UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

RAFAEL DE MENEZES REIS

**Associação entre os parâmetros espinopélvicos e a composição dos discos intervertebrais
lombares avaliada por meio da ressonância magnética: estudo em adultos jovens
assintomáticos**

RIBEIRÃO PRETO

2018

RAFAEL DE MENEZES REIS

Associação entre os parâmetros espinopélvicos e a composição dos discos intervertebrais lombares avaliada por meio da ressonância magnética: estudo em adultos jovens assintomáticos

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

Orientador: Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira Barbosa

RIBEIRÃO PRETO

2018

Autorizo a reprodução e divulgação parcial ou total 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

Reis, Rafael de Menezes.

Associação entre os parâmetros espinopélvicos e a composição dos discos intervertebrais lombares avaliada por meio da ressonância magnética: estudo em adultos jovens assintomáticos/Rafael de Menezes Reis; Orientador: Marcello Henrique Nogueira Barbosa – Ribeirão Preto, 2018.

141 f. : il.

Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 2018.

Versão Original

1. Disco intervertebral. 2. Imagem por Ressonância Magnética. 3. Postura.
4. Coluna Vertebral. 5. Radiografia.

REIS, R.M. Associação entre os parâmetros espinopélvicos e a composição dos discos intervertebrais lombares avaliada por meio da ressonância magnética: estudo em adultos jovens assintomáticos. 2018. 141f. Tese apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese à minha **Família**,
por todo o incentivo para correr atrás dos meus objetivos e sonhos.

Ao meu orientador **Prof. Marcello Henrique**,
por todos os ensinamentos ao longo desta grande caminhada.

A todos os Amigos da **USP-Ribeirão Preto**,
que durante seis anos foram uma segunda família.

AGRADECIMENTOS

Este espaço é algo muito pequeno para expressar a enorme gratidão que tenho por todos aqueles que contribuíram para a conclusão desta tese. Apesar de na capa estar apenas meu nome como autor, em minha alma este é o trabalho de todos nós.

Gostaria de agradecer ao Prof. Marcello Henrique por todos estes anos de orientação e parceria. Enorme como profissional e gigante como ser humano, alguém em quem me espelho para seguir os caminhos da academia e da vida.

Ao Professor Carlos Garrido, por toda atenção e auxílio nos trabalhos científicos. Sem a sua ajuda nenhum destes resultados seria possível.

Um agradecimento especial aos grandes amigos Gustavo Bonugli, Vitor Faeda, Leonor Savarese, Lucas Frighetto, Debora Mazoroski, Mauricio Tamashiro e Stephanya Covas que ajudaram diretamente na realização deste trabalho. Alguns foram parceiros de longa caminhada, outros percorreram o caminho das pedras por menos tempo, mas todos tiveram uma contribuição essencial para a conclusão destes trabalhos.

Agradeço também aos amigos do Centro de Imagens do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (nossa querida “Borracharia”): Hilton, Gerson Neto, Jaqueline, Rodrigo, Everaldo, Santiago, Henrique, Guilherme, Juliana, Julio, Raniery, Yago, Mariane e à dona Elza, pelo café de cada dia. Durante seis anos posso dizer que este laboratório foi minha segunda casa e levarei as memórias dos bons e maus momentos para sempre em meu coração.

Agradeço também à turma do bandex pelos diversos momentos de reflexão sobre a vida o universo e tudo mais, tornando os momentos de desespero da pós-graduação mais leves e divertidos: Ivair, Rebeca, Ricardo, Pamela, Karine, Bruno Black e Mariana Pezão.

Aos grandes amigos que a USP Ribeirão me deu ao compartilhar nossas vidas, alegrias, tristezas e sonhos durante estes seis anos: Victor, Íris, Bernah, Batata, Lucas, Valtuir, Cayo, Sabrina, David, Natanael, Francieli, Nathalia, Marjorie, Ítalo, Carlos, Mari Enjiu, Paola, Lauro, Seu Américo e Dogson.

Ao Bar do Marcão, por sempre ter uma cerveja gelada pronta após um dia exaustivo de trabalho e pesquisa.

Aos professores e funcionários do departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, professor Marcelo Riberto, professor Fernando Herrero, Herton Tavares e à secretária Rita, por toda ajuda e ensinamentos prestados.

Agradeço à CAPES, CNPq, FINEP e FAEPA por todos auxílios financeiros para a realização desta pesquisa, bem como publicação de seus resultados.

À Universidade de São Paulo e Ribeirão Preto por estes anos de alegrias, tristezas, emoções, aventuras, sonhos e por mudar a vida de uma pessoa que há seis anos atrás não sabia direito o que faria da vida.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os voluntários que despenderam algum tempo das suas vidas corridas para colaborar com o desenvolvimento da pesquisa. Fazer ciência é um desafio por si só.

A todos vocês: **MEU MUITO OBRIGADO!**

Eu quase que nada não sei. Mas desconfio de muita coisa.

Guimarães Rosa

RESUMO

REIS, R.M. " **Associação entre os parâmetros espinopélvicos e a composição dos discos intervertebrais lombares avaliada por meio da ressonância magnética: estudo em adultos jovens assintomáticos**". 2018. 141f. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

Introdução: Os discos intervertebrais são estruturas importantes para a manutenção da saúde da coluna vertebral. Sua integridade pode ser afetada quando há desequilíbrio sagital ou alterações nos parâmetros espinopélvicos da coluna vertebral. **Propósito:** Avaliar potencial associação entre os parâmetros espinopélvicos da coluna vertebral e os componentes bioquímicos dos discos intervertebrais lombares em indivíduos adultos jovens assintomáticos utilizando técnicas quantitativas em ressonância magnética. **Métodos:** Nosso grupo de estudo foi composto por 93 voluntários assintomáticos com idade entre 20 e 40 anos (49 mulheres e 44 homens). Imagens ponderadas em T2, relaxometria T2 e relaxometria T1 ρ no plano sagital da coluna lombar foram adquiridas por meio de um aparelho de ressonância magnética de 1.5T. Os parâmetros espinopélvicos analisados incluíram inclinação sacral (IS), versão pélvica (VP), incidência pélvica (IP), lordose lombar (LL), cifose torácica (CT), alinhamento toracolombar (TL), eixo sagital vertical (SVA), ângulo espinossacral (SSA), comprimento de T1 a S1 e L1 a S1, estes mensurados em uma radiografia panorâmica da coluna. Os voluntários também foram subdivididos dentro dos quatro subtipos posturais de Roussouly para verificar a incidência de discos degenerados entre estes subgrupos. **Resultados:** A LL correlacionou com os tempos de relaxação T2 em todos níveis discais (L1L2: R=0,28; L2L3: R=0,25; L3L4: R=0,22; L4L5: R=0,24; L5S1: R=0,31). Observou-se uma correlação similar entre CT e a relaxometria T2 em L4L5 (R=0,25) e L5S1 (R=0,29) e também entre TL e o tempo de relaxação de L5S1 (R=0,21). Apenas a VP correlacionou-se com a relaxometria T1 ρ nos níveis de L3L4 (R= -0,24) e L4L5 (R= -0,26). O volume dos discos correlacionou com o comprimento de T1S1 em todos níveis (L1L2: R=0,61, L2L3: R=0,66, L3L4: R=0,64, L4L5: R=0,61, L5S1: R=0,47). O Tipo 2 de Roussouly apresentou uma frequência maior de discos degenerados em L4L5 que o Tipo 4 (P < 0,05). **Conclusão:** A baixa magnitude de alguns parâmetros espinopélvicos como LL, CT, TL e VP apresentam uma discreta associação com a redução conteúdo hídrico e de proteoglicanos dos discos lombares. Os demais parâmetros espinopélvicos não apresentaram correlação com a composição do disco em indivíduos jovens assintomáticos.

Palavras-chave: Disco intervertebral, Imagem por Ressonância Magnética, Postura, Coluna Vertebral, Radiografia

ABSTRACT

REIS, R.M. " Association between spinopelvic parameters and biochemical composition on lumbar discs evaluated by magnetic resonance: a study on asymptomatic young adults ". 2018. 125p. Ribeirão Preto Medical School - University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

Introduction: Intervertebral discs (IVD) are important structures for the spine health. Its integrity may be affected when there is sagittal imbalance or changes in spinopelvic parameters. **Purpose:** To evaluate potential associations between spinopelvic parameters and the biochemical composition of lumbar intervertebral discs using quantitative magnetic resonance imaging in asymptomatic young adults. **Methods:** Our study group comprised 93 asymptomatic volunteers aged 20-40 years (49 women and 44 men). Lumbar spine T2-weighted images, T2 relaxometry and T1 ρ relaxometry were acquired on a 1.5T MRI scanner. Spinopelvic parameters including sacral slope (SS), pelvic tilt (PT), pelvic incidence (PI), lumbar lordosis (LL), thoracic kyphosis (TK), thoracolumbar alignment (TL), sagittal vertical axis (SVA), spino-sacral angle (SSA), C2 pelvic angle (CPA), and T1S1 and L1S1 length were measured on panoramic spine radiographs. The volunteers were also subdivided into the four postural subtypes of Roussouly. **Results:** LL correlated with T2 relaxation at all IVD levels (L1L2: R=0.28; L2L3: R=0.25; L3L4: R=0.22; L4L5: R=0.24; L5S1: R=0.31). We observed a similar correlation between TK and T2 relaxometry at L4L5 (R=0.25) and L5S1 (R=0.29) and between TL and L5S1 (R=0.21). Only PT correlated with T1 ρ relaxometry at the levels of L3L4 (R = -0.24) and L4L5 (R = -0.26). IVD volume correlated with T1S1 length at all levels (L1L2: R=0.61, L2L3: R=0.66, L3L4: R=0.64, L4L5: R=0.61, L5S1: R=0.47). Roussouly Type 2 presented a higher frequency of degenerated discs in L4L5 than Type 4 (P <0.05). **Conclusion:** The low magnitude of some spinopelvic parameters such as LL, TK, TL and PT present a discrete association with the reduction of water content and proteoglycans of the lumbar discs. The other spinopelvic parameters had no correlation with the disc composition in asymptomatic young individuals.

