<0,01
	L2-L3	-0.48*	-0.62	-0.30	<0,01
	L3-L4	-0.26*	-0.44	-0.05	<0,01
	L4-L5	-0.28*	-0.46	-0.08	<0,01
	L5-S1	-0.20*	-0.39	0.01	<0,01
	Média	-0.42*	-0.57	-0.23	<0,01

*: correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$). IC: intervalo de confiança

6.2. Relação dos parâmetros espinopélvicos com a composição dos discos intervertebrais lombares

Os valores dos parâmetros espinopélvicos da amostra estão expressos na Tabela 6.

Tabela 6. Valores dos parâmetros espinopélvicos dos pacientes com dor lombar crônica expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
GT (°)	14.75	9.57	-17	15	35
ASP(°)	165.25	9.57	145	165	197
VP(°)	14.73	8.21	-8	15	36
IP(°)	50.56	12.13	20	50	81
IS(°)	36.51	8.93	5	37	62
LL(°)	53.85	13.48	6	54	93
IP-LL(°)	-3.29	11.81	-46	-3	22
CT(°)	38.12	12.79	8	38	83
EVS (mm)	7.96	31.31	-78.62	5.11	103.27
ATP(°)	10.37	7.56	-14	11	24
ASS(°)	124.24	10.11	89	124	155
FLL(°)	5.71	11.81	-37	6	31

GT: versão global; APS: ângulo espinopélvico; VP: versão pélvica; IP: incidência pélvica; IS: inclinação sacral; LL: lordose lombar; IP-LL: diferença entre a incidência pélvica e a lordose lombar; CT: cifose torácica; ESV: eixo vertical sagital; ATP: ângulo T1 pélvico; ASS: ângulo espinossacral; FLL: falta de lordose lombar.

A Tabela 7 apresenta os valores de correlação entre os tempos de relaxação T2 com os parâmetros espinopélvicos nos cinco níveis lombares. Foi possível observar uma correlação estatisticamente significativa negativa entre os valores da relaxometria T2 e os parâmetros: VP, IP, VG, ASP, ATP, IP-LL e FLL, em todos os níveis.

Tabela 7. Correlação entre os parâmetros espinopélvicos e os tempos de relaxação T2 dos discos lombares.

Variáveis		Coefficiente de correlação de Spearman	IC 95%		Valor p
VG	L5-S1	-0.32*	-0.49	-0.12	<0,01
	L4-L5	-0.47*	-0.61	-0.29	<0,01
	L3-L4	-0.37*	-0.53	-0.17	<0,01
	L2-L3	-0.33*	-0.50	-0.13	<0,01
	L1-L2	-0.26*	-0.44	-0.06	0.01
	Média	-0.40*	-0.56	-0.21	<0,01
ASP	L5-S1	0.32*	0.12	0.49	<0,01
	L4-L5	0.47*	0.29	0.61	<0,01
	L3-L4	0.37*	0.17	0.53	<0,01
	L2-L3	0.33*	0.13	0.50	<0,01
	L1-L2	0.26*	0.06	0.44	0.01
	Média	0.40*	0.21	0.56	<0,01

Continua

Continuação

Variáveis		Coefficiente de correlação de Spearman	IC 95%		Valor p
VP	L5-S1	-0.33*	-0.50	-0.13	<0,01
	L4-L5	-0.53*	-0.66	-0.36	<0,01
	L3-L4	-0.43*	-0.58	-0.25	<0,01
	L2-L3	-0.38*	-0.55	-0.19	<0,01
	L1-L2	-0.24*	-0.43	-0.04	0.02
	Média	-0.45*	-0.60	-0.26	<0,01
IP	L5-S1	-0.29*	-0.47	-0.09	<0,01
	L4-L5	-0.29*	-0.47	-0.09	<0,01
	L3-L4	-0.34*	-0.51	-0.14	<0,01
	L2-L3	-0.26*	-0.44	-0.05	0.01
	L1-L2	-0.11	-0.31	0.10	0.31
	Média	-0.31*	-0.49	-0.11	<0,01
IS	L5-S1	-0.09	-0.29	0.12	0.39
	L4-L5	0.08	-0.13	0.28	0.48
	L3-L4	-0.05	-0.26	0.15	0.61
	L2-L3	0.02	-0.18	0.23	0.83
	L1-L2	0.08	-0.13	0.28	0.44
	Média	0.00	-0.21	0.20	0.96
LL	L5-S1	-0.09	-0.29	0.12	0.42
	L4-L5	0.21	0.00	0.40	0.05
	L3-L4	0.04	-0.17	0.24	0.72
	L2-L3	0.06	-0.15	0.26	0.59
	L1-L2	0.13	-0.08	0.32	0.23
	Média	0.07	-0.14	0.27	0.51
IP-LL	L5-S1	-0.21*	-0.40	-0.01	0.04
	L4-L5	-0.49*	-0.63	-0.32	<0,01
	L3-L4	-0.38*	-0.54	-0.18	<0,01
	L2-L3	-0.33*	-0.50	-0.13	<0,01
	L1-L2	-0.27*	-0.45	-0.07	<0,01
	Média	-0.38*	-0.54	-0.19	<0,01
CT	L5-S1	-0.11	-0.31	0.10	0.30
	L4-L5	0.14	-0.07	0.34	0.18
	L3-L4	0.09	-0.12	0.29	0.42
	L2-L3	0.12	-0.09	0.32	0.26
	L1-L2	0.08	-0.13	0.28	0.48
	Média	0.08	-0.13	0.28	0.46

Conclusão

Variáveis		Coefficiente de correlação de Spearman	IC 95%		Valor p
EVS	L5-S1	0.01	-0.20	0.21	0.95
	L4-L5	-0.11	-0.30	0.10	0.32
	L3-L4	0.06	-0.15	0.26	0.57
	L2-L3	0.11	-0.10	0.31	0.29
	L1-L2	-0.04	-0.24	0.17	0.73
	Média	0.02	-0.18	0.23	0.84
ATP	L5-S1	-0.29*	-0.47	-0.09	<0,01
	L4-L5	-0.51*	-0.64	-0.33	<0,01
	L3-L4	-0.37*	-0.53	-0.17	<0,01
	L2-L3	-0.31*	-0.48	-0.10	<0,01
	L1-L2	-0.25*	-0.43	-0.04	0.02
	Média	-0.39*	-0.55	-0.20	<0,01
ASS	L5-S1	-0.01	-0.22	0.19	0.91
	L4-L5	0.14	-0.07	0.34	0.18
	L3-L4	-0.01	-0.21	0.20	0.94
	L2-L3	0.07	-0.14	0.27	0.52
	L1-L2	0.14	-0.07	0.34	0.18
	Média	0.07	-0.14	0.27	0.53
FLL	L5-S1	-0.21	-0,41	0,00	0.04
	L4-L5	-0.49	-0,64	-0,31	< 0,01
	L3-L4	-0.38	-0,55	-0,18	< 0,01
	L2-L3	-0.33	-0,51	-0,13	< 0,01
	L1-L2	-0.27	-0,46	-0,07	< 0,01
	Média	-0.38	-0,55	-0,19	< 0,01

*: correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

GT: versão global; APS: ângulo espinopélvico; VP: versão pélvica; IP: incidência pélvica; IS: inclinação sacral; LL: lordose lombar; IP-LL: diferença entre a incidência pélvica e a lordose lombar; CT: cifose torácica; EVS: eixo vertical sagital; ATP: ângulo T1 pélvico; ASS: ângulo espinossacral; FLL: falta de lordose lombar.

A partir das análises de correlação, foram feitas regressões lineares a fim de detectar o comportamento de cada nível discal ante os parâmetros espinopélvicos em que uma correlação significativa foi detectada. Para avaliar o efeito da idade sobre a correlação entre parâmetros espinopélvicos e a degeneração discal avaliada pela relaxometria T2, um modelo de efeitos mistos adicional que incluiu a idade como um efeito fixo foi realizado. As tabelas 8 e 9 apresentam a regressão linear entre os tempos de relaxação T2 com os parâmetros correlacionados, antes e após o controle da idade, respectivamente.

Tabela 8: Regressão linear com efeitos mistos – Bruto.

Valores da relaxometria T2				
Variável	beta	Valor p	IC 95%	
VG	-0,38	<0,01	-0,56	-0,20
ASP	-0,38	<0,01	-0,56	-0,20
VP	-0,49	<0,01	-0,69	-0,29
IP	-0,20	<0,01	-0,35	-0,05
IP-LL	-0,27	<0,01	-0,42	-0,13
ATP	-0,46	<0,01	-0,69	-0,24
FLL	-0,27	<0,01	-0,42	-0,13

GT: versão global; APS: ângulo espinopélvico; VP: versão pélvica; IP: incidência pélvica; IP-LL: diferença entre a incidência pélvica e a lordose lombar; ATP: ângulo T1 pélvico; FLL: falta de lordose lombar.

Tabela 9: Regressão linear com efeitos mistos. Variável de controle: idade.

Valores da relaxometria T2				
Variável	beta	Valor p	IC 95%	
VG	-0.26	<0,01	-0.44	-0.08
ASP	-0.26	<0,01	-0.44	-0.08
VP	-0.38	<0,01	-0.58	-0.18
IP	-0.13	0.06	-0.27	0.01
IP-LL	-0.18	0.01	-0.33	-0.04
ATP	-0.31	<0,01	-0.54	-0.09
FLL	-0,18	0,01	-0,33	-0,04

GT: versão global; APS: ângulo espinopélvico; VP: versão pélvica; IP: incidência pélvica; IP-LL: diferença entre a incidência pélvica e a lordose lombar; ATP: ângulo T1 pélvico; FLL: falta de lordose lombar.

Podemos observar que após o controle da idade, continuamos a encontrar uma relação negativa entre os valores de relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos VP, VG, ASP, ATP, IP-LL e FLL e não encontramos mais uma relação entre os valores de relaxometria T2 e a IP.

Tabela 10: Valores da composição do disco (tempo de relaxação T2) distribuídos de acordo com os subtipos de Roussouly e os níveis discais expressos em média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo.

L1-L2							
Roussouly	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor p
1	13	90.43	13.08	68.97	89.29	110.9	0.51
2	23	88.41	8.46	74.57	89.05	102.51	
3	44	93	13.02	76.28	92.81	131.35	
4	11	92.46	13.35	74.35	92.08	121.55	
L2-L3							
Roussouly	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor p
1	13	94.51	10.22	76.69	95.15	111.04	0.44
2	23	89.43	6.97	76.51	91.83	100.76	
3	44	93.32	11.55	72.41	91.51	127.7	
4	11	93.58	13.86	73.53	93.11	116.9	
L3-L4							
Roussouly	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor p
1	13	91.99	8.72	74.85	92.59	101.33	0.67
2	23	91.6	11.74	73.21	90.66	117.72	
3	44	91.49	10.4	76.05	88.93	116.78	
4	11	96.05	15.4	71.84	94.52	119.25	
L4-L5							
Roussouly	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor p
1	13	94.09	9.7	80.13	94.25	109.94	0.20
2	23	89.18	14.34	69.88	85.11	132.21	
3	44	91.09	9.24	72.1	89.37	114.48	
4	11	97.65	14.17	78.06	98.91	122.12	
L5-S1							
Roussouly	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor p
1	13	88.36	9.85	74.79	88.65	109.3	0.59
2	23	92.57	13.72	69.88	93.2	125.3	
3	44	89.14	10.5	73.15	86.63	129.84	
4	11	91.86	11.59	74.52	90.58	113.26	
Média T2							
Roussouly	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor p
1	13	91.88	7.6	77.37	92.33	101.3	0.67
2	23	90.24	8.06	75.72	89.98	107.17	
3	44	91.61	8.74	78.68	88.78	112.73	
4	11	94.32	12.85	76.06	94.86	114.54	

A Tabela 10 apresenta os valores expressos em média e desvio padrão da composição dos discos lombares de acordo com a distribuição entre os subtipos de Roussouly. Não houve diferença entre os subtipos quanto os tempos de relaxação T2 em nenhum nível discal (L1-L2: $p = 0.51$; L2-L3: $p = 0.44$; L3-L4: $p = 0.67$; L4-L5: $p = 0.20$; L5-S1: $p = 0.59$; média dos valores de T2: 0.67).

O valor médio do índice de incapacidade de Oswestry foi $23,86 \pm 9,41$ pontos (mínimo: 5, máximo: 40, mediana: 25) e da EVA foi $7,48 \pm 1,88$ (mínimo: 2, máximo: 10, mediana: 8). A tabela 11 apresenta os valores de correlação entre o índice de incapacidade de Oswestry e a EVA e os valores de relaxação T2 nos cinco níveis lombares. Podemos observar que não foi encontrada uma correlação estatisticamente significativa entre os valores de relaxação T2 e os questionários clínicos em nenhum nível discal.

Tabela 11: Correlação entre o índice de incapacidade de Oswestry e a EVA e os tempos de relaxação T2 dos discos lombares.

Variáveis		Coefficiente de correlação de Spearman	IC 95%		Valor p
Oswestry	L1-L2	-0.14	-0.33	0.07	0.19
	L2-L3	-0.09	-0.29	0.11	0.38
	L3-L4	-0.04	-0.24	0.17	0.73
	L4-L5	-0.16	-0.36	0.04	0.12
	L5-S1	0.10	-0.11	0.29	0.37
	Média T2	-0.09	-0.29	0.12	0.38
EVA	L1-L2	-0.08	-0.28	0.13	0.48
	L2-L3	-0.01	-0.21	0.20	0.94
	L3-L4	0.03	-0.17	0.24	0.75
	L4-L5	-0.01	-0.22	0.20	0.92
	L5-S1	0.06	-0.14	0.27	0.55
	Média T2	0.00	-0.20	0.21	0.98

6.3. Análise da confiabilidade das mensurações

A Tabela 12 apresenta os valores de confiabilidade entre os examinadores para os resultados mensurados (composição do disco intervertebral e parâmetros espinopélvicos). É possível observar que as

análises interexaminadores da composição disco apresentaram confiabilidade acima de 0,85.

Tabela 12: Coeficientes de correlação intraclasse e intervalos de confiança de 95% (IC) da segmentação manual dos discos e mensurações de parâmetros espinopélvicos.

	ICC	IC 95%
Segmentação do disco (T2)	0,96	0,94-0,97
VG	0,86	0,75-0,92
ASP	0,86	0,75-0,92
VP	0,90	0,82-0,94
IP	0,87	0,76-0,93
IS	0,85	0,72-0,91
IP-LL	0,91	0,83-0,95
LL	0,94	0,89-0,96
CT	0,92	0,86-0,96
EVS	0,96	0,93-0,98
ATP	0,87	0,76-0,93
ASS	0,88	0,79-0,93
FLL	0,91	0,84-0,95

7. DISCUSSÃO

Este estudo relata uma série consecutiva de 91 pacientes com idades compreendidas entre 19 e 76 anos, com o objetivo de correlacionar a degeneração discal, quantificada pela técnica de relaxometria T2, com os parâmetros espinopélvicos. Encontramos correlação negativa significativa entre os valores da relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos VP, VG, ASP, ATP, IP-LL e FLL. Não encontramos correlação entre os valores da relaxometria T2 e os parâmetros espinopélvicos IS, IP, ASS, EVS, LL e CF, e com os questionários clínicos índice de incapacidade de Oswestry e EVA. A divisão por subtipos de Roussouly também não se correlacionou com o tempo de relaxação T2.

A correlação entre os valores de relaxação T2 e o teor de colágeno e água foi descrita e existem fortes associações negativas entre os valores de T2 e a degeneração discal (Weidenbaum et al, 1992, Perry et al, 2006; Chiu et al, 2001; Blumenkrantz et al, 2010). Além disso, estudos recentes estabeleceram a relação entre o tempo de relação T2 e a graduação semiquantitativa de Pfirrmann (Marineli et al, 2010; Blumenkrantz et al, 2010; Stelzeneder et al, 2011; Welsch et al, 2011; Zhang et al, 2015; Yoon et al, 2016), sendo que a diminuição no tempo de relaxamento T2 se correlacionou significativamente com um maior grau de degeneração discal (Trattinig et al, 2010; Welsch et al, 2011; Detiger et al, 2014). A relação entre o balanço sagital e a degeneração dos discos intervertebrais lombares avaliada pela classificação semiquantitativa de Pfirrmann foi demonstrada (Torrie et al, 2015; Menezes-Reis et al, 2016; Mardare et al, 2016). Entretanto, não identificamos estudos na literatura que avaliaram a potencial correlação entre o alinhamento sagital e a composição bioquímica dos discos intervertebrais lombares avaliada por meio de técnicas quantitativas em RM.

Estudos anteriores confirmaram que os pacientes com doença degenerativa lombar são caracterizados por desequilíbrio sagital anterior, perda da LL e aumento da VP (Potter et al, 2004; Barrey et al, 2013; Mandare et al, 2016). O EVS e a VP são parâmetros espinopélvicos que refletem a gravidade da deformidade da coluna vertebral adulta; no entanto, existem alguns pontos a serem considerados. Primeiramente, a medida do EVS pode

ser diminuída por mecanismos de compensação postural, como a retroversão pélvica. Portanto, uma VP alta pode "esconder" uma deformidade espinhal maior quando apenas o EVS é considerado. O EVS e a VP estão inter-relacionados no sentido de que a magnitude de um afeta o outro. Lafage e colaboradores sugeriram que a VP deve ser considerada em conjunto com o EVS para capturar pacientes com deformidade da coluna vertebral no plano sagital sem um alto EVS devido à compensação pélvica (Lafage et al, 2009). Vale a pena ressaltar que um plano de realinhamento bem sucedido não deve apenas restaurar o relacionamento espinopélvico, mas também “zerar” os mecanismos compensatórios, que são drenadores de energia e afetam a qualidade de vida do paciente. O fato de não termos encontrado correlação entre o EVS e os valores de relaxometria T2 reforça o conceito de que o EVS do paciente não deve ser analisado isoladamente na avaliação do plano sagital. Em contraste, o ATP e a VG têm muitas vantagens para avaliar o alinhamento global, na medida em que consideram a retroversão pélvica e a anteversão do tronco e não são afetados por calibrações posturais ou radiográficas (Protopsaltis et al, 2014; Obeid et al, 2016). Além disso, correlacionam-se fortemente com o EVS, a VP e a IP-LL (Banno et al, 2016) e demonstraram correlação com a degeneração discal avaliada quantitativamente pela relaxometria T2.

Roussouly e Nnadi descreveram relações espinopélvicas com o uso do ASP e o ASS (Roussouly; Nnadi, 2010). O ASP é semelhante em conceito aos ATP e a VG, pois também avalia o alinhamento espinopélvico global levando em consideração a retroversão da pelve e anteversão do tronco. No entanto, este ângulo diminui à medida que a deformidade aumenta, e os valores patológicos que se correlacionam com a qualidade de vida relacionada à saúde não foram estabelecidos. A VG é, na realidade, uma versão modificada do ASP descrito por Roussouly. Do ponto de vista geométrico, este ângulo corresponde à seguinte fórmula: $ASP = 180 - VG$. VG e ASP são de fato ângulos suplementares.