Keywords: Intervertebral disc, Magnetic Resonance Imaging, Posture, Spine, Radiography

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Escala de Graduação de Pfirrmann para degeneração do disco intervertebral. Esta escala é graduada em uma imagem de RM ponderada em T2 de forma crescente de I a V, do menor ao maior grau de degeneração discal. Leva-se em conta o sinal e homogeneidade do NP, a distinção entre ânulo e núcleo e a altura do disco intervertebral..... 28
- Figura 2. Mapa de relaxometria T2 dos discos intervertebrais lombares sobreposto a uma imagem ponderada em T2. A escala de cores esquemática representa o tempo de relaxação T2 expresso em milissegundos (ms). A região do NP dos discos sadios (L1L2, L2L3 e L3L4) é rica em água, sendo evidenciado principalmente nas cores branco e vermelho (o que indica alto tempo de relaxação), enquanto que o AF apresenta lamelas de colágeno Tipo 1 mais internas (nas cores verde e azul claro) e colágeno tipo 2 mais externos (nas cores azul escuro e roxo). Nos discos cujo nível de degeneração é maior (L4L5 e L5S1) é possível ver a redução da quantidade de água e proliferação do tecido colágeno para a região do NP. 30
- Figura 3. Mapa de relaxometria T1 ρ dos discos intervertebrais lombares sobreposto à uma imagem ponderada em T1 ρ . A escala de cores esquemática representa o tempo de relaxação T1 ρ expresso em milissegundos (ms). A Figura 3 exemplifica os aspectos do conteúdo de proteoglicanos dos discos em seus componentes segundo o mapeamento T1 ρ . Os discos sadios (L1L2, L2L3 e L3L4) possuem um conteúdo rico em proteoglicanos (representado pela cor vermelha e branca) o que eleva o valor do tempo de relaxação. As lamelas do AF possuem pontes de ligação entre os proteoglicanos e o colágeno Tipo1 que ajudam a manter o NP íntegro (evidenciado pela cor amarela), enquanto que as lamelas anulares mais externas vão diminuindo gradativamente o conteúdo de proteoglicanos conforme aumenta a quantidade de colágeno Tipo 2 (cores azul e roxo). Em discos degenerados (L4L5 e L5S1) pode-se observar uma redução substancial do conteúdo de proteoglicanos no NP a medida que o conteúdo hídrico é substituído por colágeno. 32
- Figura 4: Representação esquemática do ângulo de incidência pélvica. Este ângulo define a relação posicional entre o sacro e as cabeças femorais 35

Figura 5: Representação esquemática do ângulo de versão pélvica (ou inclinação pélvica).	36
Figura 6: Representação esquemática do ângulo de inclinação sacral.	37
Figura 7: Representação esquemática do ângulo de lordose lombar.	38
Figura 8: Representação esquemática do ângulo de cifose torácica.	39
Figura 9: Representação esquemática do ângulo de alinhamento toracolumbar.	40
Figura 10: Classificação dos subtipos posturais de Roussouly em radiografias panorâmicas no plano sagital de indivíduos adultos assintomáticos. Baixa inclinação sacral (<35°): A) Tipo 1; B) Tipo 2. Alta inclinação sacral (>35°): C) Tipo 3; D) Tipo 4.	41
Figura 11: Representação esquemática do eixo sagital vertical. É a distância da porção postero-superior do sacro até uma linha perpendicular que passa pelo centro do corpo de C7.	43
Figura 12: Representação gráfica do ângulo espinossacral. Formado por uma linha adjacente ao platô sacral e uma linha que passa pelo centro do corpo vertebral de C7 até o sacro.	44
Figura 13: Fluxograma do recrutamento dos voluntários adultos jovens assintomáticos. A amostra contou com 93 voluntários para correlacionar os parâmetros espinopélvicos versus mapeamento T2, e destes, 70 voluntários para correlacionar com o mapeamento T1p.	51
Figura 14: Posicionamento para aquisição da radiografia panorâmica no plano sagital de um voluntário masculino (30 anos). À direita está a radiografia digital do mesmo voluntário após a revelação e tratamento digital.	52
Figura 15: Parâmetros espinopélvicos mensurados em radiografias panorâmicas de uma voluntária. Da esquerda para a direita, observa-se T1-S1: comprimento do segmento toracolumbar, L1-S1: comprimento do segmento lombar, SSA: ângulo espinossacral, SVA: eixo sagital vertical. Na linha superior, IS: inclinação sacral, IP: incidência pélvica, VP: versão pélvica. Na linha inferior, CT: cifose torácica, TL: alinhamento toracolumbar, LL: lordose lombar.	54
Figura 16: Posicionamento do voluntário no aparelho para aquisição da imagem em ressonância magnética.	55
Figura 17: A) Imagem ponderada em T2 no plano sagital de um voluntário. B) Mapa T2 gerado a partir de sequências utilizando 8 tempos de ecos distintos.	57

Figura 18: A) Imagem ponderada em T1 ρ no plano sagital de um voluntário. B) Mapa T1 ρ gerado a partir de sequências utilizando 5 tempos spin-lock distintos.	57
Figura 19: A) Imagem ponderada em T2 sagital da coluna lombar representando o método de segmentação manual cuja região de interesse inclui o núcleo pulposo e ânulo fibroso nos cinco discos lombares. B) Representação axial mostrando os cortes utilizados para segmentação do disco.....	58
Figura 20: A) Relação entre T2 (I) e T1 ρ (II) com a idade. B) Relação entre T2 (I) e T1 ρ (II) com o volume dos discos. C) Relação entre T2 (I) e T1 ρ (I) com o IMC.	62
Figura 21: Gráficos de dispersão exibindo o comportamento dos tempos de relaxação T2 dos cinco discos lombares de acordo com o grau dos parâmetros espinopélvicos: lordose lombar (superior), cifose torácica (meio), alinhamento toracolumbar (inferior).	67
Figura 22: Gráfico de dispersão exibindo o comportamento do tempo de relaxação T1 ρ dos cinco discos lombares de acordo com o grau da versão pélvica (superior). Gráfico de dispersão exibindo o comportamento do volume dos cinco discos lombares de acordo com o comprimento da coluna toracolumbar (inferior).....	68
Figura 23: Gráficos em barras apresentando a distribuição dos discos degenerados e não degenerados distribuídos entre os quatro subtipos posturais de Roussouly. A distribuição foi feita levando em consideração o segmento discal (L1L2 a L5S1).....	72
Figura 24: Gráficos em barra apresentando os valores descritos em média e desvio padrão dos principais parâmetros espinopélvicos apresentados neste trabalho em comparação à valores previamente descritos na literatura. Sohn et al. (2017): n = 128; Yokoyama et al. (2017): n = 220; Yang et al. (2016): n = 119.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros das aquisições de imagens em RM	56
Tabela 2. Valores dos tempos de relaxação T2 e T1 ρ e volume dos discos lombares de adultos jovens assintomáticos expressos em média e desvio padrão (DP).	61
Tabela 3. Correlação entre os tempos de relaxação do disco com idade, volume do disco, IMC (expressos em R e intervalo de confiança de 95%)	63
Tabela 4. Correlação entre a idade com os tempos de relaxação do disco e volume do disco (expressos em R e intervalo de confiança de 95%)	63
Tabela 5. Valores dos parâmetros espinopélvicos angulares e lineares de adultos jovens assintomáticos expressos em média, desvio padrão (DP) e faixa do mínimo ao máximo	64
Tabela 6. Correlação (R) entre os parâmetros espinopélvicos e os tempos de relaxação T2 dos discos lombares	64
Tabela 7. Correlação (R) entre os parâmetros espinopélvicos e os tempos de relaxação T1 ρ dos discos lombares.	65
Tabela 8. Correlação (R) entre os parâmetros espinopélvicos e os volumes dos discos lombares.	66
Tabela 9. Valores da composição do disco (tempo de relaxação T2, T1 ρ e volume) distribuídos de acordo com os subtipos de Roussouly e os níveis discais expressos em média e desvio padrão (DP)	69
Tabela 10. Coeficientes de correlação intraclasse (ICC) e intervalos de confiança de 95% (IC) extraídos da segmentação manual dos discos e medições de parâmetros espinopélvicos.....	70
Tabela 11. Distribuição de discos degenerados (D) e não degenerados (ND) de acordo com os quatro subtipos posturais de Roussoly	71
Tabela 12. Resultados dos testes qui-quadrado para verificar a diferença entre os tipos posturais de Roussouly de acordo com a proporção de discos degenerados e não degenerados.	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADAMT	Desintegrina e metaloproteinase com domínios trombospondina (<i>A Disintegrin and Metalloproteinase with Thrombospondin motifs</i>)
AF	Ânulo fibroso
CT	Cifose torácica
EVA	Escala visual analógica de dor
FMRP	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
FOV	Campo de visão (<i>Field of View</i>)
GAG	Glicosaminoglicana
HCRP	Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto
Hz	Hertz
ICC	Correlação intraclasse (<i>Intraclass correlation</i>)
IGF-1	Fator de Crescimento 1
IL-1	Interleucina 1
IMC	Índice de massa corpórea
IP	Incidência pélvica
IPAQ	Questionário Internacional de Atividade Física (<i>International Physical Activity Questionnaire</i>)
IS	Inclinação sacral
L1S1	Comprimento L1S1
LL	Lordose lombar
MEC	Matriz extracelular
MPA	Mega Pascal
NP	Núcleo pulposo
ODI	Índice de Incapacidade de Oswestry (<i>Oswestry Dysfunction Index</i>)
RM	Ressonância Magnética
SSA	Ângulo espinossacral (<i>spinosacral angle</i>)
SVA	Eixo sagital vertical (<i>sagittal vertical axis</i>)
T1S1	Comprimento T1S1

T1 ρ	T1rho
TE	Tempo de eco
TL	Alinhamento toracolumbar
TNF- α	Fator de necrose tumoral alfa
TR	Tempo de repetição
USP	Universidade de São Paulo
VP	Versão pélvica

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	16
SUMÁRIO.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1. O disco intervertebral: função e composição	24
2.2. Técnicas de avaliação do disco intervertebral por imagens em ressonância magnética.....	28
2.2.1. Mapeamento por relaxometria T2.....	29
2.2.2. Mapeamento por relaxometria T1ρ.....	31
2.3. Parâmetros espinopélvicos	33
2.3.1. Parâmetros pélvicos	33
2.3.2. Parâmetros espinhais.....	37
2.3.3. Efeito dos parâmetros pélvicos sobre a lordose lombar.....	40
2.3.4. Alinhamento sagital global da coluna vertebral.....	42
2.4. Alinhamento da coluna e estresse biomecânico local.....	44
3. JUSTIFICATIVA	47
4. OBJETIVOS	48
4.1. Objetivo Geral:	48
4.2. Objetivos Específicos:	48
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	50
5.1. Amostra	50

5.2. Avaliação dos Parâmetros Espinopélvicos.....	52
5.3. Avaliação Quantitativa da Composição dos Discos Lombares.....	55
5.4. Avaliação semiquantitativa da degeneração discal	58
5.5. Análise Estatística	59
6. RESULTADOS	61
6.1. Análise da composição dos discos lombares.....	61
6.2. Relação dos parâmetros espinopélvicos com a composição dos discos intervertebrais.....	63
6.3. Análise da confiabilidade das mensurações	70
6.4. Análise qualitativa da degeneração do disco.....	71
7. DISCUSSÃO.....	75
8. CONCLUSÃO.....	87
9. REFERÊNCIAS	89
ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	98
ANEXO B – Índice de Incapacidade de Oswestry.....	99
ANEXO C – Escala visual analógica de dor	102
ANEXO D – Questionário Internacional de Atividade Física	103
ANEXO E – Artigo publicado na revista Spine (PhiLa Pa 1976).....	104
ANEXO F – Artigo publicado na revista Quantitative Imaging in Medicine and Surgery....	105
ANEXO G – Scripts de programação para extração dos dados quantitativos.....	106
ANEXO H - Dados brutos da amostra	131

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A aquisição da postura ereta tornou possível a capacidade de estender simultaneamente o tronco, quadris e joelhos durante a locomoção bípede. Isso representou a transformação definitiva da família *Hominidae*, o que induziu lentamente a outros processos evolutivos como o desenvolvimento das mãos e do cérebro, consequentemente dando origem à diversos aspectos evolutivos sociais e culturais (LEHUEC et al., SKOYLES, 2006). Assim, a coluna vertebral está sujeita à todas condições associadas à esta situação. A relação entre a pelve e a coluna é um resultado direto deste bipedalismo. Assumir uma postura vertical resultou na ampliação e verticalização da pelve, levando ao surgimento das curvaturas sagitais da coluna características do ser humano (lordose cervical, cifose torácica e lordose lombar), bem como mudanças profundas nos tecidos que estabilizam a coluna (LEHUEC et al., 2011).

Com relação à porção lombar da coluna vertebral, estima-se que 80% da população irá experimentar um episódio de dor lombar em algum momento de sua vida (RUBIN et al., 2007; FREBURGER et al., 2009) e há uma prevalência pontual de 11,9% na população mundial (HOY et al., 2012). Seus primeiros episódios ocorrem geralmente entre 20 e 40 anos de idade (CASAZZA, 2012). Nos Estados Unidos, a dor lombar é a segunda maior causa de disfunção e afastamento do trabalho (FREBURGER et al., 2009). Segundo Nascimento e Costa (2015), mais de 50% da população brasileira adulta teve algum episódio de dor lombar dentro do período de um ano e 4,2% a 14,7% da população brasileira apresenta dor lombar crônica.

Esta disfunção pode estar fortemente associada à degeneração do disco intervertebral que, apesar de sua natureza assintomática decorrente do envelhecimento, pode evoluir para dor lombar e é uma característica comum em pacientes com lombociatalgia e hérnia discal (HANAIE et al., 2015). A degeneração discal inicia na adolescência em 20% dos casos, entre 11 e 16 anos, progredindo ao longo da vida e podendo se tornar sintomática durante a meia idade (URBAN; ROBERTS, 2003). Apesar da sua prevalência considerável, não existe uma distinção clara entre a degeneração do disco e a sua senescência normal, nem está claro por que a degeneração do disco progride lentamente em alguns casos, enquanto que em outros, o processo degenerativo pode ser mais acelerado (ANTONIOU et al., 1996).

Por tais motivos, muitos autores têm buscado encontrar fatores de risco que possam estar associados ao estado do disco intervertebral. O alinhamento sagital da coluna vertebral tem sido considerado um elemento importante para surgimento de diferentes processos

degenerativos da coluna lombar (BARREY et al., 2011; RAJNICS et al., 2002). Entretanto, não está clara a relação de causa e efeito entre o alinhamento espinopélvico e a degeneração discal precoce.

A motivação inicial para este estudo foi a seguinte questão: diferentes alinhamentos posturais seriam um fator de risco para a degeneração do disco intervertebral ou este alinhamento espinopélvico é influenciado posteriormente por alterações degenerativas da coluna vertebral? A maneira adequada de responder a esta pergunta seria um estudo prospectivo e longitudinal. Como este desenho de estudo ideal levaria muito tempo, decidimos estudar pessoas jovens e assintomáticas para verificar se o alinhamento espinopélvico apresentaria tendência de predispor alterações precoces na composição bioquímica do disco intervertebral em segmentos específicos que não seriam detectáveis por métodos de diagnóstico por imagem convencionais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O disco intervertebral: função e composição

Os discos intervertebrais são estruturas fibrocartilaginosas fundamentais para a estrutura da coluna vertebral. Eles estão localizados nos espaços intervertebrais e conectam duas vértebras adjacentes (superior e inferior). As principais funções de um disco são transmitir e absorver cargas mecânicas na coluna vertebral e manter um segmento móvel que permita a flexão, extensão e rotação da coluna (RISBUD; SHAPIRO, 2014; SAKAI; ANDERSSON, 2015; WANG et al., 2016). Para exercer estas funções é necessário combinar as propriedades de rigidez e flexibilidade, o que é possível graças às características anatômicas e funcionais do disco (PATTAPPA et al., 2012).

O disco apresenta em sua composição: um núcleo pulposo (NP) gelatinoso e deformável circundado por anéis fibrosos concêntricos do ânulo fibroso (AF). Estas estruturas são conectadas aos corpos vertebrais adjacentes por uma fina camada cartilaginosa denominada placa terminal ou cartilagem terminal (NEWELL et al., 2017).

A alta pressão osmótica no interior do NP é contida firmemente pelos anéis do AF, permitindo ao disco intervertebral absorver forças compressivas (SAKAI; ANDERSON, 2015). A integridade destas propriedades mecânicas é importante uma vez que os discos lombares são frequentemente rompidos, o que pode causar alterações degenerativas (FERGUSON, 2003) e dor lombar crônica (CHEUNG et al., 2009).

O NP é uma estrutura gelatinosa, com alto conteúdo hídrico e rico em proteoglicanos, que corresponde a 40-50% do volume e 25-50% da área seccional transversa de um disco adulto (NEWELL et al., 2017). A matriz extracelular (MEC) do NP consiste em moléculas de colágeno e proteoglicanos, sendo o agrecano a molécula mais abundante. Os proteoglicanos correspondem de 35 à 65% do conteúdo do NP e consistem em uma proteína ligada covalentemente a cadeias de glicosaminoglicanos (GAG). Esta cadeia GAG apresenta em sua extremidade o sulfato de condroitina, que é responsável por gerar uma carga negativa que atrai e retém moléculas de água pela pressão osmótica gerada (VEGROESEN et al., 2015; IATRIDIS et al., 2011; COLOMBINI et al., 2008). Os proteoglicanos estão ligados à uma rede de colágeno tipo II organizada em fibrilas, correspondendo a 5-20% do peso nucleico, e através de uma estrutura de organização tridimensional mantém íntegra a MEC. O material restante do NP é composto por proteínas não colagenosas e elastina (NEWELL et al. 2017). Os proteoglicanos são responsáveis por manter a hidratação dos tecidos e da matriz

extracelular do NP através da pressão osmótica quando cargas axiais são aplicadas sobre o disco (ROUGHLEY, 2004; TAYLOR et al., 1992).

O conteúdo hídrico do NP apresenta variações durante o ciclo circadiano, sendo influenciado por posturas estáticas e dinâmicas bem como por cargas axiais (LUDESCHER et al., 2008). É o fator mais influente na função mecânica do disco intervertebral, quanto maior for sua quantidade, maior será a capacidade de absorção de impacto (PAAJANEN et al., 1994). O conteúdo de água do núcleo diminui com a idade, decaindo cerca de 70-90% na faixa de 1-80 anos, refletindo uma diminuição similar dos proteoglicanos (ANTONIOU et al., 1996).

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, aumentando gradualmente de fora para dentro. Aproximadamente 48% das lamelas são circunferencialmente incompletas, sendo que esta porcentagem aumenta com a idade. Cada lamela consiste de feixes de colágeno tipo I fortes e grossos, com uma orientação angulada entre 25-45° em relação ao plano transversal. O ângulo de inclinação aumenta conforme vai se aproximando do centro (NEWELL et al., 2017). Na porção exterior do anulo, 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). À 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 compostas por uma fina camada de cartilagem hialina que revestem inferiormente e superiormente os ossos subcondrais dos corpos vertebrais adjacentes. Possuem aproximadamente 0,6mm 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).

O envelhecimento e processos degenerativos mecânicos são responsáveis por alterar a composição bioquímica do disco e por consequência sua função. Nos discos saudáveis, a carga negativa dos proteoglicanos gera um potencial osmótico que é convertido em uma pressão hidrostática que atrai as moléculas de água (VERGROESEN et al., 2015). A diminuição ou aumento do conteúdo de água depende do fluxo de fluido quando o disco está sob compressão

ou descompressão (VERGROESEN et al., 2014). No processo degenerativo discal há um crescente aumento da expressão de citocinas inflamatórias como IL-1 e TNF- α no NP (VO et al., 2013). Estas citocinas regulam o remodelamento da matriz extracelular por meio de enzimas metaloproteinases da matriz e desintegrinas que causam uma reação catabólica local e degradam a composição da MEC, primeiramente afetando os proteoglicanos (VO et al., 2013; RICHARDSON et al., 2009). Assim, há uma progressiva redução da expressão de proteoglicanos e colágeno tipo II, simultaneamente a um aumento do colágeno tipo I (ANTONIOU et al., 1996).