Em pacientes com doença degenerativa discal, a perda de LL é um achado freqüente e tem consequências importantes no alinhamento da coluna vertebral e deve ser compensada para manter o equilíbrio sagital pélvico. Assim, o objetivo das cirurgias de malalinhamento sagital é alcançar

um ótimo alinhamento sagital global, restaurando a LL, levando em consideração a morfologia da pelve. Obeid e colaboradores estudaram retrospectivamente um grupo de 28 pacientes com deformidade espinhal utilizando o sistema EOS e calcularam a FLL após estimar a LL ideal com duas fórmulas diferentes descritas por Legaye e Schwab (Legaye et al, 2005; Schwab et al, 2009) e encontraram uma maior correlação ao usar a fórmula de Schwab ($r = 0,72$), em comparação com a fórmula de Legaye ($r = 0,63$) com o ângulo de flexão dos joelhos, a fim de mensurar a compensação pelos membros inferiores. Além disso, neste mesmo estudo, a FLL se correlacionou mais fortemente com o ângulo de flexão dos joelhos ($r = 0,72$) do que a LL ($r = 0,42$). No nosso trabalho não encontramos correlação entre a LL e a degeneração discal quantificada através da relaxometria T2. Entretanto, identificamos uma correlação estimando a FLL do indivíduo, calculada pela diferença entre lordose observada e a LL ideal estimada pela fórmula de Schwab. Nós também identificamos correlação entre a IP-LL, uma ferramenta valiosa no planejamento intraoperatório desses pacientes (Legaye et al, 1998; Schwab et al, 2005) e os valores de relaxometria T2. Esses achados são esperados ao levarmos em consideração a relação existente entre a morfologia pélvica, representada pela IP, e a LL. Conforme postulado, a LL apresenta forte correlação com a IP. Relembrando o conceito do “acordeão espinopélvico” introduzido por Morvan e colaboradores, uma IP alta é acompanhada de uma LL alta e uma IP baixa é acompanhada de uma baixa LL (Morvan et al, 2011). Desta forma, quando analisamos dois pacientes com a mesma LL com diferentes IP, a LL pode estar normal ou reduzida, a depender do valor da IP, e o cálculo da FLL nos dá esta informação. Portanto, indivíduos com uma diferença maior entre a IP e a LL, avaliada através da IP-LL e FLL, estimada pela diferença entre a lordose esperada e a lordose observada, apresentaram valores menores de relaxometria T2 no nosso estudo, ou seja, discos mais degenerados.

Os mecanismos compensatórios da pelve podem ser quantificados pela VP, um ângulo proposto por Duval-Beaupère e colaboradores e posteriormente correlacionado com escores de qualidade de vida relacionados à saúde por Lafage e colaboradores (Duval-Beaupère et al, 1992; Lafage et al, 2009). Teoricamente, indivíduos com baixa IP teriam uma

maior abertura acetabular anterior com os quadris em maior extensão e, como resultado, uma capacidade menor para se adaptar ao malalinhamento sagital (Lezennec et al, 2007). Lafage e colaboradores demonstraram que ao categorizar os pacientes com deformidade em quatro grupos por alta e baixa VP e alto e baixo EVS, o grupo com o pior índice de incapacidade de Oswestry apresentou alto EVS e baixa IP, sugerindo que pacientes com deformidades maiores sem a capacidade de compensar com retroversão pélvica teriam níveis mais elevados de incapacidade. Torrie e colaboradores, entretanto, não encontraram correlação entre a IP e o grau de degeneração discal, avaliado através da graduação semiquantitativa de Pfirrmann ($R=0.0933$; $p=0.335$). Em concordância com o trabalho de Torrie e colaboradores, também não encontramos correlação entre a IP e a degeneração discal avaliada pela relaxometria T2.

Consistentemente com outros trabalhos (Niu et al, 2011, Wu et al, 2013, Menezes-Reis et al, 2016), encontramos uma correlação linear negativa entre idade e os valores de T2. Como indivíduos mais velhos tendem a ter discos mais degenerados e portanto, discos com valores mais baixos de relaxometria T2, um modelo de efeitos mistos adicional que incluiu a idade como efeito fixo foi utilizado. Acreditamos que desta forma, ao fixar a idade, conseguimos avaliar a correlação entre os parâmetros espinopélvicos e a degeneração discal de forma a retirar o viés da idade. Neste contexto, continuamos a encontrar uma correlação negativa significativa entre os parâmetros VP, VG, ATP, ASP, IP-LL, FLL e os valores de relaxometria T2 e a correlação negativa entre a IP os valores de relaxometria T2 desapareceu.

A análise biomecânica da organização espinopélvica categorizada por subtipos de Roussouly tem sido colocada hipoteticamente como capaz de influenciar a evolução degenerativa da coluna vertebral (Roussouly et al, 2011). Roussouly e colaboradores sugeriram que os pacientes com doença discal sintomática são mais comumente classificados como tipo 1 ou 2, enquanto a estenose espinhal é geralmente associada ao tipo 4, sendo o tipo 3 raramente visto em pacientes com transtornos da coluna vertebral (Roussouly et al, 2005). Chaléat-Valayer e colaboradores encontraram uma maior proporção de pacientes com dor lombar crônica com baixas IS, IP e LL, comparados aos indivíduos controle, sugerindo a relação entre esse padrão

específico (tipo 2 de Roussouly) e a presença de dor lombar (Chaléat-Valayer et al, 2011). Os autores argumentaram que o aumento da prevalência do tipo 2 de Roussouly na coorte de pacientes com dor lombar seria principalmente devido a uma IP constitucionalmente pequena e não a uma compensação, pois no caso de mudança de um tipo 3 original para um tipo 2 com o avanço da doença degenerativa discal, um aumento na VP seria esperado nesses indivíduos, a fim de compensar uma perda de LL, e isso não foi observado, sendo observada uma VP média de 13.9 graus, com desvio padrão de 7.3 graus. Nossa casuística apresentou valores semelhantes em relação à média da VP, que foi de 14.73 graus e desvio padrão de 8.2 graus, sendo encontrada a seguinte proporção de indivíduos, categorizados por subtipo de Roussouly: 14,3% tipo 1, 25,3% tipo 2, 48,4% tipo 3 e 12,1% tipo 4 vs 5,1% tipo 1, 37,4% tipo 2, 38,9% tipo 3 e 18,7% tipo 4 no estudo de Chaléat-Valayer e colaboradores. O nosso estudo não incluiu um grupo controle, que poderia ter possibilitado uma comparação em relação à frequência dos subtipos posturais encontrados em relação a um grupo de indivíduos assintomáticos.

Três estudos identificaram que pacientes com dor lombar apresentavam diminuição da IS, aumento da VP e redução da LL (Jackson et al, 1994; Barrey et al, 2007; Rajnics et al, 2002). Barrey e colaboradores avaliaram 57 pacientes com degeneração discal e/ou hérnia discal antes da realização de artrodese e encontraram IP semelhantes, porém redução da IS, LL e CT e aumento da VP, em comparação com 154 controles (Barrey et al, 2007). Rajnics e colaboradores também observaram diferenças significativas entre os parâmetros IS, VP e LL em 50 pacientes com dor lombar e hérnia de disco em comparação com 30 indivíduos saudáveis (Rajnics et al, 2002). Barrey e colaboradores argumentaram que a perda de LL não seria apenas secundária à degeneração do disco, mas também postural, a fim de diminuir a dor relacionada à sobrecarga posterior do disco. Rajnics e colaboradores sugeriram que a IS reduzida, a VP aumentada e a LL reduzida levariam a um aumento das forças de compressão aplicadas nos elementos anteriores (corpos vertebrais e discos intervertebrais), contribuindo para a degeneração discal. Foi optado por excluir pacientes com espondilolistese pois o estudo de Schuller e colaboradores (Schuller et al, 2011) comparou os parâmetros

espinopélvicos de indivíduos com espondilolistese degenerativa com indivíduos com dor lombar crônica sem espondilolistese e observou que os indivíduos com espondilolistese apresentam uma maior VP, maior IP, maior IS e maior LL, constituindo portanto um viés para o estudo.

Os pacientes com diferentes subtipos de Roussouly não apresentaram diferenças significativas nos tempos de relaxação T2 dos discos intervertebrais no nosso estudo. Vale a pena ressaltar que a classificação de Roussouly (Roussouly et al, 2005) foi originalmente descrita em 160 indivíduos assintomáticos com idade entre 18 e 48 anos. Este sistema de classificação tem suas limitações, já que indivíduos com baixa IS também tendem a ter LL baixa se permanecerem sagitalmente equilibrados em relação ao segmento da coluna lombar. Além disso, a IS é freqüentemente afetada por alterações degenerativas lombares. Em um estudo que considerou os subtipos posturais de Roussouly e o grau de degeneração discal avaliado pela graduação semiquantitativa de Pfirrmann, Torrie e colaboradores não encontraram correlação estatisticamente significativa entre estes parâmetros, ao realizar uma comparação por grupos (Torrie et al, 2015). Consistentemente com este achado, nossos resultados reforçam a não correlação entre subtipos Roussouly e a degeneração discal em pacientes com dor lombar crônica. Uma possível explicação é atribuída ao fato que esta classificação é baseada nos parâmetros IS e LL, que não exibiram correlação com os valores de relaxometria T2 no nosso estudo.

Schwab e colaboradores, num estudo prospectivo multicêntrico que avaliou o tratamento operatório vs. não-operatório para deformidade espinhal em adultos, revelaram que o EVS, a VP e a IP-LL foram os parâmetros mais fortemente correlacionados com incapacidade para ambos os grupos de pacientes e propôs um sistema de classificação centrado nesses parâmetros para fornecer um guia para a avaliação do paciente para capturar todos os parâmetros potenciais que determinam os descritores clinicamente relevantes da deformidade espinhal para a tomada de decisão terapêutica apropriada (Schwab et al, 2013). Idealmente, os autores recomendam um EVS <40 mm, um PI-LL dentro de 10° e um PT <20° como alvos para o alinhamento sagital. Consistentemente com o trabalho de Schwab e colaboradores, estes mesmos parâmetros, acrescidos da VG, ASP e ATP, que não foram

avaliados por Schwab neste estudo e que também traduzem a compensação da pelve pela retroversão pélvica, se correlacionaram negativamente com os valores de relaxometria T2.

Em relação aos valores dos parâmetros espinopélvicos observados, encontramos valores semelhantes ao estudo de Barrey e colaboradores, que analisaram os parâmetros IP, VP, IS, ASS, LL e CT (Barrey et al, 2007). Além disso, os valores encontrados para o ATP foram semelhantes ao estudo de Protopsaltis e colaboradores e os valores encontrados para a VG foram semelhantes ao estudo de Obeid e colaboradores (Protopsaltis et al, 2014; Obeid et al, 2016). Salientamos que esses três estudos também analisaram uma casuística de indivíduos com doença degenerativa discal e/ou deformidade da coluna espinhal.

Podemos observar que as correlações encontradas entre parâmetros com os valores de relaxometria T2 foram mais fortes ao nível de L4-L5. Não é razoável especular que este achado possa estar relacionado à mecânica da região, pois além de ser o nível mais prevalentemente relacionado à degeneração discal e suportar as maiores quantidades de carga, tende a submeter-se a uma maior quantidade de movimentos. Curiosamente o estudo de Delisle e colaboradores demonstrou que a articulação L5-S1 não foi significativamente afetada pela VP (Delisle et al, 1997), o que poderia explicar a correlação mais fraca encontrada neste nível, em comparação com os demais níveis.

Encontramos valores mais elevados de relaxação T2 nos discos L2-L3 e L3-L4, com uma tendência à redução nas extremidades superior (L1-L2) e inferior (L4-L5 e L5-S1). Na literatura encontramos uma prevalência crescente de degeneração discal nos níveis intervertebrais lombares mais caudais nos estudos que utilizaram a graduação semiquantitativa de Pfirrmann (Torrie et al, 2015; Al-Saeed et al, 2012; Siemionow et al, 2011; Saleem et al, 2013; Kim et al, 2013). Encontramos apenas dois trabalhos que descreveram os valores de relaxometria T2 por nível discal. Menezes-Reis e colaboradores encontraram a mesma distribuição de valores ao estudar uma população de 90 indivíduos jovens assintomáticos (Menezes-Reis et al, 2016). Blumenkatz e colaboradores encontraram uma redução dos valores de T2 de L1-L2 a L5-S1. Vale a pena ressaltar que o trabalho de Blumenkatz e

colaboradores incluiu a avaliação de apenas 44 discos, ao passo que o trabalho de Menezes-Reis e colaboradores incluiu 450 discos e o presente trabalho incluiu 455 discos. Uma possível explicação para os nossos achados seria que os níveis L1-L2 e L4-L5 e L5-S1 oferecem maior movimentação no plano sagital do que as outras articulações, sendo L1-L2 mais próximo à junção toracolumbar. Além disso, L4-L5 e L5-S1 suportam a maior quantidade de cargas pela força gravitacional.

Dois estudos não encontraram diferenças significativas na degeneração discal entre homens e mulheres avaliada com base na classificação semiquantitativa de Pfirrmann (Sieminow et al, 2011; Pfirrmann et al, 2006). Consistentemente com esses trabalhos, este estudo encontrou não encontrou diferenças nos valores de relaxometria T2 entre homens e mulheres.

Os valores de T2 encontrados nos discos intervertebrais foram muito próximos aos relatados no estudo de Niu e colaboradores, que utilizou ROIs que cobriam o núcleo pulposo e ânulo fibroso no corte sagital mais central e aos relatados no estudo de Menezes-Reis e colaboradores, que explorou a segmentação do disco vertebral em toda a sua extensão. Na literatura encontramos diversas metodologias de segmentação. Menezes-reis e colaboradores, em um estudo que comparou diferentes métodos de segmentação, concluíram que a escolha do método pode influenciar os valores absolutos obtidos em discos intervertebrais com notas Pfirrmann I e II, e a comparação entre os resultados de diferentes estudos que utilizaram diferentes métodos de segmentação deve ser feita com cautela. Ao comparar os tempos de relaxação individuais do NP, AF anterior e AF posterior, as três regiões demonstraram correlação estatística com os valores do disco todo, tanto nos discos degenerados como nos discos não degenerados. Outro ponto que merece atenção neste estudo é que o ICC intra e interobservador foi forte para o NP e a técnica de segmentação do disco todo. Porém os intervalos de correlação intraclasse para o AF foram moderados, possivelmente devido ao posicionamento dos ROIs, que tende a ser mais difícil, especialmente nos casos dos discos degenerados, em que a transição do AF e NP tornam-se indistintas.

A maioria dos estudos na literatura preferiram utilizar a segmentação de NP e AF individualmente (Stelzeneder et al, 2012; Welsch et al, 2011; Zobel et al, 2012; Wang et al, 2013; Niu et al, 2011). Além disso, por razões práticas, a maioria dos estudos anteriores utilizou pequenos ROIs geométricos para a avaliação dos discos degenerados (Trattnig et al, 2010; Stelzeneder et al, 2012). Nos discos intervertebrais classificados como Pfirrmann I e II, segmentar essas estruturas separadamente geralmente permite distingui-las melhor. Ao passo que a degeneração progride para os graus III e IV de Pfirrmann, essa distinção torna-se mais difícil (Pfirrmann et al, 2001). Assim, uma vantagem relativa que foi considerada na escolha do método de segmentação deste estudo foi que realizar a segmentação de toda a área ou todo o volume do disco permite uma comparação mais segura entre discos com diferentes graus de degeneração. A segmentação manual mostrou uma alta reprodutibilidade interobservador, sendo suficiente para incentivar o uso deste método em futuras investigações.

Não encontramos correlação significativa entre os valores médios da relaxometria T2 e os questionários clínicos utilizados. Apesar do índice de incapacidade de Oswestry e a EVA fornecerem sistemas de pontuação quantitativos confiáveis em estudos anteriores (Fairbank et al, 1980; Mehra et al, 2008; Gould et al, 2001), consideramos uma tarefa árdua comparar os sintomas clínicos experimentados por vários indivíduos com doença degenerativa discal pois dor e capacidade física são subjetivos por natureza, com diferentes tolerâncias e expectativas entre os indivíduos. Salientamos que existem diversas fontes potenciais de dor lombar (discos intervertebrais, articulações interfacetárias, músculos, tendões, raízes nervosas) e a localização da etiologia da fonte de dor é muitas vezes difícil de ser realizada, mesmo por subespecialistas experientes.

O nosso estudo teve algumas limitações. A amostra do estudo foi constituída apenas de indivíduos com dor lombar crônica, não sendo avaliados indivíduos assintomáticos. Além disso, por se tratar de um estudo transversal, não é possível inferir relações de causa e efeito, sendo que estudos longitudinais futuros são necessários para este fim. Outra questão relevante é que a compensação pelos membros inferiores não foi avaliada. O sistema de imagem EOS (Biospace, Paris, França) foi recentemente

introduzido no campo médico e permite a aquisição simultânea de projeções biplanares de corpo inteiro com uma dose de radiação significativamente inferior ao de uma única incidência da coluna lombar, proporcionando uma imagem completa da deformidade da coluna vertebral do paciente e revelando quaisquer mecanismos compensatórios recrutados pelo paciente (Dubousset et al, 2005; Ilharreborde et al, 2011), porém até o momento este recurso é pouco disponível no Brasil.

Por fim, salientamos que os parâmetros espinopélvicos VP, VG, ATP, IP-LL e a FLL apresentaram correlação negativa com a degeneração discal, avaliada quantitativamente pela técnica de relaxometria T2, sendo que indivíduos com valores aumentados destes parâmetros apresentaram menores valores de relaxação T2 dos discos intervertebrais. O ASP, por ser um ângulo complementar à VG, apresentou correlação positiva e portanto indivíduos com valores reduzidos deste parâmetro apresentaram menores valores de relaxação T2 nos discos intervertebrais. Encorajamos a utilização dos parâmetros VG e ATP na prática clínica ao invés do EVS pois consideram a retroversão da pelve e anteversão do tronco, são menos propensos à variação postural e demonstraram correlação com a degeneração discal. A mensuração de múltiplos parâmetros espinopélvicos em um paciente com deformidade oferece uma visão da relação entre a deformidade e compensação. No entanto, a realização dessas análises pode ser complicada e exige tempo e experiência com múltiplos parâmetros. A utilização de apenas 1 parâmetro que combine a anteversão do tronco e a versão pélvica para avaliar a deformidade espinhal global é simples e eficiente para avaliar o alinhamento sagital como método de screening. Uma vez que a deformidade é identificada, a análise tradicional mais detalhada é necessária para entender a etiologia da patologia.

Visto que este estudo se voltou à fisiopatologia da associação mecânica com a composição do disco, acreditamos que estudos longitudinais com tempo longo de seguimento sejam necessários para avaliar o potencial uso futuro da relaxometria T2 na prática clínica. Novas terapias minimamente invasivas, tais como fatores de crescimento injetados ou materiais genéticos, possuem a possível aplicação clínica para tratar a degeneração discal patológica (Lotz et al, 2012) e a relaxometria T2 pode ser útil para avaliar a

eficácia dessas terapias. A reprodutibilidade das mensurações é suficiente para encorajar o uso deste método em futuras investigações. Estudos longitudinais também são encorajados a investigar a relação de causa-efeito entre a degeneração discal e os parâmetros espinopélvicos. Para o nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a correlacionar os parâmetros espinopélvicos com a degeneração discal avaliada pela relaxometria T2.

8. CONCLUSÕES

Os valores de relaxação T2 se correlacionaram significativamente com a VP, VG, ASP, ATP, IP-LL e FLL em pacientes com dor lombar crônica.