A fragmentação dos proteoglicanos reduz a carga negativa gerada e por consequência diminui a pressão intradiscal e a capacidade de reter água sob forças compressivas (SATO et al., 1999), o que pode refletir na redução de altura do disco intervertebral (VERGROESEN et al., 2015; VERGROESEN et al., 2014). A redução da pressão intradiscal também conduz a um aumento da tensão de cisalhamento entre NP e AF durante a compressão axial da coluna. Assim, gradualmente o AF perde sua capacidade de resistência a tensões, tornando seus segmentos móveis durante movimentos de flexão, cisalhamento e torção (VERGROESEN et al., 2014). Estas mudanças resultantes deste comportamento podem aumentar ainda mais o estresse de cisalhamento no núcleo e a remodelação da MEC (VERGROESEN et al., 2015).

A homeostase do NP depende da integridade do ânulo e da placa terminal. Caso ocorram danos nestas estruturas, o NP sofre descompressão e é exposto à células inflamatórias externas ao disco (ADAMS et al., 2000). Inversamente, se o NP sofre degeneração primeiro, a perda da pressão intradiscal e o extravazamento de líquido reduz a resistência à tensão do AF podendo causar fissuras lamelares (VERGROESEN et al., 2015). Na placa terminal, a diminuição da capacidade do disco de distribuir forças pode causar esclerose na cartilagem, fraturas e nódulos de Schmorl (ADAMS et al., 2000). Em estágios tardios da degeneração discal, as citocinas inflamatórias liberadas podem aumentar a resposta neurovascular local e causar dor (RICHARDSON et al., 2009).

O envelhecimento é um dos maiores fatores de riscos para o surgimento de processos degenerativos do disco (ROUGHLEY et al., 2004). O aumento da idade diminui sinais anabólicos como TGF- β e IGF-1, o que induz a acelerar o processo de senescência discal (MASUDA et al., 2004). Outro responsável pelas alterações bioquímicas no interior do disco é a sua natureza avascular. A placa terminal sofre um processo de ossificação que prejudica a capacidade de difusão entre a cartilagem e o disco, isto gera uma deficiência nutricional e privação de oxigênio (RAJASEKARAN et al., 2004). O processo de senescência celular reduz

o número de células discais e da MEC, além de alterar a expressão de citocinas catabólicas e enzimas degradantes (WANG et al., 2016).

Além do envelhecimento, o estresse biomecânico também tem um papel importante nas alterações da composição bioquímica do disco. Os discos conseguem suportar compressões dinâmicas até 1MPa e 0,2Hz (sendo estas cargas ainda consideradas fisiológicas), preservando seu metabolismo celular (MACLEAN et al., 2004). Compressões de alta magnitude, frequências inapropriadas ou sustentadas por longos períodos são geralmente consideradas patológicas e podem induzir lesões mecânicas e até rupturas estruturais. Estas compressões induzem a expressão de citocinas pró-inflamatórias e enzimas catabólicas que potencialmente irão promover a degradação da MEC (WANG et al., 2016). Este ciclo iniciado por compressões não fisiológicas pode causar um desequilíbrio no catabolismo e anabolismo discal, tornando os componentes da matriz do NP fracos para suportar compressões axiais, enquanto que a infiltração da matriz no AF compromete sua capacidade para resistir à forças de tensão (MACLEAN et al., 2004; NIOSI; OXLAND, 2004). Consequentemente, um disco em processo degenerativo falha em sua função de estabilização biomecânica se tornando mais suscetível à lesões mecânicas.

Em indivíduos assintomáticos, a prevalência de degeneração discal varia de 30 a 95% dependendo da idade dos participantes do estudo (BRINJIKJI et al., 2015). Uma meta análise recente mostrou que a degeneração discal na coluna lombar está presente em mais de 30% de indivíduos assintomáticos e em mais de 50% de sintomáticos com idade acima dos 50 anos (BRINJIKJI et al., 2015). Casos de degeneração discal em jovens entre 18 e 21 anos podem estar associados à dor, mas geralmente são completamente assintomáticos (TAKATALO, et al. 2011). Atualmente a maior causa de disfunção é a dor lombar que afeta 632 milhões de pessoas no mundo (VOS et al., 2012). Na maioria dos casos de dor lombar aguda, não se define a causa da dor (ZHANG et al., 2009). Na dor lombar crônica é estimado que 39% dos casos podem ser atribuídos ao disco intervertebral (ZHANG et al., 2009). Esta é uma afirmativa controversa pois não é sempre que os discos degenerados ou herniados são causadores de dor (SIMON et al., 2014). Porém, devida à alta prevalência de degeneração discal na população em geral, possíveis fatores de risco para degeneração na coluna lombar devem ser examinados.

2.2. Técnicas de avaliação do disco intervertebral por imagens em ressonância magnética

Atualmente, a Ressonância Magnética (RM) pode ser considerada o método não invasivo mais sensível na avaliação por imagem do disco intervertebral, além de permitir a visualização das estruturas dos tecidos do sistema nervoso e do sistema musculoesquelético adjacentes à coluna vertebral (KERTTULA et al., 2001). A redução de água no disco (comumente denominada de disco preto ou “*black disc*”), presença de zonas de alta intensidade do ânulo fibroso e alterações subcondrais junto da placa terminal vertebral são achados comumente encontrados nos discos degenerados em imagens da RM (THALGOTT et al., 2004).

Existem sistemas de graduação semiquantitativa para a degeneração discal utilizando-se imagens ponderadas em T2 no plano sagital, primariamente para aplicações em pesquisa (LOTZ et al., 2012). O mais utilizado é a Escala de Graduação de Pfirrmann (Figura 1), que classifica a degeneração de acordo com níveis de intensidade do sinal da imagem e a morfologia. 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 ligeiro princípio de alterações no núcleo. O grau III há redução de sinal do NP e perda progressiva da distinção entre núcleo e ânulo. No grau IV existe ausência do sinal e não há mais distinção entre NP e AF com início de perda da altura discal. Finalmente, o grau V representa o disco colapsado onde há perda significativa ou quase total do disco (PFIRRMANN et al., 2001).

Figura 1 - Escala de Graduação de Pfirrmann

Figura 1: Escala de Graduação de Pfirrmann para degeneração do disco intervertebral. Esta escala é graduada em uma imagem de RM ponderada em T2 de forma crescente de I a V, do menor ao maior grau de degeneração discal. Leva-se em conta o sinal e homogeneidade do NP, a distinção entre ânulo e núcleo e a altura do disco intervertebral.

Fonte: LAPIR-HCRP (2017)

Entretanto, processos degenerativos em estágios muito iniciais são de difícil detecção por métodos convencionais de RM, não sendo possível identificar ao nível molecular quais estruturas do disco foram acometidas (ANTONIOU et al., 2006). Desta forma, para compreender melhor as alterações da composição bioquímica do disco, foram introduzidos métodos de aquisição e processamento de imagem mais específicos e capazes de quantificar estas alterações disciais (NIU et al., 2011). Dentre as técnicas quantitativas utilizadas estão: mapeamento por relaxometria T1, mapeamento por relaxometria T2, mapeamento por relaxometria T1rho (T1ρ), mapeamento por difusão, espectroscopia e transferência de magnetização (NIU et al., 2011; ANTONIOU et al., 2006). Atualmente as técnicas de mapeamento T2 e mapeamento T1ρ tem sido as mais utilizadas e com melhores resultados em pesquisa (LOTZ et al., 2012).

2.2.1. Mapeamento por relaxometria T2

O tempo de relaxação T2 obtido por meio do mapeamento T2 é uma propriedade intrínseca do tecido e reflete o ambiente molecular dos núcleos de hidrogênio e desta forma está associado ao conteúdo de água, proteínas, colágeno e outros solutos (PAAJANEN et al., 1994). Estudos experimentais mostraram que o tempo de relaxação T2 está fortemente relacionado ao conteúdo de água do disco intervertebral, sendo que quanto maior seu valor, maior é a concentração hídrica dos discos lombares. A perda de água no NP (decorrente do envelhecimento ou processo patológico) reduz o tempo de relaxação (LOTZ et al., 2012; ANTONIOU et al., 1998). Essa relação direta acontece em menor grau com o conteúdo de proteoglicanos. Inversamente, o aumento do conteúdo de colágeno no disco contribui para reduzir o tempo de relaxação T2 (MARINELLI et al., 2009).

Em indivíduos assintomáticos, os valores de tempo de relaxação encontrados na literatura variam de 39 a 139 ms, com valores médios de $90,26 \pm 16,5$ ms (MARINELLI et al., 2010; NIU et al., 2011; NOEBAUER-HUHMANN et al., 2012). A Figura 2 exemplifica os aspectos do conteúdo hídrico dos discos em seus componentes segundo o mapeamento T2.

Figura 2 - Mapeamento T2 do disco intervertebral

Figura 2. Mapa de relaxometria T2 dos discos intervertebrais lombares sobreposto a uma imagem ponderada em T2. A escala de cores esquemática representa o tempo de relaxação T2 expresso em milissegundos (ms). A região do NP dos discos saudáveis (L1L2, L2L3 e L3L4) é rica em água, sendo evidenciado principalmente nas cores branco e vermelho (o que indica alto tempo de relaxação), enquanto que o AF apresenta lamelas de colágeno Tipo 1 mais internas (nas cores verde e azul claro) e colágeno tipo 2 mais externos (nas cores azul escuro e roxo). Nos discos cujo nível de degeneração é maior (L4L5 e L5S1) é possível ver a redução da quantidade de água e proliferação do tecido colágeno para a região do NP.

Fonte: LAPIR-HCRP (2017)

2.2.2. Mapeamento por relaxometria T1ρ

O tempo de relaxação T1ρ é uma constante de tempo que caracteriza o retorno da magnetização de um tecido a uma condição de equilíbrio na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo aparelho de RM. O mapeamento T1ρ tem sido descrito como uma técnica quantitativa sensível à macromoléculas e conteúdo de água, sendo explorada principalmente para estudo de alterações iniciais da composição de tecidos fibrocartilagenosos (LOTZ et al., 2012). Na avaliação do disco intervertebral mostrou-se particularmente sensível à detecção de GAG, em especial os proteoglicanos (ZUO et al., 2012). Apesar de parecerem semelhantes, o mapeamento T1ρ tem sido sugerido como uma técnica que apresenta maior sensibilidade à detecção de proteoglicanos que o mapeamento T2.

Assim sendo, um maior conteúdo de proteoglicanos indica um maior tempo de relaxação T1ρ e vice-versa. Alterações degenerativas e envelhecimento contribuem para a redução do tempo de relaxação T1ρ. Os valores de do tempo de relaxação T1ρ para o disco inteiro variaram entre 62 e 95 ms (BORTHAKUR et al., 2011).

Figura 3 - Mapeamento T1ρ do disco intervertebral

Figura 3. Mapa de relaxometria T1ρ dos discos intervertebrais lombares sobreposto à uma imagem ponderada em T1ρ. A escala de cores esquemática representa o tempo de relaxação T1ρ expresso em milissegundos (ms). A Figura 3 exemplifica os aspectos do conteúdo de proteoglicanos dos discos em seus componentes segundo o mapeamento T1ρ. Os discos saudáveis (L1L2, L2L3 e L3L4) possuem um conteúdo rico em proteoglicanos (representado pela cor vermelha e branca) o que eleva o valor do tempo de relaxação. As lamelas do AF possuem pontes de ligação entre os proteoglicanos e o colágeno Tipo1 que ajudam a manter o NP íntegro (evidenciado pela cor amarela), enquanto que as lamelas anulares mais externas vão diminuindo gradativamente o conteúdo de proteoglicanos conforme aumenta a quantidade de colágeno Tipo 2 (cores azul e roxo). Em discos degenerados (L4L5 e L5S1) pode-se observar uma redução substancial do conteúdo de proteoglicanos no NP a medida que o conteúdo hídrico é substituído por colágeno.

Fonte: LAPIR-HCRP (2017)

2.3. Parâmetros espinopélvicos

O alinhamento espinopélvico, ou alinhamento sagital, ou equilíbrio sagital da coluna vertebral é um conjunto de parâmetros morfológicos das unidades musculoesqueléticas que compõem a coluna vertebral e a pelve (DIEBO et al., 2015). A organização da coluna em curvaturas sucessivas no plano sagital (formato da letra S) é crucial para manter a postura ereta estática e dinâmica com um gasto mínimo de energia. De acordo com a segmentação anatômica podemos dividir a coluna vertebral em três porções, cada uma com suas respectivas curvaturas: cifose sacral (formada pelas vértebras sacrais fundidas), lordose lombar (curvatura de concavidade posterior formada pelas vértebras de L1 a L5), cifose torácica (curvatura de concavidade anterior de T1 a T12) e lordose cervical (C1 a C7) (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011).

Além das curvaturas vertebrais, a pelve possui uma importante contribuição para a verticalidade da postura humana. A pelve tenta encadear a lordose lombar com extensão do quadril na posição ereta com um gasto energético mínimo. No entanto, algumas pelves podem realizar esta tarefa melhor do que outras. Pesquisas demonstraram que a forma da pelve e sua relação com a inclinação do sacro influenciam drasticamente o tipo de lordose lombar em um indivíduo (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011; STAGNARA et al., 1982). Este efeito é particularmente importante pois a curvatura lombar mantém o centro de gravidade sobre a região entre os pés, maximizando a eficiência de energia e minimizando os efeitos da gravidade sobre as articulações, músculos e ligamentos (DIEBO et al., 2015).

Através desta relação entre a pelve e as curvaturas da coluna, cada tipo de geometria espinopélvica, com as respectivas unidades espinhais funcionais, suportará tensões mecânicas, de acordo com a forma da lordose e com o equilíbrio global da coluna. Uma melhor compreensão do estresse local em uma unidade vertebral permite a compreensão das relações entre a geometria dos discos e das vértebras, a combinação das forças da gravidade e dos músculos e as consequências patológicas resultantes (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011b).

2.3.1. Parâmetros pélvicos

A pelve tem sido considerada a pedra fundamental do alinhamento sagital da coluna. Ginette Duval-Beaupere identificou três parâmetros pélvicos inter-relacionados: a incidência

pélvica (IP), a versão/inclinação pélvica (VP) e a inclinação sacral (IS). Estes três parâmetros se complementam segundo a equação:

$$IP = VP + SS$$

Por conta da mobilidade limitada da articulação sacroilíaca, a incidência pélvica (IP) é um parâmetro anatômico fixo definido como o ângulo formado pela interseção de uma linha que vai do centro das cabeças femorais até a porção média da cartilagem sacral e uma linha perpendicular que corta o ponto médio da cartilagem sacral (Figura 4) (DIEBO et al., 2015). Portanto, a IP é um ângulo que descreve a relação entre o sacro e as cabeças femorais do quadril, sendo considerado um parâmetro morfológico constante de cada indivíduo, não variando em situações de movimento (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011b).

Figura 4 - Incidência Pélvica (IP)

Figura 4: Representação esquemática do ângulo de incidência pélvica. Este ângulo define a relação posicional entre o sacro e as cabeças femorais

Fonte: Acervo pessoal (2017)

A magnitude da incidência pélvica está relacionada a informações substanciais para possibilidades de compensações pélvicas, como a capacidade da pessoa de realizar o movimento de retroversão. Em indivíduos assintomáticos, a IP varia de 35° a 85° com média de 51,9° (ROUSSOULY et al., 2005). Indivíduos com baixo IP apresentam um anel pélvico com diâmetro anteroposterior (AP) menor e mais verticalizado, com o sacro pouco inclinado e menor capacidade de rodar a pelve. Inversamente, pelves com valor de IP alto apresentam um maior diâmetro AP, sendo mais largas e horizontalizadas, com alta inclinação sacral e maior possibilidade de realizar retroversão (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011).

A inclinação ou versão pélvica (VP) é o ângulo formado entre uma linha vertical, perpendicular ao solo e uma linha que liga o centro das cabeças femorais até a porção central da cartilagem sacral (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011b).

Figura 5 - Versão Pélvica (VP)

Figura 5: Representação esquemática do ângulo de versão pélvica (ou inclinação pélvica).

Fonte: Acervo pessoal (2017)

A pelve é capaz de rodar sobre as cabeças femorais seguindo o eixo bicoxofemoral. Quando a pelve rotaciona para trás (retroversão), a versão pélvica aumenta, enquanto que quando a pelve roda para frente (anteversão), a VP diminui. Ao contrário da incidência pélvica, a versão pélvica é um parâmetro posicional que varia de acordo com os movimentos espinopélvicos (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011b).

A inclinação sacral (IS) é o ângulo entre uma linha horizontal paralela ao solo que intercepta uma linha adjacente à cartilagem sacral na região do promontório sacral (Figura 6). A inclinação sacral é que define o grau da curvatura lombar: o sacro verticalizado (baixa IS) tende a estar associado à uma baixa lordose lombar e vice-versa. Entretanto, assim como a VP, a inclinação sacral é um parâmetro dependente da posição, podendo ser alterado de acordo com o grau de retroversão pélvica (DUVAL-BEAUPERE et al., 1992).

Figura 6 - Inclinação Sacral (IS)

Figura 6: Representação esquemática do ângulo de inclinação sacral.

Fonte: Acervo pessoal (2017)

A capacidade de rotação da pelve sobre a cabeça femoral é um dos melhores mecanismos para regulação do alinhamento espinopélvico da coluna (ROUSSOULY e PINHEIRO-FRANCO, 2011b). Mac-Thiong et al. (2010) sugerem que o limite não patológico ideal para VP seria idealmente menor que 50% da IP. Por outro lado, valores ideais de IS deveriam exceder 50% da IP e nunca serem negativos, chegando ao mínimo de 0° (que seria a total horizontalização da cartilagem sacral e consequente verticalização do sacro).

2.3.2. Parâmetros espinhais

Os limites das curvas torácica e lombar usualmente são baseados na segmentação anatômica com uma transição entre cifose torácica e lordose lombar ao nível de T12-L1. Para delimitar o limite distal da lordose lombar frequentemente tem-se utilizado o platô inferior da vértebra L5. Porém, alguns autores têm estendido este limite para o platô de S1, cuja linha corresponde à inclinação sacral, parâmetro pélvico que influencia fortemente o ângulo da lordose lombar (ROUSSOULY et al., 2003; LEGAYE et al., 1998).

A lordose lombar (LL) é dividida em dois arcos (superior e inferior) e um ápex que divide estes dois arcos. O arco inferior é formado por uma linha que tangencia o platô sacral (S1) até o ápex, e o arco superior vai do ápex até o ponto de inflexão. Este ponto de inflexão representa a mudança da lordose para a cifose, estando geralmente na transição de T12-L1 (BERTHONNAUD et al., 2005). Para a medição do ângulo da lordose lombar, geralmente toma-se por base o limite do platô superior da vértebra L1 (Figura 7).

Figura 7 - Lordose Lombar (LL)

Figura 7: Representação esquemática do ângulo de lordose lombar.

Fonte: Acervo pessoal (2017)

A cifose torácica (CT) é a curva formada 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 (ROUSSOULY e PINHEIRO-FRANCO, 2011). Usualmente o ângulo da CT é mensurado utilizando o platô inferior da vértebra T12 e o platô superior da vértebra T1. 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 (Figura 8) (SCHWAB et al., 2009).

Figura 8 - Cifose Torácica (CT)

Figura 8: Representação esquemática do ângulo de cifose torácica.

Fonte: Acervo pessoal (2017)

Em uma coluna equilibrada, a cifose torácica e a lordose lombar estão intimamente relacionadas entre si e reagem em resposta a evolução ou alteração da outra (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011). Por exemplo, no caso de uma lordose retificada, o arco superior da lordose é pouco inclinado e é acompanhado por um arco torácico inferior também retificado (ROUSSOULY e PINHEIRO-FRANCO, 2011b). O ângulo de alinhamento toracolombar (TL) é formado entre o platô superior de T10 e o platô inferior de L2 (Figura 9) (SCHWAB et al., 2002).