Não encontramos correlação significativa entre os valores de relaxação T2 e os questionários clínicos.

A divisão por subtipos de Roussouly não se correlacionou com a degeneração discal avaliado pelo tempo de relaxação T2.

A mensuração dos parâmetros espinopélvicos mostrou uma alta reprodutibilidade interobservador.

A segmentação manual dos discos intervertebrais lombares mostrou uma alta reprodutibilidade interobservador, sendo suficiente para incentivar o uso deste método em futuras investigações.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

ADAMS, M. A. et al. Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, n. 13, p. 1625-36, Jul 2000. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10870137> >.

ADAMS, M. A.; MCNALLY, D. S.; DOLAN, P. 'Stress' distributions inside intervertebral discs. The effects of age and degeneration. **J Bone Joint Surg Br**, v. 78, n. 6, p. 965-72, Nov 1996. ISSN 0301-620X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8951017> >.

AL-SAEED, O. et al. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in young arabs with low back pain. **Asian Spine J**, v. 6, n. 4, p. 249-56, Dec 2012. ISSN 1976-1902. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23275808> >.

ANDERSON, D. G.; TANNOURY, C. Molecular pathogenic factors in symptomatic disc degeneration. **Spine J**, v. 5, n. 6 Suppl, p. 260S-266S, 2005 Nov-Dec 2005. ISSN 1529-9430. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16291122> >.

ANTONIOU, J. et al. The human lumbar endplate. Evidence of changes in biosynthesis and denaturation of the extracellular matrix with growth, maturation, aging, and degeneration. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 21, n. 10, p. 1153-61, May 1996. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8727189> >.

ANTONIOU, J. et al. Quantitative magnetic resonance imaging in the assessment of degenerative disc disease. **Magn Reson Med**, v. 40, n. 6, p. 900-7, Dec 1998. ISSN 0740-3194. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9840835> >.

BANNO, T. et al. The cohort study for the determination of reference values for spinopelvic parameters (T1 pelvic angle and global tilt) in elderly volunteers. **Eur Spine J**, v. 25, n. 11, p. 3687-3693, Nov 2016. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26831540> >.

BARREY, C. et al. 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. 1459-67, Sep 2007. ISSN 0940-6719. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17211522> >.

BARREY, C. et al. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. **Eur Spine J**, v. 22 Suppl 6, p. S834-41, Nov 2013. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24052406> >.

BARREY, C. et al. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine. Can we identify the compensatory mechanisms? **Eur Spine J**, v. 20 Suppl 5,

p. 626-33, Sep 2011. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21796393> >.

BARRICK, W. T. et al. Anterior lumbar fusion improves discogenic pain at levels of prior posterolateral fusion. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, n. 7, p. 853-7, Apr 2000. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10751297> >.

BATTIÉ, M. C. et al. 1991 Volvo Award in clinical sciences. Smoking and lumbar intervertebral disc degeneration: an MRI study of identical twins. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 16, n. 9, p. 1015-21, Sep 1991. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1948392> >.

BERNHARDT, M.; BRIDWELL, K. H. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 14, n. 7, p. 717-21, Jul 1989. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2772721> >.

BLUMENKRANTZ, G. et al. In vivo 3.0-tesla magnetic resonance T1rho and T2 relaxation mapping in subjects with intervertebral disc degeneration and clinical symptoms. **Magn Reson Med**, v. 63, n. 5, p. 1193-200, May 2010. ISSN 1522-2594. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20432290> >.

BODEN, S. D. et al. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. **J Bone Joint Surg Am**, v. 72, n. 3, p. 403-8, Mar 1990. ISSN 0021-9355. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2312537> >.

BRINJIKJI, W. et al. MRI Findings of Disc Degeneration are More Prevalent in Adults with Low Back Pain than in Asymptomatic Controls: A Systematic Review and Meta-Analysis. **AJNR Am J Neuroradiol**, v. 36, n. 12, p. 2394-9, Dec 2015. ISSN 1936-959X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26359154> >.

BROWN, M. F. et al. Sensory and sympathetic innervation of the vertebral endplate in patients with degenerative disc disease. **J Bone Joint Surg Br**, v. 79, n. 1, p. 147-53, Jan 1997. ISSN 0301-620X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9020464> >.

CHALÉAT-VALAYER, E. et al. Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. **Eur Spine J**, v. 20 Suppl 5, p. 634-40, Sep 2011. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21870097> >.

CHAN, D. et al. Genetics of disc degeneration. **Eur Spine J**, v. 15 Suppl 3, p. S317-25, Aug 2006. ISSN 0940-6719. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16819621> >.

CHIU, E. J. et al. Magnetic resonance imaging measurement of relaxation and water diffusion in the human lumbar intervertebral disc under

compression in vitro. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 26, n. 19, p. E437-44, Oct 2001. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11698903> >.

DELISLE, A.; GAGNON, M.; SICARD, C. Effect of pelvic tilt on lumbar spine geometry. **IEEE Trans Rehabil Eng**, v. 5, n. 4, p. 360-6, Dec 1997. ISSN 1063-6528. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9422461> >.

DETIGER, S. E. et al. MRI T2* mapping correlates with biochemistry and histology in intervertebral disc degeneration in a large animal model. **Eur Spine J**, v. 24, n. 9, p. 1935-43, Sep 2015. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25091261> >.

DUBOUSSET, J. et al. [A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system]. **Bull Acad Natl Med**, v. 189, n. 2, p. 287-97; discussion 297-300, Feb 2005. ISSN 0001-4079. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16114859> >.

DUVAL-BEAUPÈRE, G.; SCHMIDT, C.; COSSON, P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. **Ann Biomed Eng**, v. 20, n. 4, p. 451-62, 1992. ISSN 0090-6964. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1510296> >.

EYRE, D. R.; MUIR, H. Quantitative analysis of types I and II collagens in human intervertebral discs at various ages. **Biochim Biophys Acta**, v. 492, n. 1, p. 29-42, May 1977. ISSN 0006-3002. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/577186> >.

FAIRBANK, J. C. et al. The Oswestry low back pain disability questionnaire. **Physiotherapy**, v. 66, n. 8, p. 271-3, Aug 1980. ISSN 0031-9406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6450426> >.

FENG, H. et al. Extracellular matrix in disc degeneration. **J Bone Joint Surg Am**, v. 88 Suppl 2, p. 25-9, Apr 2006. ISSN 0021-9355. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16595439> >.

FREEMONT, A. J. The cellular pathobiology of the degenerate intervertebral disc and discogenic back pain. **Rheumatology (Oxford)**, v. 48, n. 1, p. 5-10, Jan 2009. ISSN 1462-0332. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18854342> >.

GLASSMAN, S. D. et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 30, n. 6, p. 682-8, Mar 2005. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15770185> >.

GLASSMAN, S. D. et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 30, n. 18, p. 2024-9, Sep 2005. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16166889> >.

GOULD, D. et al. Examining the validity of pressure ulcer risk assessment scales: developing and using illustrated patient simulations to collect the data. **J Clin Nurs**, v. 10, n. 5, p. 697-706, Sep 2001. ISSN 0962-1067. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11822520> >.

GOWER, W. E.; PEDRINI, V. Age-related variations in proteinpolysaccharides from human nucleus pulposus, annulus fibrosus, and costal cartilage. **J Bone Joint Surg Am**, v. 51, n. 6, p. 1154-62, Sep 1969. ISSN 0021-9355. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5805416> >.

HANCOCK, M. et al. MRI findings are more common in selected patients with acute low back pain than controls? **Eur Spine J**, v. 21, n. 2, p. 240-6, Feb 2012. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21822662> >.

IATRIDIS, J. C. et al. Is the nucleus pulposus a solid or a fluid? Mechanical behaviors of the nucleus pulposus of the human intervertebral disc. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 21, n. 10, p. 1174-84, May 1996. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8727192> >.

ILHARREBORDE, B. et al. Angle measurement reproducibility using EOS three-dimensional reconstructions in adolescent idiopathic scoliosis treated by posterior instrumentation. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 20, p. E1306-13, Sep 2011. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21697768> >.

JACKSON, R. P. et al. Lumbopelvic lordosis and pelvic balance on repeated standing lateral radiographs of adult volunteers and untreated patients with constant low back pain. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, n. 5, p. 575-86, Mar 2000. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10749634> >.

JACKSON, R. P.; MCMANUS, A. C. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 19, n. 14, p. 1611-8, Jul 1994. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7939998> >.

JARVIK, J. G.; DEYO, R. A. Diagnostic evaluation of low back pain with emphasis on imaging. **Ann Intern Med**, v. 137, n. 7, p. 586-97, Oct 2002. ISSN 1539-3704. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12353946> >.

KARAKIDA, O. et al. Diurnal T2 value changes in the lumbar intervertebral discs. **Clin Radiol**, v. 58, n. 5, p. 389-92, May 2003. ISSN 0009-9260. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12727168> >.

KERTTULA, L. et al. Apparent diffusion coefficients and T2 relaxation time measurements to evaluate disc degeneration. A quantitative MR study of young patients with previous vertebral fracture. **Acta Radiol**, v. 42, n. 6, p. 585-91, Nov 2001. ISSN 0284-1851. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11736706> >.

KHOURY, N. J. et al. Imaging of back pain in children and adolescents. **Curr Probl Diagn Radiol**, v. 35, n. 6, p. 224-44, 2006 Nov-Dec 2006a. ISSN 0363-0188. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17084238> >.

KIM, S. J.; LEE, T. H.; LIM, S. M. Prevalence of disc degeneration in asymptomatic korean subjects. Part 1 : lumbar spine. **J Korean Neurosurg Soc**, v. 53, n. 1, p. 31-8, Jan 2013. ISSN 2005-3711. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23440899> >.

KOBAYASHI, T. et al. A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 29, n. 6, p. 671-6, Mar 2004. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15014278> >.

KRAEMER, J.; KOLDITZ, D.; GOWIN, R. Water and electrolyte content of human intervertebral discs under variable load. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 10, n. 1, p. 69-71, 1985 Jan-Feb 1985. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3983704> >.

LAFAGE, V. et al. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 34, n. 17, p. E599-606, Aug 2009. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19644319> >.

LAZENNEC, J. Y. et al. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. **Eur Spine J**, v. 9, n. 1, p. 47-55, Feb 2000. ISSN 0940-6719. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10766077> >.

LAZENNEC, J. Y. et al. Hip spine relationships: application to total hip arthroplasty. **Hip Int**, v. 17 Suppl 5, p. S91-104, 2007. ISSN 1724-6067. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19197889> >.

LEE, H. S. et al. Correlations Between Sagittal Spinal Balance and Quality of Life in Rheumatoid Arthritis. **Clin Spine Surg**, v. 30, n. 4, p. E412-E417, May 2017.

LEGAYE, J.; DUVAL-BEAUPÈRE, G. Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation. **Acta Orthop Belg**, v. 71, n.

2, p. 213-20, Apr 2005. ISSN 0001-6462. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16152857> >.

LEGAYE, J. et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. **Eur Spine J**, v. 7, n. 2, p. 99-103, 1998. ISSN 0940-6719. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9629932> >.

LEINO-ARJAS, P. et al. Serum lipids and low back pain: an association? A follow-up study of a working population sample. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 31, n. 9, p. 1032-7, Apr 2006. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16641781> >.

LOTZ, J. C. et al. New treatments and imaging strategies in degenerative disease of the intervertebral disks. **Radiology**, v. 264, n. 1, p. 6-19, Jul 2012. ISSN 1527-1315. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22723559> >.

LUDESCHER, B. et al. T2- and diffusion-maps reveal diurnal changes of intervertebral disc composition: an in vivo MRI study at 1.5 Tesla. **J Magn Reson Imaging**, v. 28, n. 1, p. 252-7, Jul 2008. ISSN 1053-1807. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18581387> >.

LUOMA, K. et al. Low back pain in relation to lumbar disc degeneration. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, n. 4, p. 487-92, Feb 2000. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10707396> >.

MAC-THIONG, J. M. 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)**, v. 35, n. 22, p. E1193-8, Oct 2010. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20959772> >.

MANCHIKANTI, L. et al. Evaluation of the relative contributions of various structures in chronic low back pain. **Pain Physician**, v. 4, n. 4, p. 308-16, Oct 2001. ISSN 1533-3159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16902676> >.

MARDARE, M. et al. Sagittal balance parameters correlate with spinal conformational type and MRI changes in lumbar degenerative disc disease: results of a retrospective study. **Eur J Orthop Surg Traumatol**, v. 26, n. 7, p. 735-43, Oct 2016. ISSN 1633-8065. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27562589> >.

MARINELLI, N. L.; HAUGHTON, V. M.; ANDERSON, P. A. T2 relaxation times correlated with stage of lumbar intervertebral disk degeneration and patient age. **AJNR Am J Neuroradiol**, v. 31, n. 7, p. 1278-82, Aug 2010. ISSN 1936-959X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20360340> >.

MARKS, M.; STANFORD, C.; NEWTON, P. Which lateral radiographic positioning technique provides the most reliable and functional representation of a patient's sagittal balance? **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 34, n. 9, p. 949-54, Apr 2009. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19532003> >.

MEHRA, A. et al. Oswestry Disability Index scoring made easy. **Ann R Coll Surg Engl**, v. 90, n. 6, p. 497-9, Sep 2008. ISSN 1478-7083. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18598595> >.

MENEZES-REIS, R. et al. Association Between Lumbar Spine Sagittal Alignment and L4-L5 Disc Degeneration Among Asymptomatic Young Adults. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 41, n. 18, p. E1081-7, Sep 2016. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26987107> >.

MENEZES-REIS, R. et al. Lumbar intervertebral discs T2 relaxometry and T1ρ relaxometry correlation with age in asymptomatic young adults. **Quant Imaging Med Surg**, v. 6, n. 4, p. 402-412, Aug 2016. ISSN 2223-4292. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27709076> >.

MENEZES-REIS, R. et al. T1ρ and T2 mapping of the intervertebral disk: comparison of different methods of segmentation. **AJNR Am J Neuroradiol**, v. 36, n. 3, p. 606-11, Mar 2015. ISSN 1936-959X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25324494> >.

MORVAN, G. et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance. **Eur Spine J**, v. 20 Suppl 5, p. 602-8, Sep 2011. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21830081> >.

MWALE, F.; IATRIDIS, J. C.; ANTONIOU, J. Quantitative MRI as a diagnostic tool of intervertebral disc matrix composition and integrity. **Eur Spine J**, v. 17 Suppl 4, p. 432-40, Dec 2008. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19005703> >.

NEWELL, N. et al. Biomechanics of the human intervertebral disc: A review of testing techniques and results. **J Mech Behav Biomed Mater**, v. 69, p. 420-434, May 2017. ISSN 1878-0180. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28262607> >.

NIU, G. et al. MR imaging assessment of lumbar intervertebral disk degeneration and age-related changes: apparent diffusion coefficient versus T2 quantitation. **AJNR Am J Neuroradiol**, v. 32, n. 9, p. 1617-23, Oct 2011. ISSN 1936-959X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21799044> >.

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**, v. 20 Suppl 5, p. 681-5, Sep 2011. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21870096> >.

OHTORI, S. et al. Tumor necrosis factor-immunoreactive cells and PGP 9.5-immunoreactive nerve fibers in vertebral endplates of patients with discogenic low back Pain and Modic Type 1 or Type 2 changes on MRI. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 31, n. 9, p. 1026-31, Apr 2006a. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16641780> >.

OLMARKER, K.; RYDEVIK, B. Selective inhibition of tumor necrosis factor-alpha prevents nucleus pulposus-induced thrombus formation, intraneural edema, and reduction of nerve conduction velocity: possible implications for future pharmacologic treatment strategies of sciatica. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 26, n. 8, p. 863-9, Apr 2001. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11317106> >.

PAAJANEN, H. et al. Disc degeneration in Scheuermann disease. **Skeletal Radiol**, v. 18, n. 7, p. 523-6, 1989. ISSN 0364-2348. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2588031> >.

PAAJANEN, H. et al. Diurnal fluid changes of lumbar discs measured indirectly by magnetic resonance imaging. **J Orthop Res**, v. 12, n. 4, p. 509-14, Jul 1994. ISSN 0736-0266. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8064481> >.

PELLET, N. et al. Sagittal balance parameters influence indications for lumbar disc arthroplasty or ALIF. **Eur Spine J**, v. 20 Suppl 5, p. 647-62, Sep 2011.

PERRY, J. et al. The value of T2 relaxation times to characterize lumbar intervertebral disks: preliminary results. **AJNR Am J Neuroradiol**, v. 27, n. 2, p. 337-42, Feb 2006. ISSN 0195-6108. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16484406> >.

PFIRRMANN, C. W. et al. Effect of aging and degeneration on disc volume and shape: A quantitative study in asymptomatic volunteers. **J Orthop Res**, v. 24, n. 5, p. 1086-94, May 2006. ISSN 0736-0266. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16609964> >.

PFIRRMANN, C. W. et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 26, n. 17, p. 1873-8, Sep 2001. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11568697> >.

POONI, J. S. et al. Comparison of the structure of human intervertebral discs in the cervical, thoracic and lumbar regions of the spine. **Surg Radiol Anat**, v. 8, n. 3, p. 175-82, 1986. ISSN 0930-1038. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3099408> >.

POTTER, B. K.; LENKE, L. G.; KUKLO, T. R. Prevention and management of iatrogenic flatback deformity. **J Bone Joint Surg Am**, v. 86-A, n. 8, p. 1793-808, Aug 2004. ISSN 0021-9355. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15292431> >.

PRATSINIS, H.; KLETSAS, D. Growth factors in intervertebral disc homeostasis. **Connect Tissue Res**, v. 49, n. 3, p. 273-6, 2008. ISSN 1607-8438. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18661359> >.

PROTOPSALTIS, T. et al. The T1 pelvic angle, a novel radiographic measure of global sagittal deformity, accounts for both spinal inclination and pelvic tilt and correlates with health-related quality of life. **J Bone Joint Surg Am**, v. 96, n. 19, p. 1631-40, Oct 2014. ISSN 1535-1386. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25274788> >.

RAJNICS, P. et al. The importance of spinopelvic parameters in patients with lumbar disc lesions. **Int Orthop**, v. 26, n. 2, p. 104-8, 2002. ISSN 0341-2695. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12078871> >.

ROBERTS, S. et al. Histology and pathology of the human intervertebral disc. **J Bone Joint Surg Am**, v. 88 Suppl 2, p. 10-4, Apr 2006. ISSN 0021-9355. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16595436> >.

ROBERTS, S.; MENAGE, J.; URBAN, J. P. Biochemical and structural properties of the cartilage end-plate and its relation to the intervertebral disc. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 14, n. 2, p. 166-74, Feb 1989. ISSN 0362-2436. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2922637> >.

ROUGHLEY, P. J. Biology of intervertebral disc aging and degeneration: involvement of the extracellular matrix. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 29, n. 23, p. 2691-9, Dec 2004. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15564918> >.

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, Feb 2005. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15682018> >.

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)**, v. 31, n. 11, p. E320-5, May 2006. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16688022> >.

ROUSSOULY, P.; NNADI, C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. **Eur Spine J**, v. 19, n. 11, p. 1824-36, Nov 2010. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20567858> >.

ROUSSOULY, P.; PINHEIRO-FRANCO, J. L. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. **Eur Spine J**, v. 20 Suppl 5, p. 609-18, Sep 2011. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21809016> >.