Figura 9 - Alinhamento Toracolombar (TL)

Figura 9: Representação esquemática do ângulo de alinhamento toracolombar.

Fonte: Acervo pessoal (2017)

2.3.3. Efeito dos parâmetros pélvicos sobre a lordose lombar

Existe uma alta correlação entre a inclinação sacral e a lordose lombar ($R=0,86$), inferindo que o arco inferior da lombar exerce uma grande influência sobre toda a lordose (ROUSSOULT et al., 2003). Quanto maior for a IS, maior é o tamanho e o ângulo da lordose ("*dynamic back*"), enquanto que para menores valores de IS, a curvatura lombar tende a ser mais retificada ("*static back*") (BARREY et al., 2007; JANG et al., 2007).

Assim, de acordo com a orientação da inclinação sacral, Roussouly et al. (2005) descreveu quatro tipos de posturas baseadas na curvatura lombar e no alinhamento espinopélvico dos indivíduos (Figura 9):

Figura 10 - Classificação dos subtipos posturais de Roussouly

Figura 10: Classificação dos subtipos posturais de Roussouly em radiografias panorâmicas no plano sagital de indivíduos adultos assintomáticos. Baixa inclinação sacral ($<35^\circ$): A) Tipo 1; B) Tipo 2. Alta inclinação sacral ($>35^\circ$): C) Tipo 3; D) Tipo 4.

Fonte: Adaptado de Menezes-Reis R. et al. (2016).

Inclinação sacral baixa ($<35^\circ$):

- Tipo 1 (Figura 10A): apresenta o arco inferior da lordose lombar quase ausente, ápex baixo quase próximo à L5, e a lordose basicamente formada pelo arco superior. A LL é curta, enquanto a cifose é longa podendo englobar a área de transição toracolombar.
- Tipo 2 (Figura 10B): a lordose apresenta o ângulo baixo, seu comprimento vai de S1 a L1, porém ela é retificada, próxima à uma linha reta. É considerada uma coluna retificada harmoniosa.

Inclinação sacral média ($35^\circ < IS < 45^\circ$):

- Tipo 3 (Figura 10C): apresenta a LL bem equilibrada e com os dois arcos bem definidos. É considerada uma coluna de curvaturas harmoniosas.

Inclinação sacral alta (>35°):

- Tipo 4 (Figura 10D): apresenta o arco distal da LL longo englobando as vértebras lombares e possivelmente algumas das últimas vértebras torácicas, fazendo com que aumente o comprimento e o ângulo lordótico. É considerada uma coluna com hiperlordose harmoniosa.

Apesar da grande influência da IS sobre a LL, ela é um parâmetro posicional que é altamente variável de acordo com posicionamento, compensações e patologias. A IP, entretanto, é um parâmetro morfológico não variável que também possui alta correlação com a lordose lombar (VIALLE et al., 2005). Um novo parâmetro calculado a partir da diferença entre a incidência pélvica e lordose lombar (IP - LL) quantifica a falta de correspondência entre a morfologia pélvica e a coluna lombar (SCHWAB et al., 2010).

2.3.4. Alinhamento sagital global da coluna vertebral

Na população saudável, livre de acometimentos degenerativos da coluna, um alinhamento sagital padrão e ideal não existe. O essencial é a existência de uma congruência ótima entre os parâmetros pélvicos e espinhais que gerem uma postura econômica (do ponto de vista energético) e que posicione o eixo da gravidade em posições fisiológicas (BARREY et al., 2013; BERTHONNAUD et al., 2005; LAMARTINA et al. 2012).

Na prática clínica, o alinhamento global pode ser descrito como o posicionamento relativo da coluna em relação à pelve na posição ereta visto através de radiografias panorâmicas da coluna total (BARREY et al., 2013). O alinhamento sagital normalmente é quantificado mensurando o eixo sagital vertical (SVA, do inglês *sagital vertical axis*). O SVA é definido como o deslocamento sagital de uma linha de prumo (perpendicular ao solo) entre o corpo vertebral de C7 e a porção posterior do sacro (Figura 11). De acordo com a faixa da distância entre a cervical e o sacro, o SVA pode ser classificado em positivo, neutro e negativo (DIEBO et al., 2015).

Figura 11 - Eixo Sagital Vertical (SVA)

Figura 11: Representação esquemática do eixo sagital vertical. É a distância da porção postero-superior do sacro até uma linha perpendicular que passa pelo centro do corpo de C7.

Fonte: Acervo pessoal (2017)

Já a representação angular do alinhamento global é feita pelo ângulo espinossacral (SSA, do inglês "*spino-sacral angle*"). O SSA foi definido como o ângulo entre o platô sacral e a linha que liga o centróide do corpo vertebral C7 (Figura 12). É um parâmetro morfológico que reflete a cifose global da coluna (inclinação anterior) (ROUSSOLY; PINHEIRO-FRANCO, 2011). O valor médio da SSA em indivíduos assintomáticos é de $130,4^\circ \pm 8,1^\circ$ (MAC-THIONG et al., 2010). De acordo com a gravidade do desequilíbrio, Barrey et al. (2013) propôs três estágios diferentes do alinhamento: equilibrado, equilibrado com mecanismos compensatórios e desequilibrado.

Figura 12 - Ângulo espinossacral (SSA)

Figura 12: Representação gráfica do ângulo espinossacral. Formado por uma linha adjacente ao platô sacral e uma linha que passa pelo centro do corpo vertebral de C7 até o sacro.

Fonte: Acervo pessoal (2017)

2.4. Alinhamento da coluna e estresse biomecânico local

A coluna lombar é responsável por sustentar anteriormente as forças geradas pelo peso corporal e a gravidade utilizando os músculos abdominais como estabilizadores. Quando a coluna lombar estende, a sua musculatura posterior trabalha contrabalanceando as forças gravitacionais (ROUSSOULY e PINHEIRO-FRANCO, 2011). A orientação das estruturas lombossacropélvicas tem um importante papel na determinação de forças de cisalhamento, deslizamento e compressão aplicadas nas porções anteriores (corpo vertebral e disco intervertebral) e posteriores (facetarticulares) da coluna lombar (ROAF, 1960).

Segundo Roussouly e Pinheiro-Franco (2011), em casos de hipolordose e retificação da lombar, os platôs vertebrais estão mais horizontalizados, resultando em um aumento da carga axial sobre as estruturas anteriores da lombar, em especial, o disco intervertebral. Por outro lado, na hiperlordose, esta carga é deslocada posteriormente afetando as facetas

articulares e processos espinhosos, além dos níveis vertebrais mais extremos que estarão mais inclinados (geralmente S1 e L1). Além disso, a distribuição de cargas afeta o deslizamento dos níveis vertebrais: caso a inclinação de forças for mais anterior, existe o risco de anterolistese; se a inclinação de forças for mais posterior, há risco de retrolistese.

Dor lombar crônica e doenças degenerativas da coluna podem estar associadas com desequilíbrio sagital anterior, perda da LL e aumento da inclinação pélvica (BARREY et al., 2013). Ergun et al. (2010) avaliaram mulheres entre 20-30 anos e encontraram que mulheres com degeneração ou hérnia discal apresentavam menores ângulos de lordose lombar e inclinação sacral em relação à mulheres sem alterações discais.

O alinhamento sagital descreve um equilíbrio ideal resultante da interação de vários fatores orgânicos. Qualquer condição que altere esse equilíbrio instiga a um desequilíbrio e mecanismos compensatórios. Assim sendo, o desequilíbrio sagital não se limita apenas à deformidades da coluna vertebral adulta mas à maioria dos distúrbios da coluna vertebral.

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

3. JUSTIFICATIVA

Os parâmetros espinopélvicos da coluna vertebral têm sido descritos como importantes componentes biomecânicos para o equilíbrio da coluna lombar. Eles parecem estar diretamente associados à morfologia do disco intervertebral, uma estrutura fibrocartilaginosa essencial para a estabilidade da coluna lombar.

Vários trabalhos na literatura científica associaram discopatias aos desequilíbrios destes parâmetros espinopélvicos, porém não se sabe exatamente qual é a sua relação de causa-efeito. Atualmente a literatura aponta que tanto alterações degenerativas quanto biomecânicas podem ser tanto causa quanto consequência uma da outra. Mesmo alguns estudos apontando o alinhamento espinopélvico como um fator de risco para a degeneração do disco intervertebral, é difícil encontrar pesquisas que comprovem esta hipótese pois o tempo necessário para avaliar estas alterações levariam anos ou décadas.

O uso de técnicas quantitativas em RM, como os mapeamentos por relaxometria, permitiria identificar alterações extremamente iniciais na composição molecular do disco e que não seriam visíveis em uma imagem de RM convencional. Desta forma, aplicar estas técnicas a este estudo nos permitiu verificar se existem alterações discais precoces em indivíduos com determinadas características espinopélvicas e que não desenvolveram um quadro clínico relevante que poderia influenciar os resultados.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral:

- Analisar a provável associação entre os parâmetros espinopélvicos e a composição bioquímica dos discos intervertebrais lombares em indivíduos adultos jovens assintomáticos.

4.2. Objetivos Específicos:

- Analisar a possível influência dos parâmetros espinopélvicos sobre o conteúdo hídrico dos discos intervertebrais através da relaxometria T2.
- Analisar a possível influência dos parâmetros espinopélvicos sobre o conteúdo de proteoglicanos dos discos intervertebrais através da relaxometria T1ρ.
- Analisar a possível influência da idade, sexo, índice de massa corpórea (IMC) sobre a composição dos discos intervertebrais
- Verificar se os quatro subtipos posturais de Roussouly apresentaram diferenças entre si quanto à composição dos discos intervertebrais.
- Verificar se os quatro subtipos posturais de Roussouly apresentaram diferenças entre si quanto à presença de degeneração segundo a classificação de Pfirrmann.