SALEEM, S. et al. Lumbar disc degenerative disease: disc degeneration symptoms and magnetic resonance image findings. **Asian Spine J**, v. 7, n. 4, p. 322-34, Dec 2013. ISSN 1976-1902. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24353850> >.

SAMARTZIS, D. et al. A population-based study of juvenile disc degeneration and its association with overweight and obesity, low back pain, and diminished functional status. **J Bone Joint Surg Am**, v. 93, n. 7, p. 662-70, Apr 2011. ISSN 1535-1386. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21471420> >.

SCHULLER, S.; CHARLES, Y. P.; STEIB, J. P. Sagittal spinopelvic alignment and body mass index in patients with degenerative spondylolisthesis. **Eur Spine J**, v. 20, n. 5, p. 713-9, May 2011. ISSN 1432-0932. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21116661> >.

SCHWAB, F. et al. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 31, n. 25, p. E959-67, Dec 2006. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17139212> >.

SCHWAB, F. et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 34, n. 17, p. 1828-33, Aug 2009. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19644334> >.

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. 2224-31, Dec 2010. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21102297> >.

SCHWAB, F. J. et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 38, n. 13, p. E803-12, Jun 2013. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23722572> >.

SIEMIONOW, K. et al. The effects of age, sex, ethnicity, and spinal level on the rate of intervertebral disc degeneration: a review of 1712 intervertebral discs. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 17, p. 1333-9, Aug 2011. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21217432> >.

SKRZYPIEC, D. et al. When are intervertebral discs stronger than their adjacent vertebrae? **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 32, n. 22, p. 2455-61, Oct 2007. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18090085> >.

SON, S. M. et al. Predictive Findings of the Presence of Stooping in Patients With Lumbar Degenerative Kyphosis by Upright Whole Spine Lateral Radiography. **Spine (Phila Pa 1976)**, Aug 2017.

SONG, Y. Q. et al. Association of the asporin D14 allele with lumbar-disc degeneration in Asians. **Am J Hum Genet**, v. 82, n. 3, p. 744-7, Mar 2008. ISSN 1537-6605. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18304494> >.

STELZENEDER, D. et al. Quantitative T2 evaluation at 3.0T compared to morphological grading of the lumbar intervertebral disc: a standardized evaluation approach in patients with low back pain. **Eur J Radiol**, v. 81, n. 2, p. 324-30, Feb 2012. ISSN 1872-7727. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21315527> >.

TAKATALO, J. et al. Does lumbar disc degeneration on magnetic resonance imaging associate with low back symptom severity in young Finnish adults? **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 25, p. 2180-9, Dec 2011a. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21358475> >.

TERRAN, J. et al. The SRS-Schwab adult spinal deformity classification: assessment and clinical correlations based on a prospective operative and nonoperative cohort. **Neurosurgery**, v. 73, n. 4, p. 559-68, Oct 2013. ISSN 1524-4040. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23756751> >.

TORRIE, P. A. et al. The Influence of Lumbar Spinal Subtype on Lumbar Intervertebral Disc Degeneration in Young and Middle-Aged Adults. **Spine Deform**, v. 3, n. 2, p. 172-179, Mar 2015. ISSN 2212-1358. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27927309> >.

TRATTNIG, S. et al. Lumbar intervertebral disc abnormalities: comparison of quantitative T2 mapping with conventional MR at 3.0 T. **Eur Radiol**, v. 20, n. 11, p. 2715-22, Nov 2010. ISSN 1432-1084. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20559835> >.

ULRICH, J. A. et al. ISSLS prize winner: repeated disc injury causes persistent inflammation. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 32, n. 25, p. 2812-9, Dec 2007. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18246002> >.

URBAN, J. P.; WINLOVE, C. P. Pathophysiology of the intervertebral disc and the challenges for MRI. **J Magn Reson Imaging**, v. 25, n. 2, p. 419-32, Feb 2007. ISSN 1053-1807. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17260404> >.

VAN ROYEN, B. J. et al. Accuracy of the sagittal vertical axis in a standing lateral radiograph as a measurement of balance in spinal deformities. **Eur Spine J**, v. 7, n. 5, p. 408-12, 1998. ISSN 0940-6719. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9840475> >.

VIDEMAN, T.; NURMINEN, M. The occurrence of anular tears and their relation to lifetime back pain history: a cadaveric study using barium sulfate discography. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 29, n. 23, p. 2668-76, Dec 2004. ISSN

1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15564915> >.

WANG, F. et al. Aging and age related stresses: a senescence mechanism of intervertebral disc degeneration. **Osteoarthritis Cartilage**, v. 24, n. 3, p. 398-408, Mar 2016. ISSN 1522-9653. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26455958> >.

WANG, Y. X. et al. Age related reduction of T1rho and T2 magnetic resonance relaxation times of lumbar intervertebral disc. **Quant Imaging Med Surg**, v. 4, n. 4, p. 259-64, Aug 2014. ISSN 2223-4292. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25202661> >.

WANG, Y. X. et al. T1rho and T2 relaxation times for lumbar disc degeneration: an in vivo comparative study at 3.0-Tesla MRI. **Eur Radiol**, v. 23, n. 1, p. 228-34, Jan 2013. ISSN 1432-1084. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22865227> >.

WEIDENBAUM, M. et al. Correlating magnetic resonance imaging with the biochemical content of the normal human intervertebral disc. **J Orthop Res**, v. 10, n. 4, p. 552-61, Jul 1992. ISSN 0736-0266. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1613629> >.

WELSCH, G. H. et al. Parametric T2 and T2* mapping techniques to visualize intervertebral disc degeneration in patients with low back pain: initial results on the clinical use of 3.0 Tesla MRI. **Skeletal Radiol**, v. 40, n. 5, p. 543-51, May 2011. ISSN 1432-2161. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20878155> >.

WU, N. et al. Comparison of apparent diffusion coefficient and T2 relaxation time variation patterns in assessment of age and disc level related intervertebral disc changes. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. e69052, 2013. ISSN 1932-6203. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23922680> >.

XIA, Y. Magic-angle effect in magnetic resonance imaging of articular cartilage: a review. **Invest Radiol**, v. 35, n. 10, p. 602-21, Oct 2000. ISSN 0020-9996. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11041155> >.

YOON, M. A. et al. T1rho and T2 mapping of lumbar intervertebral disc: Correlation with degeneration and morphologic changes in different disc regions. **Magn Reson Imaging**, v. 34, n. 7, p. 932-9, 09 2016. ISSN 1873-5894. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27130875> >.

ZHANG, X. et al. Comparison of T1p and T2* Relaxation Mapping in Patients with Different Grades of Disc Degeneration at 3T MR. **Med Sci Monit**, v. 21, p. 1934-41, Jul 2015. ISSN 1643-3750. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26141783> >.

ZHANG, Y. G. et al. Clinical diagnosis for discogenic low back pain. **Int J Biol Sci**, v. 5, n. 7, p. 647-58, Oct 2009. ISSN 1449-2288. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19847321> >.

ZHAO, C. Q. et al. The cell biology of intervertebral disc aging and degeneration. **Ageing Res Rev**, v. 6, n. 3, p. 247-61, Oct 2007. ISSN 1568-1637. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17870673> >.

ZHU, T. et al. Segmental quantitative MR imaging analysis of diurnal variation of water content in the lumbar intervertebral discs. **Korean J Radiol**, v. 16, n. 1, p. 139-45, 2015 Jan-Feb 2015. ISSN 2005-8330. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25598682> >.

ZOBEL, B. B. et al. T1p magnetic resonance imaging quantification of early lumbar intervertebral disc degeneration in healthy young adults. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 37, n. 14, p. 1224-30, Jun 2012. ISSN 1528-1159. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22281486> >.

ANEXO A – Aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa do HCRP, processo nº 11709/2014.

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ribeirão Preto, 14 de janeiro de 2015

Ofício nº 132/2015
CEP/MGV

Prezados Senhores,

O trabalho intitulado **“INFLUÊNCIA DOS SUBTIPOS POSTURAIIS SOBRE OS DISCOS INTERVERTEBRAIS EM INDIVÍDUOS COM DOR LOMBAR CRÔNICA: ESTUDO POR MEIO DE TÉCNICAS QUANTITATIVAS EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA” – Versão 3, de 06/01/2015**, foi analisado “AD REFERENDUM” pelo Comitê de Ética em Pesquisa, e enquadrado na categoria: **APROVADO**, bem como o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Versão 3, de 06/01/2015**, de acordo com o Processo HCRP nº 11709/2014.

De acordo com Carta Circular nº 003/2011/CONEP/CNS, datada de 21/03/2011, o sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, deverá rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE – apondo sua assinatura na última do referido Termo; o pesquisador responsável deverá da mesma forma, rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE – apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

Este Comitê segue integralmente a Conferência Internacional de Harmonização de Boas Práticas Clínicas (IGH-GCP), bem como a Resolução nº 196/96 CNS/MS.

Lembramos que devem ser apresentados a este CEP, o Relatório Parcial e o Relatório Final da pesquisa.

Atenciosamente.

DR^a. MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
Coordenadora do Comitê de Ética em
Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssimos Senhores

LEONOR GARBIN SAVARESE

PROF.DR.MARCELLO HENRIQUE NOGUEIRA BARBOSA(Orientador)

Depto. de Clínica Médica – Centro de Ciências das Imagens e Física Médica

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Campus Universitário – Monte Alegre
14048-900 Ribeirão Preto SP

Comitê de Ética em Pesquisa do HCRP e FMRP-USP
FWA-00002733; IRB-00002186 e Registro PB/CONEP nº 5440
(16) 3602-2228
cep@hcrp.usp.br

www.hcrp.usp.br

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE
APLICADAS AO APARELHO LOCOMOTOR

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisadora: Leonor Garbin Savarese – (16) 992188984

Orientador: Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira-Barbosa -

Pesquisadores colaboradores:

Rafael de Menezes Reis -

Gustavo Pezzarolli Bonugli -

Carlos Ernesto Garrido Salmon -

Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero -

Helton L. A. Defino -

Prezado(a), _____

O Sr(a) está sendo convidado(a) para participar do projeto intitulado: "Influência dos subtipos posturais sobre os discos intervertebrais em indivíduos com dor lombar crônica: estudo por meio de técnicas quantitativas em Ressonância Magnética". Antes de você fornecer seu consentimento, solicitamos que leia estas informações cuidadosamente. Este documento tem como finalidade informá-lo do que precisa saber com relação ao estudo. É importante que leia e compreenda os procedimentos propostos.

Este estudo tem por objetivo avaliar o processo de degeneração (desgaste) do disco intervertebral da coluna vertebral lombar por meio de

técnicas da Ressonância Magnética e Radiografia. Os exames de imagem serão realizados apenas uma única vez.

O Sr(a) será informado(a) sobre todo o procedimento dos exames a serem realizados, suas respectivas datas e resultados das avaliações. Também tem todo o direito de perguntar ao pesquisador o que quiser saber sobre a pesquisa.

Todos os dados coletados serão inseridos em um banco de dados e identificados pelas letras iniciais do seu nome e por um código, que poderá ser divulgado através de publicações científicas ou apresentações em congressos. Em outras palavras os seus dados pessoais (identidade, endereço, telefone) serão completamente mantidos em sigilo. Somente os pesquisadores responsáveis serão capazes de associar o código ao seu nome, mantendo a confidencialidade dos seus dados.

O Comitê de Ética em Pesquisa, ou autoridades regulatórias nacionais e/ou internacionais também poderão acessar seus registros médicos diretamente no centro de pesquisas para determinar a exatidão dos dados relatados. Estes representantes também tem que guardar sigilo profissional e manterão sua identidade confidencial.

Os exames serão realizados no próprio Hospital das Clínicas da FMRP-USP e não apresentam efeitos colaterais prejudiciais a sua saúde pois a exposição à radiação X (raios X) é mínima. Este exame é feito para visualizar a sua postura em pé, como estão os ângulos de curvatura da sua coluna. Durante a realização do exame de raio-x você deverá permanecer em pé com o lado esquerdo do corpo em contato com a estrutura onde se encontram as placas digitais. Durante o exame de Ressonância Magnética poderá haver possíveis desconfortos, pois será necessário que permaneça deitado e não realize movimentos bruscos durante todo o tempo de execução do exame (25 minutos). Vale ressaltar que não será utilizado nenhum método invasivo. Caso você venha a sentir desconforto e não puder concluir os exames não será forçado a realizá-lo.

É importante deixar claro que o Sr(a) não terá gastos com a realização dos exames, sendo necessária a sua presença no Hospital das Clínicas da FMRP-USP uma única vez. A sua participação é totalmente voluntária e o Sr(a) pode optar por desistir de fazer parte do estudo a qualquer momento,

sem nenhuma penalidade. Caso após a realização do exame seja identificado alguma alteração, você será orientado a buscar atendimento de um especialista sob supervisão dos pesquisadores responsáveis.

O Sr(a) receberá uma cópia deste documento de consentimento livre e esclarecido e poderá solicitar mais informações ou auxílio em caso de intercorrências clínicas, a qualquer momento durante o estudo, entrando em contato com a Dra. Leonor Savarese (16 992188984). Caso você tenha alguma dúvida, recurso ou reclamação referente a essa pesquisa pode entrar em contato com o Comitê de Ética (CEP) em Pesquisa do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto pelo telefone 36022228.

Eu _____ portador do RG _____ declaro que, após convenientemente esclarecido(a) pelo pesquisador e ter recebido todas as informações referente a pesquisa e não ter duvidas em relação a mesma, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

Ribeirão Preto, ____ de _____ de 201__.

Assinatura do Voluntário

Dra. Leonor Savarese
Pesquisadora Responsável
(16) 992188984

ANEXO C – Índice de incapacidade de Oswestry

ÍNDICE DE INCAPACIDADE DE OSWESTRY PARA AVALIAÇÃO DA DOR LOMBAR

Por favor, responda esse questionário. Ele foi desenvolvido para dar-nos informações sobre como seu problema nas costas ou pernas tem afetado a sua capacidade de realizar as atividades da vida diária. Por favor, responda a todas as seções.

ASSINALE EM CADA UMA DELAS APENAS A RESPOSTA QUE MAIS CLARAMENTE DESCREVE A SUA CONDIÇÃO NO DIA DE HOJE.

Seção 1 – Intensidade da Dor

- ☐ Não sinto dor no momento.
- ☐ A dor é muito leve no momento.
- ☐ A dor é moderada no momento.
- ☐ A dor é razoavelmente intensa no momento.
- ☐ A dor é muito intensa no momento.
- ☐ A dor é a pior que se pode imaginar no momento.

Seção 2 – Cuidados Pessoais (lavar-se, vestir-se, etc.)

- ☐ Posso cuidar de mim mesmo normalmente sem que isso aumente a dor.
- ☐ Posso cuidar de mim mesmo normalmente, mas sinto muita dor.
- ☐ Sinto dor ao cuidar de mim mesmo e faço isso lentamente e com cuidado.
- ☐ Necessito de alguma ajuda, porém consigo fazer a maior parte dos meus cuidados pessoais.
- ☐ Necessito de ajuda diária na maioria dos aspectos de meus cuidados pessoais.
- ☐ Não consigo me vestir, lavo-me com dificuldade e permaneço na cama.

Seção 3 – Levantar Objetos

- ☐ Consigo levantar objetos pesados sem aumentar a dor.
- ☐ Consigo levantar objetos pesados, mas isso aumenta a dor.
- ☐ A dor me impede de levantar objetos pesados do chão, mas consigo levá-los se estiverem convenientemente posicionados, por exemplo, sobre uma mesa.
- ☐ A dor me impede de levantar objetos pesados, mas consigo levantar objetos leves a moderados, se estiverem convenientemente posicionados.
- ☐ Consigo levantar apenas objetos muito leves.
- ☐ Não consigo levantar ou carregar absolutamente nada.

Seção 4 – Caminhar

- ☐ A dor não me impede de caminhar qualquer distância.
- ☐ A dor me impede de caminhar mais de 1.600 metros (aproximadamente 16 quarteirões de 100 metros).
- ☐ A dor me impede de caminhar mais de 800 metros (aproximadamente 8 quarteirões de 100 metros).
- ☐ A dor me impede de caminhar mais de 400 metros (aproximadamente 4 quarteirões de 100 metros).
- ☐ Só consigo andar usando uma bengala ou muletas.
- ☐ Fico na cama a maior parte do tempo e preciso me arrastar para ir ao banheiro.

Seção 5 – Sentar

- ☐ Consigo sentar em qualquer tipo de cadeira durante o tempo que quiser.
- ☐ Consigo sentar em uma cadeira confortável durante o tempo que quiser.
- ☐ A dor me impede de ficar sentado por mais de 1 hora.

- ☐ A dor me impede de ficar sentado por mais de meia hora.
- ☐ A dor me impede de ficar sentado por mais de 10 minutos.
- ☐ A dor me impede de sentar.

Seção 6 – Ficar em Pé

- ☐ Consigo ficar em pé o tempo que quiser sem aumentar a dor.
- ☐ Consigo ficar em pé durante o tempo que quiser, mas isso aumenta a dor.
- ☐ A dor me impede de ficar em pé por mais de 1 hora.
- ☐ A dor me impede de ficar em pé por mais de meia hora.
- ☐ A dor me impede de ficar em pé por mais de 10 minutos.
- ☐ A dor me impede de ficar em pé.

Seção 7 – Dormir

- ☐ Meu sono nunca é perturbado pela dor.
- ☐ Meu sono é ocasionalmente perturbado pela dor.
- ☐ Durmo menos de 6 horas por causa da dor.
- ☐ Durmo menos de 4 horas por causa da dor.
- ☐ Durmo menos de 2 horas por causa da dor.
- ☐ A dor me impede totalmente de dormir.

Seção 8 – Vida Social

- ☐ Minha vida social é normal e não aumenta a dor.
- ☐ Minha vida social é normal, mas aumenta a dor.
- ☐ A dor não tem nenhum efeito significativo na minha vida social, porém limita alguns interesses que demandam mais energia, como por exemplo, esporte, etc.
- ☐ A dor tem restringido minha vida social e não saio de casa com tanta frequência.
- ☐ A dor tem restringido minha vida social ao meu lar.
- ☐ Não tenho vida social por causa da dor.

Seção 9 – Viajar

- ☐ Posso ir a qualquer lugar sem sentir dor.
- ☐ Posso ir a qualquer lugar, mas isso aumenta a dor.
- ☐ A dor é intensa, mas consigo me locomover durante 2 horas.
- ☐ A dor restringe-me a locomoções de menos de 1 hora.
- ☐ A dor restringe-me a pequenas locomoções necessárias de menos de 30 minutos.
- ☐ A dor impede de locomover-me, exceto para receber tratamento.

Seção 10 – Emprego/afazeres da casa

- ☐ Minhas atividades normais de casa/trabalho não causam dor.
- ☐ Minhas atividades normais de casa/trabalho aumentam minha dor, mas eu posso executar tudo o que é requerido para mim.
- ☐ Eu posso executar a maioria das minhas atividades de casa/trabalho, mas a dor impede que eu execute atividades mais fisicamente estressantes.
- ☐ A dor impede que eu faça atividades pesadas, mas as leve eu suporto.
- ☐ A dor impede que eu faça atividades, inclusive leves.
- ☐ A dor impede que eu execute qualquer trabalho ou tarefa de casa, por mais leve que seja me restringindo ao repouso.

ANEXO D – Escala visual analógica de dor

ESCALA VISUAL ANALÓGICA – EVA

A Escala Visual Analógica – EVA consiste em auxiliar na aferição da intensidade da dor no paciente, é um instrumento importante para verificarmos a evolução do paciente durante o tratamento e mesmo a cada atendimento, de maneira mais fidedigna. Também é útil para podermos analisar se o tratamento está sendo efetivo, quais procedimentos têm surtido melhores resultados, assim como se há alguma deficiência no tratamento, de acordo com o grau de melhora ou piora da dor.

A EVA pode ser utilizada no início e no final de cada atendimento, registrando o resultado sempre na evolução. Para utilizar a EVA o atendente deve questionar o paciente quanto ao seu grau de dor sendo que **0** significa **ausência total de dor** e **10** o nível de **dor máxima** suportável pelo paciente.

Dicas sobre como interrogar o paciente:

- Você tem dor?
- Como você classifica sua dor? (deixe ele falar livremente, faça observações na pasta sobre o que ele falar)

Questione-o:

- a) Se não tiver dor, a classificação é **zero**.
- b) Se a dor for moderada, seu nível de referência é **cinco**.
- c) Se for intensa, seu nível de referência é **dez**.

OBS.: Procure estabelecer variações de melhora e piora na escala acima tomando cuidado para não sugestionar o paciente.

ANEXO E - Tabela com dados clínicos

ID	IDADE	SEXO	OSWESTRY	EVA
1	47	M	27	5
2	47	M	22	10
3	51	M	24	5
4	44	M	8	5
5	76	F	23	10
6	58	M	19	6
7	35	M	14	3
8	55	F	22	9
9	58	M	28	6
10	68	M	14	6
11	46	M	19	9
12	61	F	26	10
13	63	F	26	7
14	23	F	30	9
15	54	F	27	8
16	46	F	38	9
17	54	F	24	7
18	19	M	9	9
19	59	F	21	8
20	54	F	17	6
21	48	F	28	7
22	61	F	21	7
23	65	F	7	5
24	64	F	36	10
25	52	F	38	10
26	59	M	38	8
27	54	F	19	9
28	58	M	25	8
29	69	F	27	9
30	70	F	8	5
31	47	F	38	10
32	44	F	27	10
33	65	M	9	7
34	60	M	33	9
35	65	M	13	3
36	65	M	37	8
37	55	M	34	10
38	60	M	21	6
39	45	M	29	10
40	47	M	38	9
41	34	F	25	6
42	54	F	26	10
43	39	M	36	6
44	44	M	8	5
45	38	M	5	8
46	73	M	29	8
47	69	M	24	8
48	58	M	14	7
49	61	M	17	10

Continua

ID	IDADE	SEXO	OSWESTRY	EVA
50	48	M	39	9
51	48	F	22	8
52	68	F	30	10
53	60	F	32	9
54	58	F	22	8
55	47	F	34	10
56	59	F	32	8
57	70	F	27	9
58	60	F	27	7
59	55	F	25	7
60	36	F	30	8
61	66	F	22	8
62	52	F	35	7
63	59	F	21	8
64	34	F	8	5
65	56	F	33	9
66	61	F	26	8
67	58	F	15	5
68	25	F	9	6
69	54	F	24	8
70	45	F	7	5
71	37	F	22	6
72	58	F	30	7
73	36	F	19	6
74	70	M	40	10
75	56	M	9	7
76	38	F	14	8
77	52	F	36	10
78	61	M	39	9
79	64	M	33	5
80	68	F	25	9
81	56	F	5	2
82	50	F	25	8
83	65	F	24	6
84	35	F	31	5
85	59	M	29	6
86	44	F	20	5
87	50	F	36	8
88	63	F	12	5
89	52	M	10	6
90	64	F	25	7
91	32	M	19	9

Conclusão

ANEXO F – Tabela dos valores da avaliação dos parâmetros espinopélvicos

ID	Roussouly	VP(°)	IP(°)	IS(°)	LL(°)	IP-LL(°)	CT(°)	EVS (mm)	ATP(°)	ASS(°)	ASP(°)	VG(°)
1	2	26	64	39	45	19	10	13.5	22	127	53	25
2	3	3	44	42	90	-46	83	-33.4	-4	137	43	-5
3	2	25	50	25	44	6	37	-34.8	15	118	62	20
4	1	13	43	31	51	-8	42	0.5	8	120	60	14
5	2	18	50	33	39	11	34	103.3	24	107	73	30
6	2	9	52	43	54	-2	19	11.6	7	131	49	12
7	1	9	31	23	44	-13	46	-18.2	3	113	67	9
8	3	16	49	34	46	3	30	29.5	14	120	60	12
9	1	16	37	21	54	-17	56	2.3	10	110	70	17
10	3	20	63	43	64	-1	36	0.4	14	132	48	18
11	4	11	62	51	69	-7	42	29.4	9	137	43	17
12	4	24	76	53	75	1	46	2.2	17	143	37	28
13	1	20	39	20	38	1	60	49.6	18	102	78	25
14	4	4	45	41	63	-18	36	-17.5	-1	132	48	0
15	3	18	53	35	57	-4	49	-6.1	12	120	60	17
16	3	16	57	42	58	-1	22	-10.7	10	133	47	13
17	3	26	61	35	63	-2	49	1.9	18	124	56	29
18	3	21	58	38	58	0	49	44.1	19	120	60	25
19	2	17	44	28	47	-3	40	14.8	12	115	65	20
20	4	23	78	56	82	-4	37	-43.0	13	149	31	20
21	1	-8	20	29	57	-37	41	-59.1	-14	126	54	-17
22	3	22	63	42	58	5	44	39.5	15	126	54	27
23	4	28	74	47	62	12	30	-5.1	20	139	41	24
24	2	3	32	30	37	-5	38	56.0	5	113	67	6
25	2	30	60	31	50	10	39	-23.9	19	123	57	24
26	3	19	57	39	54	3	30	-1.9	12	124	56	22
27	2	3	31	29	38	-7	29	8.0	1	117	63	4
28	2	22	27	5	6	21	17	57.4	20	89	91	27

Continua

ID	Roussouly	VP(°)	IP(°)	IS(°)	LL(°)	IP-LL(°)	CT(°)	EVS (mm)	ATP(°)	ASS(°)	ASP(°)	VG(°)
29	4	19	81	62	93	-12	54	-17.6	11	155	25	16
30	4	36	78	42	73	5	48	-46.4	21	121	59	29
31	3	10	50	40	53	-3	36	45.2	11	124	56	13
32	3	26	59	34	56	3	36	-27.6	16	127	53	21
33	3	19	62	44	54	8	43	34.9	17	128	52	21
34	3	12	48	36	54	-6	43	28.3	11	121	59	13
35	2	10	39	29	47	-8	39	-15.4	4	122	58	8
36	1	15	48	34	49	-1	33	9.7	11	121	59	15
37	3	17	56	39	53	3	47	23.0	14	126	54	20
38	2	7	38	32	43	-5	41	65.6	9	113	67	15
39	2	9	42	34	49	-7	24	-10.7	4	125	55	7
40	3	11	47	37	52	-5	35	3.4	7	126	54	10
41	3	9	43	35	57	-14	38	-22.8	2	126	54	7
42	2	4	28	25	34	-6	17	22.4	3	111	69	8
43	1	18	40	23	30	10	45	61.1	18	105	75	24
44	3	2	43	41	63	-20	36	-12.0	-2	132	48	0
45	3	15	47	33	60	-13	56	2.1	10	122	58	13
46	3	24	67	44	58	9	40	10.5	18	132	48	23
47	2	7	39	32	37	2	14	46.7	9	116	64	11
48	2	21	53	32	47	6	38	4.7	15	121	59	20
49	2	9	41	32	46	-5	31	-8.3	4	122	58	7
50	3	11	47	37	53	-6	47	21.7	8	124	56	12
51	3	16	55	40	57	-2	17	-54.1	6	135	45	9
52	3	16	50	35	61	-11	59	46.2	15	117	63	20
53	4	17	71	55	72	-1	48	13.3	13	142	38	17
54	3	14	52	39	52	0	36	27.7	12	125	55	19
55	3	8	43	36	53	-10	31	14.2	6	123	57	8
56	2	28	52	25	42	10	33	-13.2	18	117	63	24
57	3	2	45	44	56	-11	28	5.7	0	123	57	1

Continuação

ID	Roussouly	VP(°)	IP(°)	IS(°)	LL(°)	IP-LL(°)	CT(°)	EVS (mm)	ATP(°)	ASS(°)	ASP(°)	VG(°)
58	3	17	55	39	64	-9	52	9.3	13	128	52	17
59	2	16	43	28	45	-2	38	15.7	12	116	64	16
60	1	4	32	29	52	-20	52	-78.6	-8	129	51	-8
61	3	17	57	41	70	-13	54	-10.7	10	134	46	14
62	1	1	35	34	55	-20	30	-32.5	-5	128	52	-4
63	4	16	65	49	64	1	52	71.6	18	129	51	24
64	4	8	53	46	70	-17	38	-44.5	0	142	38	0
65	2	20	47	28	29	18	18	48.0	19	111	69	24
66	3	0	36	36	52	-16	41	-6.2	-3	126	54	0
67	3	13	51	39	71	-20	59	-11.7	7	130	50	11
68	1	7	31	25	41	-10	30	5.1	4	114	66	5
69	3	11	48	38	48	0	41	52.2	11	121	59	15
70	2	15	46	32	49	-3	28	2.4	11	120	60	13
71	3	7	49	43	67	-18	41	-18.5	2	133	47	3
72	3	18	61	44	65	-4	42	-0.4	12	133	47	16
73	3	6	47	41	64	-17	44	2.0	3	130	50	5
74	2	14	35	21	15	20	8	44.7	14	106	74	16
75	3	26	64	39	45	19	23	31.2	22	124	56	28
76	3	20	62	43	60	2	25	-18.7	12	134	46	17
77	3	8	52	44	59	-7	33	26.7	7	132	48	10
78	2	27	64	38	42	22	15	12.8	23	117	63	35
79	3	26	71	45	59	12	29	17.9	20	129	51	30
80	1	10	42	32	57	-15	63	-9.2	4	123	57	9
81	3	9	44	36	52	-8	28	-36.0	2	123	57	5
82	2	30	54	25	34	20	24	7.6	23	113	67	30
83	3	16	53	37	54	-1	40	0.3	10	126	54	16
84	4	4	59	55	77	-18	48	36.4	5	139	41	8
85	3	14	57	43	62	-5	38	1.7	9	132	48	13
86	1	19	48	30	50	-2	50	18.7	15	116	64	20

Continuação

ID	Roussouly	VP(°)	IP(°)	IS(°)	LL(°)	IP-LL(°)	CT(°)	EVS (mm)	ATP(°)	ASS(°)	ASP(°)	VG(°)
87	3	15	57	43	54	3	39	53.4	16	125	55	21
88	1	29	53	25	49	4	48	8.5	23	114	66	28
89	3	5	48	44	56	-8	31	42.0	6	130	50	9
90	3	13	50	38	62	-12	57	10.3	9	126	54	12
91	3	13	48	36	50	-2	26	5.0	9	124	56	10

Conclusão

ANEXO G – Tabela dos valores de relaxometria T2

ID	L5-S1 (ms)	L4-L5 (ms)	L3-L4 (ms)	L2-L3 (ms)	L1-L2 (ms)
1	101.29	75.47	89.77	96.06	95.79
2	97.47	97.75	103.31	100.32	96.15
3	102.16	85.11	85.25	80.13	102.51
4	77.28	88.34	101.33	95.15	96.34
5	82.30	83.89	95.79	94.79	93.11
6	81.70	95.97	78.25	89.05	95.42
7	87.34	109.94	100.60	105.94	100.14
8	129.84	87.11	94.97	107.49	103.47
9	93.02	94.25	96.90	87.95	82.64
10	80.13	91.74	84.60	82.71	78.74
11	90.17	100.89	103.15	101.74	98.04
12	92.76	105.17	87.26	91.07	86.43
13	88.65	80.84	82.58	80.84	78.43
14	90.58	110.19	112.47	107.97	99.40
15	87.57	85.84	87.87	86.06	96.43
16	108.57	97.37	95.15	97.66	90.99
17	97.56	105.90	104.40	99.70	96.53
18	81.63	86.28	84.67	104.66	105.09
19	103.37	111.31	106.21	96.81	99.01
20	101.90	92.85	95.97	93.63	92.25
21	109.30	97.56	87.80	85.91	79.68
22	85.40	87.41	85.40	89.05	93.46
23	79.94	84.82	90.83	80.78	81.17
24	103.62	110.79	100.11	92.25	89.05
25	84.18	73.10	73.21	82.17	81.23
26	84.53	84.39	87.49	72.41	76.63
27	97.94	132.21	117.72	94.25	93.72
28	92.17	83.19	82.58	94.16	91.07
29	84.46	78.06	78.19	76.45	77.40
30	74.52	86.06	71.84	73.53	74.35
31	82.64	99.11	84.18	88.50	76.28
32	75.87	72.10	83.40	83.47	83.68
33	88.18	94.16	98.04	111.69	84.39
34	106.20	95.88	113.97	127.70	119.88
35	86.28	84.53	88.42	95.88	95.42
36	74.79	80.13	91.91	88.34	68.97
37	73.15	81.10	76.80	95.15	80.71
38	122.71	93.98	98.72	92.42	85.91
39	93.55	75.47	90.66	89.05	80.45
40	75.87	80.65	82.85	87.80	89.77
41	93.20	95.88	116.78	118.13	114.31
42	93.55	94.25	91.24	82.24	83.61
43	92.51	90.33	99.70	96.53	82.58
44	103.90	101.05	91.83	90.17	82.58
45	89.05	114.48	112.75	101.97	120.79
46	97.09	85.32	95.60	95.60	131.35
47	91.07	93.63	90.83	100.76	88.50
48	79.43	76.98	79.37	78.25	74.57
49	93.20	95.97	89.61	85.98	84.60

Continua

ID	L5-S1 (ms)	L4-L5 (ms)	L3-L4 (ms)	L2-L3 (ms)	L1-L2 (ms)
50	93.81	85.76	96.25	99.01	93.98
51	81.63	74.74	76.05	82.30	94.16
52	81.77	88.11	92.51	88.11	86.21
53	95.69	98.91	94.52	93.11	92.08
54	82.24	95.15	87.72	93.72	93.81
55	87.57	86.66	81.70	104.49	100.00
56	96.15	79.11	83.26	85.84	75.59
57	89.93	89.77	92.42	87.49	83.13
58	84.03	89.61	88.50	84.60	79.87
59	69.88	69.88	96.71	95.51	94.16
60	88.26	109.15	100.36	100.78	107.94
61	81.83	90.09	96.34	94.16	87.49
62	96.25	97.18	89.13	100.49	97.47
63	82.17	82.10	86.73	86.81	90.42
64	105.02	112.98	119.25	107.41	121.55
65	125.30	83.47	113.70	91.83	100.31
66	88.11	96.25	89.53	93.72	96.43
67	88.50	89.13	89.29	87.72	81.90
68	96.90	96.99	98.33	105.01	102.93
69	84.96	88.57	84.18	84.10	80.13
70	85.98	89.37	90.66	97.37	92.85
71	95.42	110.00	113.03	117.33	111.67
72	78.62	81.23	80.78	85.47	102.30
73	84.75	102.50	101.66	105.74	103.69
74	93.37	96.25	107.54	84.96	75.24
75	95.88	83.68	81.43	84.75	78.99
76	81.83	100.59	88.42	94.52	100.00
77	91.24	87.49	89.29	88.26	87.72
78	78.13	88.65	80.91	80.71	85.76
79	83.61	85.76	88.65	86.73	92.17
80	88.97	101.98	92.59	93.98	89.29
81	90.09	92.51	82.58	81.17	77.22
82	71.68	78.55	76.28	76.51	75.59
83	85.69	95.60	86.21	83.06	85.84
84	113.26	122.12	116.40	116.90	103.99
85	82.17	78.74	77.94	75.82	78.74
86	80.52	94.25	79.81	111.04	110.90
87	94.43	93.81	93.81	98.23	98.81
88	74.91	82.17	74.85	76.69	78.25
89	81.63	84.67	89.21	92.85	94.79
90	85.11	82.37	81.97	77.76	78.13
91	109.33	111.67	112.07	94.70	103.69

Conclusão

ANEXO H – Tabela dos valores para cálculo da concordância interobservador dos valores de relaxometria T2.

LEITOR 1						LEITOR 2				
ID	L5-S1	L4-L5	L3-L4	L2-L3	L1-L2	L5-S1	L4-L5	L3-L4	L2-L3	L1-L2
1	101.29	75.47	89.77	96.06	95.79	107.30	77.76	101.41	99.11	104.35
2	97.47	97.75	103.31	100.32	96.15	98.62	99.50	106.20	103.07	96.25
3	102.16	85.11	85.25	80.13	102.51	102.29	84.25	89.37	84.53	105.93
4	77.28	88.34	101.33	95.15	96.34	77.04	91.16	106.29	100.75	103.47
5	82.30	83.89	95.79	94.79	93.11	80.32	83.96	94.88	95.69	91.58
6	81.70	95.97	78.25	89.05	95.42	83.75	100.95	84.53	89.85	97.18
7	87.34	109.94	100.60	105.94	100.14	85.40	114.03	103.77	108.92	103.39
8	129.84	87.11	94.97	107.49	103.47	117.48	94.79	98.33	107.15	103.82
9	93.02	94.25	96.90	87.95	82.64	93.11	94.52	98.62	87.34	82.24
10	80.13	91.74	84.60	82.71	78.74	80.97	93.11	86.51	79.62	77.28
11	90.17	100.89	103.15	101.74	98.04	89.45	100.09	102.41	100.34	96.06
12	92.76	105.17	87.26	91.07	86.43	92.85	105.23	87.87	92.00	88.34
13	88.65	80.84	82.58	80.84	78.43	83.06	78.62	81.63	79.49	79.49
14	90.58	110.19	112.47	107.97	99.40	90.83	114.38	113.71	109.47	101.28
15	87.57	85.84	87.87	86.06	96.43	87.18	82.58	84.32	84.32	97.09
16	108.57	97.37	95.15	97.66	90.99	106.55	100.18	102.06	99.80	93.37
17	97.56	105.90	104.40	99.70	96.53	96.34	100.31	101.12	95.51	93.20
18	81.63	86.28	84.67	104.66	105.09	79.05	84.25	85.11	102.17	104.91
19	103.37	111.31	106.21	96.81	99.01	100.94	109.45	103.61	92.25	87.18
20	101.90	92.85	95.97	93.63	92.25	100.62	90.74	92.42	90.42	88.03
21	109.30	97.56	87.80	85.91	79.68	113.64	95.51	85.69	85.62	78.62
22	113.50	110.32	107.43	100.10	103.65	93.55	90.99	87.95	84.82	82.58
23	85.40	87.41	85.40	89.05	93.46	84.67	88.97	85.32	88.18	92.51
24	79.94	84.82	90.83	80.78	81.17	78.31	83.47	90.50	77.94	79.94
25	103.62	110.79	100.11	92.25	89.05	102.30	113.30	97.47	90.33	85.32
26	84.18	73.10	73.21	82.17	81.23	84.67	71.02	73.15	82.99	81.10
27	97.94	132.21	117.72	94.25	93.72	98.72	132.45	112.99	92.76	91.24
28	92.17	83.19	82.58	94.16	91.07	85.25	82.51	78.55	96.25	94.88
29	84.46	78.06	78.19	76.45	77.40	84.67	77.76	77.22	75.47	74.96
30	82.64	99.11	84.18	88.50	76.28	82.03	97.28	83.68	87.72	77.40
31	106.20	95.88	113.97	127.70	119.88	108.24	97.37	117.54	132.77	122.97
32	86.28	84.53	88.42	95.88	95.42	86.28	82.17	87.57	96.81	94.97
33	73.15	81.10	76.80	95.15	80.71	74.35	83.68	79.11	96.43	79.49
34	75.87	80.65	82.85	87.80	89.77	76.34	80.65	85.18	94.52	94.70
35	93.55	94.25	91.24	82.24	83.61	93.20	91.41	85.84	79.49	80.84
36	92.51	90.33	99.70	96.53	82.58	89.69	90.01	103.22	101.36	85.03
37	103.90	101.05	91.83	90.17	82.58	102.91	98.91	90.50	90.66	82.24
38	89.05	114.48	112.75	101.97	120.79	89.93	122.14	119.36	106.46	129.05
39	97.09	85.32	95.60	95.60	131.35	94.70	86.58	96.71	92.59	133.35
40	79.43	76.98	79.37	78.25	74.57	80.26	77.64	82.51	82.58	76.16
41	93.20	95.97	89.61	85.98	84.60	99.40	97.66	99.50	93.28	86.21
42	93.81	85.76	96.25	99.01	93.98	92.85	96.71	99.50	95.24	94.43
43	81.63	74.74	76.05	82.30	94.16	83.75	78.19	78.43	84.46	92.94
44	81.77	88.11	92.51	88.11	86.21	85.69	93.55	95.79	92.42	88.97
45	95.69	98.91	94.52	93.11	92.08	94.70	102.47	96.43	93.46	92.00

ANEXO I – Tabela dos valores para cálculo da concordância interobservador dos parâmetros espinopélvicos.