MATERIAL E MÉTODOS

5. MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo de caráter prospectivo, observacional e de caráter transversal. Este projeto foi enviado ao Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP e aprovado sob o protocolo 4236/2012 (Anexo A). Após aprovação, todos os voluntários que se adequaram aos critérios de inclusão e exclusão assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os procedimentos experimentais foram realizados no Centro de Imagens e Física Médica do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP).

5.1. Amostra

Foram recrutados inicialmente 113 voluntários adultos jovens de ambos os sexos sedentários ou praticantes de atividade física. Estes voluntários foram selecionados aleatoriamente na comunidade e foram recrutados através de convites e chamadas via banners e internet. Os interessados que se adequassem aos critérios do estudo deveriam se submeter a duas etapas do protocolo:

1) Questionários sobre sua condição física: Índice de Incapacidade de Oswestry para coluna lombar (ODI, do inglês Oswestry Disability Index) (Anexo B), Escala Visual Analógica da Dor (EVA) (Anexo C), Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ, do inglês International Physical Activity Questionnaire) (Anexo D).

2) Exames de imagem radiológica: radiografia panorâmica e ressonância magnética.

Os critérios de inclusão do estudo foram:

- Estar dentro da faixa etária entre 20 e 40 anos.
- Apresentar *score* clínico abaixo de 10 no ODI.
- Ser classificado como sedentário ou irregularmente ativo segundo o IPAQ.

Os critérios de exclusão para os voluntários foram:

- Apresentar dor lombar persistente por mais de três meses.
- Apresentar história prévia de patologia na coluna ou quadril.
- Presença de fraturas ou deformidades na coluna e quadril.
- Presença de escoliose significativa.
- Gravidez.
- Ter realizado alguma cirurgia prévia na coluna ou quadril.
- Impossibilidade de realizar os exames.

Todos os voluntários deveriam realizar exames de ressonância magnética da coluna lombar e radiografia panorâmica de toda coluna vertebral. A Figura 13 apresenta o fluxograma do recrutamento dos voluntários. Dos 113 recrutados inicialmente, 20 indivíduos não realizaram o exame de radiografia panorâmica, portanto não foi possível realizar as análises dos parâmetros espinopélvicos nestes indivíduos.

A amostra final foi composta de 93 voluntários (49 mulheres e 44 homens). Desta amostra, 23 indivíduos não tiveram a análise do mapeamento T1p realizada devido ao encerramento da licença para o exame em específico.

Figura 13 - Recrutamento dos voluntários

Figura 13: Fluxograma do recrutamento dos voluntários adultos jovens assintomáticos. A amostra contou com 93 voluntários para correlacionar os parâmetros espinopélvicos versus mapeamento T2, e destes, 70 voluntários para correlacionar com o mapeamento T1p.

5.2. Avaliação dos Parâmetros Espinopélvicos

Para avaliar os parâmetros espinopélvicos foram realizadas radiografias computadorizadas em um sistema específico para radiografias panorâmicas, incluindo a coluna vertebral em toda sua extensão tendo como limites desde os meatos acústicos até as diáfises femorais. O modelo utilizado foi o CR Long Length Vertical Imaging System (Kodak Direct View; Carestream Health, Rochester, NY, USA). As imagens foram adquiridas no plano sagital (perfil), com a distância foco-filme de 2m. 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 14). Esta posição foi proposta por Marks et al. (2009) para evitar ao máximo as compensações da coluna.

Figura 14 - Posicionamento da Radiografia Panorâmica

Figura 14: Posicionamento para aquisição da radiografia panorâmica no plano sagital de um voluntário masculino (30 anos). À direita está a radiografia digital do mesmo voluntário após a revelação e tratamento digital.

Para mensurar os parâmetros espinopélvicos e ângulos das curvaturas vertebrais foi utilizado o software Surgimap® (Nemaris Inc., New York, NY, USA). Um pesquisador com quatro anos de experiência em avaliação de imagens de coluna foi responsável pelas mensurações manuais. Os seguintes parâmetros foram avaliados (Figura 15): inclinação sacral, incidência pélvica, lordose lombar, cifose torácica, alinhamento toracolombar, eixo sagital vertical, ângulo espinossacral e o comprimento dos segmentos toracolombar (T1S1) e lombar (L1S1).

O avaliador marcou os contornos das cabeças femorais, traçou 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 automaticamente calcula os ângulos e distâncias. Um segundo examinador, cego para as medidas do primeiro examinador realizou as mesmas medidas em todos os 93 voluntários para avaliação da confiabilidade.

Figura 15 - Parâmetros Espinopélvicos

Figura 15: Parâmetros espinopélvicos mensurados em radiografias panorâmicas de uma voluntária. Da esquerda para a direita, observa-se T1-S1: comprimento do segmento toracolumbar, L1-S1: comprimento do segmento lombar, SSA: ângulo espinossacral, SVA: eixo sagital vertical. Na linha superior, IS: inclinação sacral, IP: incidência pélvica, VP: versão pélvica. Na linha inferior, CT: cifose torácica, TL: alinhamento toracolumbar, LL: lordose lombar.

Para determinar se um conjunto de características do alinhamento também pode estar associado à alterações biomoleculares dos discos, estratificamos nosso grupo de acordo com a Classificação de Roussouly para os subtipos posturais (ROUSSOULY et al. 2005) (Figura 10). Os mesmos examinadores classificaram os voluntários 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 foi: Tipo 1: $n = 21$, Tipo 2: $n = 20$, Tipo 3: $n = 28$, Tipo 4: $n = 24$.

5.3. Avaliação Quantitativa da Composição dos Discos Lombares

Para avaliar a degeneração dos discos lombares, foi utilizado um aparelho de RM de 1.5T (Achieva; Philips Healthcare, Best, the Netherlands) com uma bobina de 16 canais específica para coluna. Os indivíduos foram posicionados em decúbito dorsal com os membros inferiores estendidos e relaxados (Figura 16). Para evitar possíveis variações do conteúdo hídrico do disco ao longo do dia, todos os exames foram realizados durante o período vespertino.

Figura 16 - Posicionamento na Ressonância Magnética

Figura 16: Posicionamento do voluntário no aparelho para aquisição da imagem em ressonância magnética.

O protocolo do estudo fez uso das seguintes sequências, todas no plano sagital e com os mesmos parâmetros geométricos: imagem ponderada em T2 (Figura 17A), mapeamento T2

(Figura 17B) e mapeamento T1 ρ (Figura 18). Os parâmetros mais representativos de aquisição de imagens estão apresentados na Tabela 1, procurando minimizar o tempo de aquisição e assim atenuando possíveis desconfortos e movimentos voluntários dos participantes. O tempo total do protocolo de aquisição foi cerca de 30 minutos. Ao todo foram obtidas 279 imagens de 1395 discos intervertebrais lombares.

Tabela 1. Parâmetros das aquisições de imagens em RM

Imagem ponderada em T2	
Orientação	Sagital
Campo de Visão (FOV)	22 x 22 cm
Espessura do Corte	4 mm
Número de Cortes	16
Matriz	512 x 512
Espaçamento entre os cortes	Nenhum
Tempo de Eco (TE)	120 ms
Tempo de Repetição (TR)	3900 ms
Mapeamento T2	
Tempo de Eco (TE)	20/40/60/80/100/120/140/160 ms
Tempo de Repetição (TR)	3000 ms
Mapeamento T1ρ	
Tempo de Eco (TE)	22 ms
Tempo de Repetição (TR)	2000 ms
Tempo Lock (Tlock)	2/10/20/40/60 ms

Foram utilizados as ferramentas MINC e o software Display (McConnell 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 G), e foram computados pixel-a-pixel usando um modelo de decaimento exponencial. S0 é o sinal de equilíbrio de magnetização e S(TSL) o sinal da magnetização T1 ρ com o tempo spin-lock de TSL. S(TE) é o sinal adquirido com o tempo de eco (TE). A partir desta equação é possível obter os valores de T2 e T1 ρ :

$$S(TSL) = S0 * \exp\left(-\frac{TSL}{T1\rho}\right)$$

$$S(TE) = S0 * \exp\left(-\frac{TE}{T2}\right)$$

Figura 17 - Aquisição de imagens em RM: ponderação e mapa T2

Figura 17: A) Imagem ponderada em T2 no plano sagital de um voluntário. B) Mapa T2 gerado a partir de sequências utilizando 8 tempos de ecos distintos.

Figura 18 - Aquisição de imagens em RM: ponderação e mapa T1 ρ

Figura 18: A) Imagem ponderada em T1 ρ no plano sagital de um voluntário. B) Mapa T1 ρ gerado a partir de sequências utilizando 5 tempos spin-lock distintos.

Para extração dos dados dos mapas de relaxometria, foi necessário realizar a segmentação manual dos discos lombares. A segmentação para o mapeamento T2 foi realizada em uma imagem ponderada em T2, enquanto para o mapeamento T1 ρ foi utilizada uma imagem ponderada em T1 ρ (Figuras 17A e 18A respectivamente). Primeiramente, foi realizada a segmentação total dos discos intervertebrais em todos os discos lombares de cada um dos 93 voluntários. A região englobando NP e AF foi segmentada para cada disco,

tomando o cuidado de não incluir regiões de osso subcondral (Figura 19). Todos os cortes em que os cinco discos estavam visíveis simultaneamente foram incluídos.

Figura 19. Segmentação dos discos lombares

Figura 19: A) Imagem ponderada em T2 sagital da coluna lombar representando o método de segmentação manual cuja região de interesse inclui o núcleo pulposo e ânulo fibroso nos cinco discos lombares. B) Representação axial mostrando os cortes utilizados para segmentação do disco.

Após a segmentação volumétrica, as camadas contendo as segmentações foram sobrepostas aos mapas de relaxometria T2 e T1 ρ para extração dos tempos de relaxação dos tecidos discais. Além disso, a segmentação realizada na imagem ponderada em T2 foi utilizada para o cálculo do volume de cada disco lombar.

Para verificar a confiabilidade da segmentação, um segundo examinador segmentou novamente as imagens sendo cego aos resultados do primeiro examinador.