ID	LEITOR 1											LEITOR 2										
	GT	ASP	VP	IP	IS	LL	IP-LL	CT	EVS	ATP	ASS	GT	ASP	VP	IP	IS	LL	IP-LL	CT	EVS	ATP	ASS
1	25	155	26	64	39	45	19	10	13.5	22	127	29	151	29	64	36	43	21	21	14.42	24	126
2	-5	185	3	44	42	90	-46	83	-33.4	-4	137	0	180	4	44	41	91	-47	84	-33.65	-3	135
3	20	160	25	50	25	44	6	37	-34.8	15	118	18	162	28	49	21	40	9	43	-35.37	17	115
4	14	166	13	43	31	51	-8	42	0.5	8	120	11	169	13	44	32	57	-13	49	13.56	9	119
5	30	150	18	50	33	39	11	34	103.3	24	107	29	151	18	53	36	44	9	37	98.04	23	111
6	12	168	9	52	43	54	-2	19	11.6	7	131	13	167	12	56	45	55	1	30	11.93	9	133
7	9	171	9	31	23	44	-13	46	-18.2	3	113	6	174	11	30	20	41	-11	49	-4.88	6	111
8	12	168	16	49	34	46	3	30	29.5	14	120	12	168	11	43	33	43	0	27	29.93	10	122
19	17	163	16	37	21	54	-17	56	2.3	10	110	20	160	17	40	23	55	-15	66	1.66	11	113
10	18	162	20	63	43	64	-1	36	0.4	14	132	17	163	19	57	38	59	-2	41	4.77	12	126
11	17	163	11	62	51	69	-7	42	29.4	9	137	16	164	13	61	48	64	-3	49	48.07	13	132
12	28	152	24	76	53	75	1	46	2.2	17	143	25	155	27	71	45	65	6	49	43.16	21	133
13	25	155	20	39	20	38	1	60	49.6	18	102	26	154	18	43	26	41	2	66	107.00	18	107
14	0	180	4	45	41	63	-18	36	-17.5	-1	132	0	180	5	44	39	58	-14	37	-16.00	1	130
15	17	163	18	53	35	57	-4	49	-6.1	12	120	12	168	16	51	35	57	-6	54	-7.72	10	126
16	29	151	26	61	35	63	-2	49	1.9	18	124	22	158	14	58	34	65	-7	59	7.77	7	122
17	25	155	21	58	38	58	0	49	44.1	19	120	23	157	19	49	31	52	-3	46	55.40	19	113
18	20	160	17	44	28	47	-3	40	14.8	12	115	19	161	18	49	30	52	-3	46	15.53	14	118
19	20	160	23	78	56	82	-4	37	-43.0	13	149	29	151	32	70	38	69	1	41	-31.90	22	131
20	-17	197	-8	20	29	57	-37	41	-59.1	-14	126	15	165	-7	22	30	62	-40	40	-59.00	-18	126
21	27	153	22	63	42	58	5	44	39.5	15	126	28	152	22	74	52	69	5	48	39.75	20	135
22	24	156	28	74	47	62	12	30	-5.1	20	139	21	159	24	70	45	63	7	32	-4.48	17	137
23	6	174	3	32	30	37	-5	38	56.0	5	113	6	174	1	31	31	39	-8	29	60.00	4	113
24	24	156	30	60	31	50	10	39	-23.9	19	123	26	154	30	62	32	48	14	37	-18.86	21	122
25	4	176	3	31	29	38	-7	29	8.0	1	117	5	175	21	60	39	50	10	32	28.75	18	126
26	27	153	22	27	5	6	21	17	57.4	20	89	5	175	22	29	6	5	24	19	59.36	12	89
27	16	164	19	81	62	93	-12	54	-17.6	11	155	15	165	19	90	71	104	-14	60	-21.77	12	162

Continua

ID	LEITOR 1											LEITOR 2										
	GT	ASP	VP	IP	IS	LL	IP-LL	CT	EVS	ATP	ASS	GT	ASP	VP	IP	IS	LL	IP-LL	CT	EVS	ATP	ASS
28	29	151	36	78	42	73	5	48	-46.4	21	121	27	153	25	75	39	72	3	58	-48.57	10	137
29	13	167	10	50	40	53	-3	36	45.2	11	124	13	167	10	53	43	55	-2	41	44.33	10	127
30	21	159	26	59	34	56	3	36	-27.6	16	127	20	160	24	57	33	54	3	51	-30.30	14	125
31	21	159	19	62	44	54	8	43	34.9	17	128	23	157	20	65	44	52	13	34	38.24	18	128
32	13	167	12	48	36	54	-6	43	28.3	11	121	22	158	20	57	36	57	0	48	37.33	18	121
33	8	172	10	39	29	47	-8	39	-15.4	4	122	6	174	10	42	33	56	-14	38	-5.60	6	123
34	15	165	15	48	34	49	-1	33	9.7	11	121	13	167	13	48	34	48	0	42	10.27	9	122
35	20	160	17	56	39	53	3	47	23.0	14	126	14	166	14	47	33	48	-1	42	10.27	10	122
36	15	165	7	38	32	43	-5	41	65.6	9	113	16	164	7	40	33	42	-2	42	93.40	11	113
37	10	170	11	47	37	52	-5	35	3.4	7	126	10	170	11	47	36	50	-3	44	7.31	8	124
38	8	172	4	28	25	34	-6	17	22.4	3	111	23	157	18	65	47	28	37	25	46.55	18	129
39	24	156	18	40	23	30	10	45	61.1	18	105	23	157	18	65	47	58	7	26	46.55	18	129
40	0	180	2	43	41	63	-20	36	-12.0	-2	132	1	179	4	38	35	60	-22	40	-1.59	1	126
41	13	167	15	47	33	60	-13	56	2.1	10	122	14	166	14	50	36	63	-13	53	1.80	9	127
42	23	157	24	67	44	58	9	40	10.5	18	132	20	160	20	68	48	63	5	39	-0.57	14	136
43	11	169	7	39	32	37	2	14	46.7	9	116	12	168	7	34	27	37	-3	26	50.00	9	113
44	20	160	21	53	32	47	6	38	4.7	15	121	15	165	17	30	13	29	1	25	-1.20	11	115

Conclusão

ANEXO J: Scripts de programação para extração dos dados quantitativos

- Script para conversão das imagens do formato DICOM para o formato MINC

```
#!/usr/bin/perl -W

#####

#Autores:Paula Rejane Beserra Diniz #
#Ribeirao Preto,11 de julho de 2006 #
#versao 1.0

#####

# Modulo(Biblioteca) de acesso aos comandos do shell

use Shell;

my $sh = Shell->new();

#*****Main*****
*****

print "\n*****\n";

print "\nIniciando Processamento...\n";

#reconhece as pastas de cada paciente

$NomePacienteAnter="";

@vectorpasta = glob("./*");

$teste = @vectorpasta;

$contador=0;

#entra pasta por pasta

while($contador != $teste)

{

    $arquivo = $vectorpasta[0];

    #$Stop = index($arquivo,"_")-2;

    $Start = index($arquivo,".") + 2;

    $NomePaciente = substr($arquivo,$Start);

    if($NomePaciente ne $NomePacienteAnter)
```

```

{
    print "O nome do paciente eh: ".$NomePaciente."\n";

    &Processamento;

    #ssh->rm(" -r ".$NomePaciente);

    #ssh->gzip(" --best -v *mnc");
}

$NomePacienteAnter = $NomePaciente;

shift(@vectorpasta); #RETIRA O PRIMEIRO ELEMENTO DA LISTA

$contador=$contador+1;
}

ssh->rm("*mnc.gz");

$NomePacienteAnter="";

@vectorpasta = glob(".*");

$teste = @vectorpasta;

print"\n\n".$teste."\n\n";

$cont=0;

while($cont!= $teste)
{
    $arquivo = $vectorpasta[0];

    #Stop = index($arquivo,"_")-2;

    $Start = index($arquivo,"/") + 2;

    $NomePaciente = substr($arquivo,$Start);

    if($NomePaciente ne $NomePacienteAnter)
    {
        print "O nome do paciente eh: ".$NomePaciente."\n";

        &Processamento;

        #ssh->gzip(" --best -v *mnc");
    }

    ssh->rm(" -r ".$NomePaciente);

    $NomePacienteAnter = $NomePaciente;
}

```

```

shift(@vectorpasta); #RETIRA O PRIMEIRO ELEMENTO DA LISTA

$cont=$cont+1;

}

#mkdir("minc_files");

#$sh->mv("*.mnc.gz ./minc_files");

#chdir("minc_files");

    #print"\n\n Rename...\n\n";

    #require "/usr/local/mni/scripts/Rename_3T-vrs4.pl";

    #&main;

#chdir("..");

sub Processamento

{print"\n\n Preparando arquivos...\n\n";

chdir($NomePaciente);#entra na pasta do paciente

print"\n\n removendo...\n\n";

$sh->rm(" DICOMDIR");

$sh->rm(" BANNER.JPG");

$sh->rm(" -r IHE_PDI");

$sh->rm(" -r REPORTS");

$sh->rm(" /*.txt");

$sh->rm(" /*.exe");

$sh->rm(" /*.dll");

$sh->rm(" /*.inf");

$sh->rm(" /*.ini");

@pasta=glob("/*");

    print "\n\npasta: ".$pasta[0]."\n\n";

    chdir($pasta[0]);

$NomePastaAnter = "";

@vectorpasta1 = glob("/*");

$teste1 = @vectorpasta1;

```

```

$contador1=0;

while($contador1 != $teste1)
{
    $arquivo1 = $vectorpasta1[0];
    $Start1 = index($arquivo1, ".") + 2;
    $NomePasta = substr($arquivo1, $Start1);
    if($NomePasta ne $NomePastaAnter)
    {
        print "O nome da pasta eh: ".$NomePasta."\n";

        @pasta2=glob(".*");
        print "\n\npasta: ".$pasta2[0]."\n\n";
        chdir($pasta2[0]);

        #@vectorpasta_2 = glob(".*");
        #print "O nome da pasta eh: ".$vectorpasta_2[0]."\n";

        #chdir($vectorpasta_2[0]);

        mkdir("~/mincs");

        $sh->d2m("~/mincs SE/*");

        $sh->minc_conv();

        #chdir("..");

        chdir("..");

    }

    $NomePastaAnter = $NomePasta;

    shift(@vectorpasta1); #RETIRA O PRIMEIRO ELEMENTO DA LISTA

    $contador1=$contador1+1;
}

chdir("..");

chdir("..");

print"\n\n Movendo...\n\n";

$sh->mv("~/mincs/*.mnc.gz ./");

}

```

- **Scripts para extração dos valores de relaxometria T2**

```
#!/usr/bin/perl

#####

#Autor:Carlos Garrido Salmon, Rodrigo Pessini e Rafael Reis

#Ribeirao Preto,24 de setembro de 2012    #

#versao 1

#####

#####

#@NAME      : process_disc.pl

#@INPUT     :

#@OUTPUT    : Disc_Results.txt

#@RETURNS   :

#@DESCRIPTION: Extração dos dados de ADC em 5 discos vertebrais.

# Modulo(Biblioteca) de acesso aos comandos do shell

use Shell;

my $sh = Shell->new();

#*****Main*****
*****

print "\n*****\n";

print "\n Starting Process...\n";

print "\n-- Please wait --\n";

@pastas = glob("./*");                                # Guarda no
ponteiro pastas as pastas no diretorio corrente

$NomePastaAnter="";                                    # Inicializa o vazio
da variavel NomePastaAnter

$teste = @pastas ;                                     # Guarda na
variavel teste o numero de pastas

$contador=0;                                           # Inicializa o nulo
da variavel contador

while($contador != $teste)                             # Ciclo variando
pelas diferentes pastas
```



```

{                                                                    # Inicio do ciclo das
pastas

    $arquivo = $pastas[0];                                           # Guarda na variavel
arquivo o nome da primeira pasta

    $Start = index($arquivo, ".") + 2;                               # Operacao para
escolher exatamente o nome

    $NomePasta = substr($arquivo, $Start);                           # Define a variavel
NomePasta como o nome da primeira pasta na lista

    if($NomePasta ne $NomePastaAnter)                                # Condicional
verificando que as variaveis NomePastaAnterior e NomePasta sao diferentes

    {                                                                    # Inicio da
condicional de NomePasta

        print "\n ===== \n";

        print "Patient name: ".$NomePasta."\n";                     # Visualiza o nome
do paciente como pasta

        &Processamento;                                             # Executa a
sob-routine Processamento para cada paciente

    }                                                                    # Fim da
condicional de NomePasta

    $NomePastaAnter = $NomePasta;                                    # Re-define
a variavel NomePastaAnterior com a atual

    shift(@pastas);                                                  # Retira o primeiro
elemento da lista

    $contador=$contador+1;                                           # Incremento do
contador

}                                                                    # Fim do ciclo das
pastas

#*****GeraÁo de arquivos de
resultado*****

    $tam =@nomes;                                                    # Guarda
na variavel teste o numero de nomes

#*****Resultados do Processamento*****

    open(RELATDADOS, "> Disc_results.txt");                          # Abertura de
arquivo para salvar dados de ADC

    print RELATDADOS "name; NP5 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFP5 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFA5
(mm≤/s); ±DP(mm≤/s); NP4 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFP4 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFA4
(mm≤/s); ±DP(mm≤/s); NP3 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFP3 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFA3
(mm≤/s); ±DP(mm≤/s); NP2 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFP2 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFA2

```

```

(mm≤/s); ±DP(mm≤/s); NP1 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFP1 (mm≤/s); ±DP(mm≤/s); AFA1
(mm≤/s); ±DP(mm≤/s)\n";

$c=0;

print "Nomes: ".$nomes."\n";

while($c != $tam)

{

    print "Escrevendo resultados: \n";

    print RELATDADOS

    $nomes[$c].";".$NP5_mean[$c].";".$NP5_DP[$c].";".$AFP5_mean[$c].";".$AFP5_DP[$c].";".$
    AFA5_mean[$c].";".$AFA5_DP[$c].";".$NP4_mean[$c].";".$NP4_DP[$c].";".$AFP4_mean[$c].
    ";".$AFP4_DP[$c].";".$AFA4_mean[$c].";".$AFA4_DP[$c].";".$NP3_mean[$c].";".$NP3_DP[$c
    ].";".$AFP3_mean[$c].";".$AFP3_DP[$c].";".$AFA3_mean[$c].";".$AFA3_DP[$c].";".$NP2_me
    an[$c].";".$NP2_DP[$c].";".$AFP2_mean[$c].";".$AFP2_DP[$c].";".$AFA2_mean[$c].";".$AFA
    2_DP[$c].";".$NP1_mean[$c].";".$NP1_DP[$c].";".$AFP1_mean[$c].";".$AFP1_DP[$c].";".$AF
    A1_mean[$c].";".$AFA1_DP[$c]. "\n";

    $c=$c+1;

}

#*****Processamento*****
*****

sub Processamento                                     # Início de sub-
rotina de processamento

{

    chdir($NomePasta);                                  # Definindo
NomePasta como sub-diretorio corrente

    @vector = glob(".*_process*");

    $file = $vector[0];

    $sh->mincheader(" $file > mincheader.txt ");

    $linha = $sh->grep(" dicom_0x0008:el_0x0020 mincheader.txt");

    $te1 = substr($linha,rindex($linha,"")+2);

    $Stop = rindex($te1,"");

    $te = substr($te1,0,$Stop);

    $start = index($te,"")+1;

    $stop = index($te,"")+4;

    $ano = substr($te,$start,$stop);

    $Start = index($te,"")+5;

```

```

$Stop = index($te,$ano)+1;

$mes = substr($te,$Start,$Stop);

$start = index($te,"")+7;

$stop = index($te,"")+9;

$dia = substr($te,$start,$stop);

$Stop = index($NomePasta,"_");

$Stop = index($NomePasta,"_".$ano);

#$PrimNome = substr($NomePasta,0,$Stop);

$PrimNome = $NomePasta;

$lbl = $NomePasta . "_process_lbl";

$sh->rm(" mincheader.txt");

push(@nomes,$PrimNome."_".$ano."_".$mes."_".$dia);

#$PrimNome = $PrimNome."_".$ano.$mes.$dia;

print "FileName: ".$PrimNome."\n";

#*****Estimativa do ADC*****

$sh->res($lbl,$PrimNome."_process");          # coregistra label com mapa
adc

#*****Media em N'cleo Pulposos 5*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 1 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$NP5_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "NP5_mean: ".$NP5_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP5_mean,$NP5_mean);

#*****Desvio padrao em N'cleo Pulposos 5*****

```

```

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 1 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$NP5_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP5_DP,$NP5_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Posterior 5*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 2 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFP5_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFP5_mean: ".$AFP5_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP5_mean,$AFP5_mean);

#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior VÈrtebra
5*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 2 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFP5_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP5_DP,$AFP5_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 5*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 3 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFA5_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFA5_mean: ".$AFA5_mean."\n";

```

```

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA5_mean,$AFA5_mean);

#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior 5*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 3 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFA5_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA5_DP,$AFA5_DP);

#*****Media em N'cleo Pulposos 4*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 4 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$NP4_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "NP4_mean: ".$NP4_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP4_mean,$NP4_mean);

#*****Desvio padrao em N'cleo Pulposos 4*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 4 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$NP4_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP4_DP,$NP4_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Posterior 4*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 5 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

```

```

$AFP4_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFP4_mean: ".$AFP4_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP4_mean,$AFP4_mean);

#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior VÈrtebra
4*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 5 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFP4_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP4_DP,$AFP4_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 4*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 6 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFA4_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFA4_mean: ".$AFA4_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA4_mean,$AFA4_mean);

#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior 4*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 6 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFA4_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA4_DP,$AFA4_DP);

#*****Media em N`cleo Pulposos 3*****

```

```

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 7 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$NP3_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "NP3_mean: ".$NP3_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP3_mean,$NP3_mean);

#*****Desvio padrao em N'cleo Pulposo 3*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 7 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$NP3_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP3_DP,$NP3_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Posterior 3*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 8 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFP3_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFP3_mean: ".$AFP3_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP3_mean,$AFP3_mean);

#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior VÈrtebra
3*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 8 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFP3_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

```

```

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP3_DP,$AFP3_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 3*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 9 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFA3_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFA3_mean: ".$AFA3_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA3_mean,$AFA3_mean);

#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior 3*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 9 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFA3_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA3_DP,$AFA3_DP);

#*****Media em N'cleo Pulposo 2*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 10 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$NP2_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "NP2_mean: ".$NP2_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP2_mean,$NP2_mean);

#*****Desvio padrao em N'cleo Pulposo 2*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 10 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

```



```

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$NP2_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@NP2_DP,$NP2_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Posterior 2*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 11 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFP2_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFP2_mean: ".$AFP2_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP2_mean,$AFP2_mean);

#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior VÈrtebra
2*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 11 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFP2_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP2_DP,$AFP2_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 2*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 12 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFA2_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFA2_mean: ".$AFA2_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA2_mean,$AFA2_mean);

#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior 2*****

```

```

$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 12 > volume1.txt");

$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");

$stemp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFA2_DP = substr($stemp1,0,rindex($stemp1," "));

$ssh->rm("volume1.txt");

push(@AFA2_DP,$AFA2_DP);

#*****Media em Nucleo Pulposos 1*****

$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 13 > volume1.txt");

$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");

$stemp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$NP1_mean = substr($stemp1,0,rindex($stemp1," "));

print "NP1_mean: ".$NP1_mean."\n";

$ssh->rm("volume1.txt");

push(@NP1_mean,$NP1_mean);

#*****Desvio padrao em Nucleo Pulposos 1*****

$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 13 > volume1.txt");

$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");

$stemp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$NP1_DP = substr($stemp1,0,rindex($stemp1," "));

$ssh->rm("volume1.txt");

push(@NP1_DP,$NP1_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Posterior 1*****

$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 14 > volume1.txt");

$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");

$stemp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFP1_mean = substr($stemp1,0,rindex($stemp1," "));

print "AFP1_mean: ".$AFP1_mean."\n";

$ssh->rm("volume1.txt");

```

```

push(@AFP1_mean,$AFP1_mean);

#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior VÈrtebra
1*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 14 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFP1_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFP1_DP,$AFP1_DP);

#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 1*****

$sh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 15 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Mean volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);

$AFA1_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

print "AFA1_mean: ".$AFA1_mean."\n";

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA1_mean,$AFA1_mean);

#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior 1*****

$sh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 15 > volume1.txt");

$tag1 = $sh->grep(" Stddev volume1.txt");

$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);

$AFA1_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));

$sh->rm("volume1.txt");

push(@AFA1_DP,$AFA1_DP); "\n";

#*****Fim da estimativa do ADC*****

chdir("..");

# Deixa no directorio inicial

}

# Fim do programa principal

```

```

#Autor:Julio Cesar Ferranti #

#!/bin/bash -e
tamanho=0
comprimento=0
count=0

if [ -e temp.txt ]; then rm temp.txt; fi
if [ -e Valores.txt ]; then rm Valores.txt; fi

header="Paciente"
for arg in {1..5}; do
    header="$header \t Label $arg"
done

echo -e $header >> temp.txt

for folder in $(find ./ -maxdepth 1 -mindepth 1 -type d)
do
    cd $folder
    for files in $(ls *_e[12345678]*.mnc.gz);
    do
        let tamanho=${#files}
        let comprimento=tamanho-7
        IN=${files:0:comprimento}
        echo -e "\033[01;033mProcessando $IN\033[00;00m"
        LBL=$(ls *_process_lbl_res.mnc.gz)

        #         if [ ! -e $LBL.mnc.gz ]; then
        #             echo -e "\033[01;033mCompactando (gzip) label."
        #             gzip $LBL.mnc
        #         fi

        if [ -e $IN.mnc.gz ] && [ -e $LBL ]; then

            result="$IN"
            for arg in {1..5}; do
                tmp1=`mincstats -mean $IN.mnc.gz -mask ${LBL} -
mask_binvalue $arg`
                result="$result \t ${tmp1:19}"
            done
            echo -e "$result" >> ../temp.txt
        fi
    done
    cd ..
done
sed -e 's/\./,/g' temp.txt >> Valores.txt
rm temp.txt

```

ANEXO K: Carta de submissão do artigo.

RAD-18-0205 - RADIOLOGY Manuscript Submitted - Leonor Savarese

1/24/18, 13:51

RAD-18-0205 - RADIOLOGY Manuscript Submitted

Radiology <onbehalf@manuscriptcentral.com>

qua 24/01/2018 13:45

Caixa de Entrada

Para: leonorsavarese@hotmail.com <leonorsavarese@hotmail.com>; leonorgs@usp.br <leonorgs@usp.br>;

24-Jan-2018

Dear Dr. Savarese:

Thank you for your submission entitled "Correlation between T2 relaxometry and spinopelvic parameters and clinical symptoms in patients with low back pain." It has been assigned the following number - RAD-18-0205.

The Transfer of Copyright and Certifications Agreement and Author Contribution form are now being submitted electronically. If applicable, all authors will receive an email requesting that these forms be completed and submitted via ScholarOne.

If you have any questions, please contact mcsupport@rsna.org or 630-481-1047.

RADIOLOGY ScholarOne may be used to track the progress of your manuscript through your author center. You will be notified by e-mail when a decision has been posted.

Thank you for your interest in RADIOLOGY.

David A. Bluemke, MD, PhD
Editor

ARTIGO

Correlation between T2 relaxometry and spinopelvic parameters and clinical symptoms in patients with low back pain

Savarese, LG¹; Jorge, M¹; Menezes-Reis, R¹; Salmon, CEG²; Herrero³,
Defino, HL³; Nogueira-Barbosa, MH¹

¹ Ribeirao Preto Medical School, University of Sao Paulo; Radiology Division of the Internal Medicine Department.

² Ribeirao Preto Philosophy and Sciences School, University of Sao Paulo, Department of Physics

³ Ribeirao Preto Medical School, University of Sao Paulo, Department of Biomechanics, Medicine, and Rehabilitation of the Locomotor System

ABSTRACT

Purpose: To correlate quantitative T2 relaxation measurements of lumbar intervertebral discs (IVD) with spinopelvic parameters and clinical symptoms in patients with chronic low back pain.

Methods: The study was approved by the local ethics committee, and written consent was obtained from all patients. From March to September 2015, 455 intervertebral discs from 91 consecutive patients (mean age 53.5 years) with chronic low back pain were included in this prospective study. All subjects were assessed by Oswestry Disability Index and Visual Analog Score questionnaires and were confirmed to have no other spine diseases except disc degeneration. Spinopelvic parameters including pelvic incidence (PI), pelvic-tilt (PT), sacral slope (SS), sagittal vertical axis (SVA), global tilt (GT), T1 pelvic angle (TPA), lumbar lordosis (LL), thoracic kyphosis (TK), difference between lumbar lordosis and pelvic incidence (PI-LL) and lack of lumbar lordosis (LLL) were measured using the software Surgimap®. The study group was categorized according to the Roussouly classification. Sagittal T2 maps were acquired to extract the IVD relaxation times and the complete manual segmentation of the IVD of each patient in all levels was performed using the software Display®. Statistical significance was accepted when $p < 0.05$.

Results: Lumbar intervertebral discs T2 relaxation times correlated significantly with PT, GT, TPA, PI-LL and LLL in patients with chronic low back pain. Roussouly subtypes and clinical questionnaires did not correlate with T2 relaxation times.

Conclusions: Individuals with higher PT, GT, TPA, PI-LL and LLL showed decreased intervertebral disc T2 relaxation values.

1. INTRODUCTION

Chronic low back pain is the most prevalent musculoskeletal condition, affecting approximately two-thirds of the adult population, with significant economic consequences due to the consumption of resources for health and loss of economic productivity¹. Degeneration of the intervertebral discs (IVD) has a high prevalence and is associated with low back pain^{2,3}. The evaluation of disc degeneration based on the Pfirrmann classification, which uses the T2-weighted magnetic resonance sequence, although useful, is subjective and limited in the assessment of the early onset of intervertebral disc degeneration⁴. Emerging quantitative magnetic resonance techniques, specifically T2 mapping through the evaluation of the amount of water in the macromolecular network, correlate strongly with the degree of disc hydration⁵⁻⁹. Moreover, recent studies have established the relationship between the T2 values and the semiquantitative Pfirrmann classification, and the decrease in T2 relaxation times correlated significantly with an increased degree of disc degeneration¹⁰⁻¹². In addition, the relationship between sagittal balance and degeneration of the IVD using the semiquantitative Pfirrmann was demonstrated¹³⁻¹⁵. However, we did not identify studies in the literature that evaluated the potential correlation between sagittal alignment and the biochemical composition of the IVD evaluated by means of quantitative magnetic resonance techniques. Given that previous studies revealed a negative correlation between T2 values and disc degeneration⁶⁻⁸, we postulated that patients with sagittal imbalance assessed through spinopelvic parameters exhibited greater disc degeneration and consequently lower T2 values. Our hypothesis is that the spinopelvic parameters that translate to a sagittal imbalance correlate with disc degeneration quantified by T2 relaxometry technique. The purpose of this study was to correlate quantitative T2 relaxation measurements of IVD with spinopelvic parameters and clinical symptoms in patients with chronic low back pain.

2. MATERIALS AND METHODS

Patients

From March to September 2015, 91 consecutive patients with chronic lumbar pain were included in this prospective study. There were 56 female patients (mean age 53,5 years; range, 23–76 years), and 35 male patients (mean age, 53,6 years; range 19-73 years). Inclusion criteria were age greater than or equal to 18 years old and chronic low back pain (visual analogue scale ≥ 3) with recurrent episodes in the

last 6 months. Exclusion criteria consisted of scoliosis or spondylolisthesis, vertebral fracture, neoplasia, postoperative status, disabling hip disease, infection or bone metabolism diseases. Of the 107 evaluated patients, 23 were excluded for the following reasons: 10 individuals with spondylolisthesis, 5 individuals with scoliosis and 1 individual with vertebral fracture (Figure 1). All individuals were assessed by the Oswestry disability index (ODI) and visual analogue scale (VAS). The study was approved by the local ethics committee, and written consent was obtained from all patients.

Spinopelvic Parameters Evaluation

Each patient underwent panoramic radiography in the lateral view acquired with a CR Long Length Vertical Imaging System (Kodak Direct View, Carestream Health, Rochester, NY, USA). The subjects were placed in standing position with their arms supported on a stand, shoulders at 30° of flexion and slightly flexed elbows according to previous literature¹⁶.

Surgimap® software (Nemaris Inc., New York, NY, USA, version 2.2.9.6) was used to measure spinopelvic parameters and vertebral curvature angles. The following parameters were evaluated: pelvic incidence (PI), pelvic-tilt (PT), sacral slope (SS), sagittal vertical axis (SVA), global tilt (GT), T1 pelvic angle (TPA), lumbar lordosis (LL), thoracic kyphosis (TK), difference between lumbar lordosis and pelvic incidence (PI-LL) and lack of lumbar lordosis (LLL). We used the formula proposed by Schwab and co-workers to determine ideal lumbar lordosis, where $LL = PI + 9$. Therefore, using measured lumbar lordosis and ideal theoretical lordosis, we can establish the lack of lumbar lordosis for each patient. The contours of the femoral heads were marked, and lines were drawn adjacent to the sacral cartilage, the upper plateau of the L1 vertebra, the lower plateau of T12, the upper plateau of T4, the upper plateau of T1, and the centre of C7 and C2 vertebral bodies. From these markings, the software automatically calculated the spinopelvic parameters and the vertebral curvatures. The GT angle was calculated separately since Surgimap® software does not automatically calculate this parameter.

Disc composition evaluation

We evaluated lumbar IVD composition using a 1.5T MRI scanner (Achieva; Philips Healthcare, Best, The Netherlands) with a 16-channel spinal coil. To avoid possible physiologic daily variations in disc water content, MRIs were acquired in the

afternoon. All images of the lumbar spine were acquired in the sagittal plane using the following parameters: field of view = 22x22 cm; thickness = 4 mm; number of slices = 16; and matrix = 220 x 217. A 2D fast spin-echo T2-weighted sequence, echo time (TE) = 120 ms and repetition time (TR) = 3900 ms was acquired for anatomical reference and IVD segmentation. We used a T2 relaxometry multi-echo sequence as follows: TE = 20/40/60/80/100/120/140/160 ms and TR = 3900 ms.

We generated T2 relaxometry maps using MINC tools and Display® software (McConnell Brain Imaging Centre, Montreal, Quebec, Canada) to extract the IVD relaxation times. Using T2-weighted images, the complete volume of each lumbar IVD was manually segmented (Figure 2). The segmentation encompassed both the nucleus pulposus and annulus fibrosus using all the sagittal images in which the five discs were identified, being careful not to include the subchondral bone.

Image Evaluation

The first examiner, a radiologist with four years of experience (L.G.S.), was responsible for spinopelvic measurements and IVD segmentations. The second examiner, a researcher with four years of experience in spinal imaging (R.M.R), who was blind to the measurements of the first examiner, performed the same measurements to assess interobserver reliability. The study group was categorized by the two examiners according to the Roussouly classification for the 4 postural subtypes¹⁷. When disagreement occurred, the opinion of a third examiner, senior researcher and radiologist with greater than 17 years of experience in musculoskeletal radiology (M.H.N.B) was considered. The distribution of the subgroups of the Roussouly classification was as follows: Type 1, n = 13; Type 2, n = 23; Type 3, n = 44; and Type 4, n = 11.

Statistical Analysis

Student's T-test was used to compare the composition of the IVD according to gender. The correlation between the spinopelvic parameters (PI, PT, SS, SVA, GT, TPA, LL, TK, PI-LL, LLL) and T2 relaxation time was analysed using the Spearman correlation coefficient (ρ) for each disc level. To verify the relationship between the spinopelvic parameters and the T2 relaxation time while controlling the effect of age, the linear regression model with mixed effects was proposed. Comparisons between Roussouly subtypes and T2 relaxation time were performed by means of analysis of variance (ANOVA). The interobserver agreement was

analysed by means of the intraclass correlation coefficient with a confidence interval of 95%. All statistical analysis was performed by using statistical software (SAS 9.2; SAS Institute, Cary, NC). For this study, a significance level of 5% was adopted.

3. RESULTS

Table 1 presents the values of the mean T2 relaxation times of the five IVD levels as means and standard deviations. L2-L3 and L3-L4 discs present the highest values for T2 relaxation times and these values tend to decrease as they approach the upper (L1-L2) and lower (L4-L5 and L5-S1) ends.

The means of T2 relaxation times were $T2 = 91.3 \pm 8.24$ ms for men and 91.83 ± 9.41 ms for women. No statistically significant differences in T2 relaxometry values were noted between genders at any disc level (L1-L2: $p=0.90$, L2-L3: $p=0.87$, L3-L4: $p=0.88$, L4-L5: $p=0.25$, L5-S1: $p=0.94$).

The values of the spinopelvic parameters of our study group are provided in Table 2. A statistically significant negative correlation was noted between the values of T2 relaxometry and the following parameters: PT, PI, GT, TPA, PI-LL and LLL in all levels, as seen in table 3.

Age was negatively correlated with T2 relaxation time in all segments (L1-L2: $R: -0.49$, $p<0.01$; L2-L3: $R: -0.48$, $p<0.01$; L3-L4: -0.26 , $p<0.01$; L4-L5: -0.28 , $p<0.01$; L5-S1: -0.20 , $p<0.01$). To evaluate the effect of age on the correlation between spinopelvic parameters and disc degeneration assessed by T2 relaxometry, an additional mixed effects model that included age as a fixed effect was performed. After controlling for age, a negative relationship was still noted between T2 relaxometry values and spinopelvic parameters PT ($b=-0.26$, 95% CI= -0.44 to -0.08 , $p<0.01$); GT ($b= 0.25$, 95% CI = 0.04 to 0.43 , $p=0.01$); TPA ($b=-0.31$, 95% CI= -0.54 to -0.09 , $p<0.01$), PI-LL ($b=-0.18$, 95% CI= -0.11 to -0.48 , $p=0.01$) and LLL ($b=-0.18$, 95% CI= -0.33 to -0.04 , $p=0.01$). A relationship between the values of T2 relaxometry and PI was no longer noted after controlling for age.

No difference was noted between Roussouly subtypes regarding T2 relaxation times at any disc level (L1-L2: $p=0.51$; L2-L3: $p=0.44$; L3-L4: $p=0.67$; L4-L5: $p=0.20$; L5-S1: $p=0.59$; mean T2 values: 0.67).

The mean ODI value was 23.86 ± 9.41 points (minimum: 5, maximum: 40, median: 25), and the mean VAS value was 7.48 ± 1.88 (minimum: 2, maximum: 10, median: 8). No statistically significant correlation was noted between T2 relaxation values and clinical questionnaires at any disc level (Oswestry - L1-L2: $p=0.19$; L2-L3:

p=0.38; L3-L4: p=0.73; L4-L5: p=0.12; L5-S1: p=0.37; T2 mean values: 0.38; VAS - L1-L2: p=0.48; L2-L3: p=0.94; L3-L4: p=0.75; L4-L5: p=0.92; L5-S1: p=0.55; T2 mean values: 0.98).

The intraclass coefficient correlation (ICC) for T2 relaxometry values demonstrated almost perfect inter-observer agreement for manual disc segmentations (0.96). For spinopelvic parameters, the ICC showed strong agreement (ICC: 0.85 to 0.96) (Table 4).

4. DISCUSSION

Patients with lumbar degenerative disease are characterized by anterior sagittal imbalance, loss of LL and increased PT^{12,15,18}. SVA and PT are spinopelvic parameters that reflect the severity of adult spine deformity; however, some points should be considered. First, the SVA measurement can be reduced by postural compensatory mechanisms, such as pelvic retroversion. Therefore, a high PT may "hide" a larger spinal deformity when only SVA is considered. SVA and PT are interrelated in the sense that the magnitude of one affects the other. Lafage et al. suggested that PT should be considered together with SVA to capture patients with spinal deformity in the sagittal plane without high SVA due to pelvic compensation¹⁹. Of note, a successful realignment plan should not only restore the spinopelvic relationship but also "zero out" compensatory mechanisms, which drain energy and affect patient quality of life. Our results without correlation between SVA and T2 relaxometry reinforces that SVA should not be used in isolation in the evaluation of sagittal plane. In contrast, TPA and GT have advantages in assessing global alignment given that they account for pelvic retroversion and trunk anteversion and are unaffected by postural or radiographic calibrations^{20,21}. Furthermore, they are correlated strongly with SVA, PT and PI-LL²² and showed correlation with disc degeneration quantitatively assessed by T2 relaxometry.

The objective of sagittal misalignment correction surgeries is to achieve a good global sagittal alignment, restoring LL and considering the morphology of the pelvis. We observed no correlation between LL and disc degeneration quantified through T2 relaxometry. However, we identified a correlation estimating the individual's LLL calculated by the difference between the observed lordosis and the ideal lordosis estimated by the Schwab formula. We also identified a correlation between the PI-LL, a valuable tool in the intraoperative planning^{23,24} and T2 relaxometry values. These findings are expected when we consider the relationship between the pelvic morphology, represented by PI, and LL. As postulated, LL

exhibits a strong correlation with PI. Recalling the concept of the "spinopelvic accordion" introduced by Morvan et al., a high PI is accompanied by a high LL, and a low PI is accompanied by a low LL²⁵. Thus, when we analyse two patients with the same LL and different PIs, the LL can be normal or reduced, depending on the value of PI and the calculation of the LLL provides this information. Therefore, individuals with a greater difference between PI and LL assessed by PI-LL and higher LLL estimated by the difference between the expected lordosis and the observed lordosis, exhibited lower T2 relaxometry values in our study, indicating more degenerated discs.

Consistent with other studies^{26,27,28} we observed a negative linear correlation between age and T2 values. As older individuals tend to have more dehydrated discs and therefore with lower T2 relaxometry values, we used a mixed effects statistical model that included age as a fixed effect. By fixing the age, we were able to evaluate the influence of the spinopelvic parameters on the disc degeneration removing the bias of age. In this context, we continue to identify significant negative correlations between the parameters PT, GT, TPA, PI-LL, LLL and T2 values and the negative correlation between PI and T2 values disappeared.

Patients with different Roussouly subtypes did not present significant differences in the T2 relaxation times of the IVD in our study. Of note, the classification of Roussouly and Pinheiro-Franco²⁹ was originally described in 160 asymptomatic individuals aged between 18 and 48 years. This classification system has its limitations given that individuals with low SS also tend to have low LL if they remain sagittally balanced in relation to the segment of the lumbar spine. In a study that found postural Roussouly subtypes and the degree of disc degeneration evaluated by semiquantitative Pfirrmann grading, Torrie et al. observed no significant correlation between these parameters when comparing groups¹³. Consistent with this finding, our results reinforce the non-correlation between Roussouly subtypes and disc degeneration in patients with chronic low back pain. A possible explanation is attributed to the fact that this classification is based on the SS and LL parameters, which exhibited no correlation with the T2 relaxometry values in our study.

We observed higher T2 relaxation values in the L2-L3 and L3-L4 discs with a tendency to decrease in the upper (L1-L2) and lower (L4-L5 and L5-S1) ends. It is reasonable to speculate that a possible explanation would be that the levels L1-L2, L4-L5 and L5-S1 offer greater movement in the sagittal plane compared with other joints, given that L1-L2 is located closer to the thoracolumbar junction. In addition, L4-L5 and L5-S1 support the largest amount of load due to gravitational force.

The T2 values found in the IVD were very close to those reported in the study by Niu et al.²⁶, who used ROIs that covered the nucleus pulposus and annulus fibrosus in the most central sagittal slice, and the study by Menezes-Reis et al.²⁹, who explored the segmentation of the vertebral disc throughout its extension. Most of the studies in the literature preferred to use the segmentation of NP and AF individually^{10,26,31,32}. Moreover, for practical reasons, most previous studies used small geometric ROIs for the evaluation of degenerate discs^{11,31}. Regarding intervertebral discs classified as Pfirrmann I and II, segmenting these structures separately generally allows one to distinguish them better. As degeneration progresses to the degeneration gradings of Pfirrmann III and IV, this distinction becomes difficult or impossible³³. Thus, a relative advantage that was considered in the choice of the segmentation method of this study was that segmenting the entire area or the complete volume of the disc allows a safer comparison between discs with different degrees of degeneration.

We did not observe a significant correlation between the mean T2 relaxometry values and clinical questionnaires. Although the Oswestry and VAS questionnaires provided reliable quantitative scoring systems in previous studies^{34,35}, we consider it a daunting task to compare the clinical symptoms experienced by several individuals with degenerative disc disease, given that pain and physical capacity are subjective in nature with different tolerances and expectations noted in individuals. Furthermore, there are several potential sources of lumbar pain (intervertebral discs, interfacet joints, muscles, tendons, nerve roots), and the pain source is often difficult to ascertain even by experienced subspecialists.

Our study had some limitations. The study group consisted only of individuals with chronic low back pain, and asymptomatic individuals were not evaluated. Moreover, because it is a cross-sectional study, it is not possible to infer cause-and-effect relationships, and future longitudinal studies are necessary for this purpose. Another relevant issue is that compensation by the lower limbs was not assessed.

In conclusion, we emphasize that spinopelvic parameters, such as PT, GT, TPA, PI-LL and LLL exhibited a negative correlation with the disc degeneration quantitatively assessed using the T2 relaxometry technique and that individuals with increased values of these parameters presented lower T2 relaxation values for the IVD. We encourage the use of the GT and TPA parameters in clinical practice instead of SVA because they consider pelvic retroversion and trunk anteversion, are less prone to postural variation and showed correlation with disc degeneration. Given that this study involved the pathophysiology of mechanical association with disc composition, we believe longitudinal studies with long follow-up are necessary to

evaluate the potential future use of T2 relaxometry in clinical practice. The reproducibility of the measurements is high and encourage the use of this method in future investigations. Longitudinal studies are also encouraged to investigate cause and effect relationship between disc degeneration and spinopelvic parameters. To our knowledge, this is the first study to correlate the spinopelvic parameters with disc degeneration evaluated by T2 relaxometry.

REFERENCES

1. Jarvik JG, Deyo RA. Diagnostic evaluation of low back pain with emphasis on imaging. *Ann Intern Med.* 2002;137(7):586-97.
2. Brinjikji W, Diehn FE, Jarvik JG, et al. MRI Findings of Disc Degeneration are More Prevalent in Adults with Low Back Pain than in Asymptomatic Controls: A Systematic Review and Meta-Analysis. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015;36(12):2394-9.
3. Hancock M, Maher C, Macaskill P, Latimer J, Kos W, Pik J. MRI findings are more common in selected patients with acute low back pain than controls? *Eur Spine J.* 2012;21(2):240-6.
4. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Elfering A, Hodler J, Boos N. Effect of aging and degeneration on disc volume and shape: A quantitative study in asymptomatic volunteers. *J Orthop Res.* 2006;24(5):1086-94.
5. Weidenbaum M, Foster RJ, Best BA, et al. Correlating magnetic resonance imaging with the biochemical content of the normal human intervertebral disc. *J Orthop Res.* 1992;10(4):552-61.
6. Perry J, Haughton V, Anderson PA, Wu Y, Fine J, Mistretta C. The value of T2 relaxation times to characterize lumbar intervertebral disks: preliminary results. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2006;27(2):337-42.
7. Chiu EJ, Newitt DC, Segal MR, Hu SS, Lotz JC, Majumdar S. Magnetic resonance imaging measurement of relaxation and water diffusion in the human lumbar intervertebral disc under compression in vitro. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(19):E437-44.
8. Blumenkrantz G, Zuo J, Li X, Kornak J, Link TM, Majumdar S. In vivo 3.0-tesla magnetic resonance T1rho and T2 relaxation mapping in subjects with intervertebral disc degeneration and clinical symptoms. *Magn Reson Med.* 2010;63(5):1193-200.
9. Marinelli NL, Haughton VM, Anderson PA. T2 relaxation times correlated with stage of lumbar intervertebral disk degeneration and patient age. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2010;31(7):1278-82.
10. Welsch GH, Trattnig S, Paternostro-Sluga T, et al. Parametric T2 and T2* mapping techniques to visualize intervertebral disc degeneration in patients with low back pain: initial results on the clinical use of 3.0 Tesla MRI. *Skeletal Radiol.* 2011;40(5):543-51.

11. Trattnig S, Stelzeneder D, Goed S, et al. Lumbar intervertebral disc abnormalities: comparison of quantitative T2 mapping with conventional MR at 3.0 T. *Eur Radiol.* 2010;20(11):2715-22.
12. Detiger SE, Holewijn RM, Hoogendoorn RJ, et al. MRI T2* mapping correlates with biochemistry and histology in intervertebral disc degeneration in a large animal model. *Eur Spine J.* 2015;24(9):1935-43.
13. Torrie PA, McKay G, Byrne R, Morris SA, Harding IJ. The Influence of Lumbar Spinal Subtype on Lumbar Intervertebral Disc Degeneration in Young and Middle-Aged Adults. *Spine Deform.* 2015;3(2):172-9.
14. Menezes-Reis R, Bonugli GP, Dalto VF, da Silva Herrero CF, Defino HL, Nogueira-Barbosa MH. Association Between Lumbar Spine Sagittal Alignment and L4-L5 Disc Degeneration Among Asymptomatic Young Adults. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(18):E1081-7.
15. Mardare M, Oprea M, Popa I, Zazgyva A, Niculescu M, Poenaru DV. Sagittal balance parameters correlate with spinal conformational type and MRI changes in lumbar degenerative disc disease: results of a retrospective study. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2016;26(7):735-43.
16. Marks M, Stanford C, Newton P. Which lateral radiographic positioning technique provides the most reliable and functional representation of a patient's sagittal balance? *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(9):949-54.
17. 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).* 2005;30(3):346-53.
18. Barrey C, Jund J, Nosedá O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J.* 2007;16(9):1459-67.
19. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(17):E599-606.
20. Protopsaltis T, Schwab F, Bronsard N, et al. The T1 pelvic angle, a novel radiographic measure of global sagittal deformity, accounts for both spinal inclination and pelvic tilt and correlates with health-related quality of life. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(19):1631-40.
21. Obeid I, Hauger O, Aunoble S, Bourghli A, Pellet N, Vital JM. Global analysis of sagittal spinal alignment in major deformities: correlation between lack of lumbar lordosis and flexion of the knee. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:681-5.

22. Banno T, Togawa D, Arima H, et al. The cohort study for the determination of reference values for spinopelvic parameters (T1 pelvic angle and global tilt) in elderly volunteers. *Eur Spine J.* 2016;25(11):3687-93.
23. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J.* 1998;7(2):99-103.
24. Schwab F, Lafage V, Boyce R, Skalli W, Farcy JP. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(25):E959-67.
25. Morvan G, Mathieu P, Vuillemin V, et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:602-8.
26. Niu G, Yang J, Wang R, Dang S, Wu EX, Guo Y. MR imaging assessment of lumbar intervertebral disk degeneration and age-related changes: apparent diffusion coefficient versus T2 quantitation. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011;32(9):1617-23.
27. Wu N, Liu H, Chen J, et al. Comparison of apparent diffusion coefficient and T2 relaxation time variation patterns in assessment of age and disc level related intervertebral disc changes. *PLoS One.* 2013;8(7):e69052.
28. Menezes-Reis R, Salmon CE, Bonugli GP, et al. Lumbar intervertebral discs T2 relaxometry and T1 ρ relaxometry correlation with age in asymptomatic young adults. *Quant Imaging Med Surg.* 2016;6(4):402-12.
29. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spinopelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:609-18.
30. Menezes-Reis R, Salmon CE, Carvalho CS, Bonugli GP, Chung CB, Nogueira-Barbosa MH. T1 ρ and T2 mapping of the intervertebral disk: comparison of different methods of segmentation. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015;36(3):606-11.
31. Stelzeneder D, Welsch GH, Kovács BK, et al. Quantitative T2 evaluation at 3.0T compared to morphological grading of the lumbar intervertebral disc: a standardized evaluation approach in patients with low back pain. *Eur J Radiol.* 2012;81(2):324-30.
32. Wang YX, Zhao F, Griffith JF, et al. T1 ρ and T2 relaxation times for lumbar disc degeneration: an in vivo comparative study at 3.0-Tesla MRI. *Eur Radiol.* 2013;23(1):228-34.

33. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(17):1873-8.
34. Mehra A, Baker D, Disney S, Pynsent PB. Oswestry Disability Index scoring made easy. *Ann R Coll Surg Engl*. 2008;90(6):497-9.
35. Gould D, Kelly D, Goldstone L, Gammon J. Examining the validity of pressure ulcer risk assessment scales: developing and using illustrated patient simulations to collect the data. *J Clin Nurs*. 2001;10(5):697-706.

TABLES

Table 1: Values of T2 relaxation times of patients with chronic low back pain expressed as the mean, standard deviation, minimum, median and maximum for each disc level.

Variables	Relaxation Time T2 (ms)				
	Mean	Standard deviation	Minimum	Median	Maximum
L1-L2	91.4	12.0	69.0	91.0	131.4
L2-L3	92.5	10.7	72.4	92.4	127.7
L3-L4	92.1	11.1	71.8	89.8	119.3
L4-L5	91.8	11.5	69.9	89.8	132.2
L5-S1	90.2	11.4	69.9	88.5	129.8
Mean	91.6	8.9	75.7	91.0	114.5

Table 2. Values of spinopelvic parameters of patients with chronic low back pain expressed as the mean, standard deviation, minimum, median and maximum.

Variable	Mean	Standard deviation	Minimum	Median	Maximum
GT (°)	14.7	9.6	-17	15	35
PT(°)	14.7	8.2	-8	15	36
PI(°)	50.6	12.1	20	50	81
SS (°)	36.5	8.9	5	37	62
LL(°)	53.8	13.5	6	54	93
PI-LL(°)	-3.3	11.8	-46	-3	22
TK(°)	38.1	12.8	8	38	83
SVA (mm)	8.0	31.3	-78.6	5.1	103.3
TPA (°)	10.4	7.6	-14	11	24
LLL(°)	5.7	11.8	-37	6	31

GT: global tilt; PT: pelvic tilt; PI: pelvic incidence; SS: sacral slope; LL: lumbar lordosis; PI-LL: discrepancy between pelvic incidence and lumbar lordosis; TK: thoracic kyphosis; SVA: sagittal vertical axis; TPA: T1 pelvic angle; LLL: lack of lumbar lordosis.

Table 3. Correlation between spinopelvic parameters and T2 relaxation times of lumbar discs.

Variables		Spearman correlation coefficient	95% CI		p-value H0:Rho=0
GT	L5-S1	-0.32*	-0.49	-0.12	<0.01
	L4-L5	-0.47*	-0.61	-0.29	<0.01
	L3-L4	-0.37*	-0.53	-0.17	<0.01
	L2-L3	-0.33*	-0.50	-0.13	<0.01
	L1-L2	-0.26*	-0.44	-0.06	0.01
	Mean	-0.40*	-0.56	-0.21	<0.01
PT	L5-S1	-0.33*	-0.50	-0.13	<0.01
	L4-L5	-0.53*	-0.66	-0.36	<0.01
	L3-L4	-0.43*	-0.58	-0.25	<0.01
	L2-L3	-0.38*	-0.55	-0.19	<0.01
	L1-L2	-0.24*	-0.43	-0.04	0.02
	Mean	-0.45*	-0.60	-0.26	<0.01
PI	L5-S1	-0.29*	-0.47	-0.09	<0.01
	L4-L5	-0.29*	-0.47	-0.09	<0.01
	L3-L4	-0.34*	-0.51	-0.14	<0.01
	L2-L3	-0.26*	-0.44	-0.05	0.01
	L1-L2	-0.11	-0.31	0.10	0.31
	Mean	-0.31*	-0.49	-0.11	<0.01
SS	L5-S1	-0.09	-0.29	0.12	0.39
	L4-L5	0.08	-0.13	0.28	0.48
	L3-L4	-0.05	-0.26	0.15	0.61
	L2-L3	0.02	-0.18	0.23	0.83
	L1-L2	0.08	-0.13	0.28	0.44
	Mean	0.00	-0.21	0.20	0.96
LL	L5-S1	-0.09	-0.29	0.12	0.42
	L4-L5	0.21	0.00	0.40	0.05
	L3-L4	0.04	-0.17	0.24	0.72
	L2-L3	0.06	-0.15	0.26	0.59
	L1-L2	0.13	-0.08	0.32	0.23
	Mean	0.07	-0.14	0.27	0.51
PI-LL	L5-S1	-0.21*	-0.40	-0.01	0.04
	L4-L5	-0.49*	-0.63	-0.32	<0.01
	L3-L4	-0.38*	-0.54	-0.18	<0.01
	L2-L3	-0.33*	-0.50	-0.13	<0.01
	L1-L2	-0.27*	-0.45	-0.07	<0.01
	Mean	-0.38*	-0.54	-0.19	<0.01
TK	L5-S1	-0.11	-0.31	0.10	0.30
	L4-L5	0.14	-0.07	0.34	0.18
	L3-L4	0.09	-0.12	0.29	0.42
	L2-L3	0.12	-0.09	0.32	0.26

	L1-L2	0.08	-0.13	0.28	0.48
	Mean	0.08	-0.13	0.28	0.46
SVA	L5-S1	0.01	-0.20	0.21	0.95
	L4-L5	-0.11	-0.30	0.10	0.32
	L3-L4	0.06	-0.15	0.26	0.57
	L2-L3	0.11	-0.10	0.31	0.29
	L1-L2	-0.04	-0.24	0.17	0.73
	Mean	0.02	-0.18	0.23	0.84
TPA	L5-S1	-0.29*	-0.47	-0.09	<0.01
	L4-L5	-0.51*	-0.64	-0.33	<0.01
	L3-L4	-0.37*	-0.53	-0.17	<0.01
	L2-L3	-0.31*	-0.48	-0.10	<0.01
	L1-L2	-0.25*	-0.43	-0.04	0.02
	Mean	-0.39*	-0.55	-0.20	<0.01
LLL	L5-S1	-0.21	-0.41	0.00	0.04
	L4-L5	-0.49	-0.64	-0.31	< 0.01
	L3-L4	-0.38	-0.55	-0.18	< 0.01
	L2-L3	-0.33	-0.51	-0.13	< 0.01
	L1-L2	-0.27	-0.46	-0.07	< 0.01
	Mean	-0.38	-0.55	-0.19	< 0.01

*: statistically significant correlations ($p < 0.05$). GT: global tilt; PT: pelvic tilt; PI: pelvic incidence; SS: sacral slope; LL: lumbar lordosis; PI-LL: difference between pelvic incidence and lumbar lordosis; TK: thoracic kyphosis; SVA: sagittal vertical axis; TPA: T1 pelvic angle; LLL: lack of lumbar lordosis.

Table 4: Intraclass correlation coefficients (ICC) and 95% confidence intervals (CI) of manual disc segmentation and spinopelvic parameter measurements.

	ICC	95% CI
Segmentation of the disc (T2)	0.96	0.94-0.97
GT	0.86	0.75-0.92
PT	0.90	0.82-0.94
PI	0.87	0.76-0.93
SS	0.85	0.72-0.91
PI-LL	0.91	0.83-0.95
LL	0.94	0.89-0.96
TK	0.92	0.86-0.96
SVA	0.96	0.93-0.98
TPA	0.87	0.76-0.93
LLL	0.91	0.84-0.95

FIGURES

Figure 1:

Chart shows exclusion of patients from original population.

Figure 2:

Image obtained in a 25-year-old woman with low back pain. Graphical representation of segmentation, encompassing the nucleus pulposus and annulus fibrosus of each lumbar intervertebral disc, with overlapping relaxometry maps. The schematic colour scale represents the T2 relaxation times expressed in milliseconds (ms).