5.4. Avaliação semiquantitativa da degeneração discal

Além da avaliação da composição bioquímica do disco, também foi realizada a classificação dos discos lombares quanto ao grau de degeneração segundo a classificação de Pfirrmann (Figura 1). Dois examinadores classificaram os discos de forma independente. Nos casos de discordância, a classificação foi determinada baseada na avaliação de um terceiro examinador (pesquisador sênior e radiologista com mais de 17 anos de experiência em radiologia musculoesquelética). Baseado na classificação de Pfirrmann (Figura 1), os discos foram divididos em dois grupos: não degenerados (graus ≤ 2) e degenerados (graus ≥ 3).

5.5. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada através dos softwares SPSS v.20 (IBM, Armonk, Nova Iorque, EUA) e GraphPad Prism v.5 (GraphPad Software, San Diego, California, EUA). A verificação da distribuição normal das variáveis estudadas foi realizada através o teste de Shapiro-Wilk. Para os testes estatísticos descritos, considerou-se estatisticamente significante valores de $p < 0.05$.

Análise da composição dos discos

O teste T não pareado foi utilizado para comparar a composição dos discos de acordo com o sexo.

A correlação de Spearman foi realizada entre a idade, volume do disco e IMC com os valores da relaxometria T2 e T1 ρ .

Análise da composição dos discos X parâmetros espinopélvicos

A correlação de Pearson ou Spearman foi utilizada para investigar a associação entre a composição do disco (relaxometria T2 e T1 ρ e volumetria) com os parâmetros espinopélvicos.

Dentre os parâmetros espinopélvicos que tiveram correlação significativa com os valores de composição discal, foi utilizada uma regressão linear para ver a influência sobre os níveis discais separadamente.

Na comparação da composição do disco entre os subtipos de Roussouly foi realizado o teste ANOVA One-Way com pós-teste de BonFerroni.

Análise qualitativa da degeneração discal

O teste qui-quadrado com pós-teste baseado no ajuste padronizado de resíduos foi utilizado para comparar a frequência dos graus de degeneração (classificados de acordo com os critérios de Pfirrmann) entre os quatro subtipos de Roussouly.

Análise da confiabilidade

Para verificar a confiabilidade intra e interexaminador das variáveis quantitativas contínuas foi utilizado o coeficiente de correlação intraclass (ICC) com intervalo de confiança (CI) de 95%. O índice Kappa ponderado foi usado para a confiabilidade da classificação de Pfirrmann.

RESULTADOS

6. RESULTADOS

Os 93 voluntários apresentavam idade média de $27,1 \pm 5,2$ anos (faixa: 20-40 anos), altura média: $1,71 \pm 0,08$ m (1,46-1,89m), peso médio: $67,1 \pm 13,7$ kg (44-105kg), IMC médio: $23,1 \pm 3,3$ kg/m² (15,9-32 kg/m²). O valor médio do ODI foi $2,57 \pm 2,72$ pontos (mínimo: 0, máximo: 10, mediana: 2, moda: 0) e EVA de Dor foi $0,82 \pm 1,24$ (mínimo: 0, máximo: 5).

6.1. Análise da composição dos discos lombares

A Tabela 2 apresenta os dados correspondentes aos tempos de relaxação T2 e T1ρ e o volume dos cinco discos lombares em média e desvio padrão. É possível perceber que o disco mais central (L3L4) apresentou os maiores valores de tempos de relaxação e volume, sendo que estes valores tendem a diminuir a medida que se aproximam das extremidades superior (L1L2) e inferior (L5S1) da lombar.

Tabela 2. Valores dos tempos de relaxação T2 e T1ρ e volume dos discos lombares de adultos jovens assintomáticos expressos em média e desvio padrão (DP).

	Tempo de Relaxação T2 (ms)		Tempo de Relaxação T1ρ (ms)		Volumetria (mm ³)	
	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>
L1L2	113,9	12,6	44,5	5,6	5,0	1,3
L2L3	119,2	13,5	47,4	6,8	6,3	1,6
L3L4	121,2	13,0	50,5	7,1	7,2	1,6
L4L5	115,2	16,4	48,9	7,5	7,2	1,6
L5S1	108,1	13,9	47,1	8,5	5,9	1,4

As médias dos tempos de relaxação para os homens foram: T2 = $116,0 \pm 15,9$ ms e T1ρ = $51,6 \pm 9,1$ ms; para as mulheres foram: T2 = $114,7 \pm 13,7$ ms e T1ρ = $52,9 \pm 12,2$ ms. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os sexos para ambos mapas de relaxometria (T2, $p = 0,37$; T1ρ: $p = 0,97$). Já o volume médio dos discos em homens ($6,93 \pm 1,74$ mm³) foi estatisticamente maior que das mulheres ($5,79 \pm 1,56$ mm³) ($p < 0,0001$).

A Figura 20 apresenta representações gráficas da relação entre os tempos de relaxação observados e características dos sujeitos do estudo. Houve uma correlação negativa entre a idade dos participantes e o tempo de relaxação T2 ($R = -0,30$; $p < 0,0001$) e uma correlação positiva entre o volume discal e o tempo de relaxação T2 ($R = 0,15$; $p = 0,002$) (Tabela 3).

Figura 20 - Relação entre idade, volume do disco e IMC com a composição dos discos

Figura 20: A) Relação entre T2 (I) e T1ρ (II) com a idade. B) Relação entre T2 (I) e T1ρ (II) com o volume dos discos. C) Relação entre T2 (I) e T1ρ (I) com o IMC.

Tabela 3. Correlação entre os tempos de relaxação do disco com idade, volume do disco, IMC (expressos em R e intervalo de confiança de 95%)

	Mapeamento T2		Mapeamento T1p	
	R	IC 95%	R	IC 95%
Idade	-0,30 *	-0,38 - 0,21	-0,07	-0,17 - 0,02
Volume do disco	0,15 *	0,053 - 0,23	0,06	-0,03 - 0,16
IMC	-0,03	-0,13 - 0,05	-0,08	-0,18 - 0,10

*: correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$). IC: intervalo de confiança; IMC: índice de massa corpórea

Os tempos de relaxação T2 apresentaram correlação significativa em todos os segmentos discais, apesar dos valores terem sido considerados fracos. O mapeamento T1p e o volume do disco não apresentaram qualquer tipo de relação com a idade (Tabela 4).

Tabela 4. Correlação entre a idade com os tempos de relaxação do disco e volume do disco (expressos em R e intervalo de confiança de 95%)

	Idade x Mapeamento T2		Idade x Mapeamento T1p		Idade x Volume	
	R	IC 95%	R	IC 95%	R	IC 95%
L1L2	<u>-0,23*</u>	-0,42 - -0,01	-0,005	-0,21 - 0,21	0,18	-0,02 - 0,39
L2L3	<u>-0,35*</u>	-0,52 - -0,15	-0,04	-0,25 - 0,17	0,13	-0,09 - 0,34
L3L4	<u>-0,29*</u>	-0,56 - -0,20	-0,19	-0,39 - 0,02	0,09	-0,12 - 0,30
L4L5	<u>-0,27*</u>	-0,46 - -0,06	-0,13	-0,34 - 0,07	0,16	-0,06 - 0,36
L5S1	<u>-0,29*</u>	-0,40 - 0,04	-0,008	-0,22 - 0,20	0,16	-0,05 - 0,36

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

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

Os parâmetros espinopélvicos de nossa amostra estão expressos na Tabela 5. Com relação a estes parâmetros não houve diferença entre homens e mulheres para a maioria dos parâmetros, com exceção da cifose torácica (homens = $40,7 \pm 11,3^\circ$; mulheres = $34,3 \pm 10,2^\circ$; $p = 0,004$), SVA (homens = $15,3 \pm 17,9$ cm; mulheres = $0,6 \pm 19,7$ cm; $p = 0,003$) e comprimento T1S1 (homens = $52,4 \pm 2,7$ cm; mulheres = $48,6 \pm 2,7$ cm; $p < 0,0001$). Nestes três parâmetros, os homens tiveram resultados mais altos que as mulheres.

Tabela 5. Valores dos parâmetros espinopélvicos angulares e lineares de adultos jovens assintomáticos expressos em média, desvio padrão (DP) e faixa do mínimo ao máximo

Parâmetros espinopélvicos							
	Média	DP	Faixa		Média	DP	Faixa
IS (°)	36,4	6,6	20 - 52	SVA (cm)	7,5	20,1	-44,2 - 57,6
VP (°)	9,5	7,5	-5 - 46	SSA (°)	125,3	7,7	109 - 143
IP (°)	45,9	9,7	21 - 30	T1S1 (cm)	50,4	3,3	43,7 - 57,8
LL (°)	49,5	11,2	23 - 73	L1S1 (cm)	19,7	2,0	14,8 - 29
CT (°)	37,3	11,2	10 - 60				
TL (°)	11,0	7,7	0 - 36				

IS: inclinação sacral, VP: versão pélvica, IP: incidência pélvica, LL: lordose lombar, CT: cifose torácica, TL: alinhamento toracolumbar, SVA: eixo sagital vertical, SSA: ângulo espinossacral, T1S1: comprimento da coluna toracolumbar, L1S1: comprimento da coluna lombar

A Tabela 6 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 entre o grau de hidratação dos discos com o ângulo da lordose lombar em todos os níveis. A cifose torácica também apresentou correlação, porém apenas nos níveis mais baixos (L4L5 e L5S1). O ângulo do alinhamento toracolumbar (TL) apresentou correlação apenas com o disco L5S1. Apesar das correlações serem estatisticamente significativas ($p < 0,05$) todas foram consideradas fracas, evidenciando que o aumento destes ângulos está associado à um ligeiro aumento do conteúdo hídrico dos discos.

Tabela 6. Correlação (R) entre os parâmetros espinopélvicos e os tempos de relaxação T2 dos discos lombares

Tempos de relaxação T2 x Parâmetros espinopélvicos (R)										
	IS	VP	IP	LL	CT	TL	SVA	SSA	L1S1	T1S1
L1L2	0,19	0,02	0,02	<u>0,28*</u>	0,03	-0,09	-0,01	0,18	0,02	0,08
L2L3	0,14	0,04	0,11	<u>0,25*</u>	0,07	-0,06	-0,04	0,11	-0,01	0,08
L3L4	0,15	-0,01	0,07	<u>0,22*</u>	0,005	0,06	-0,11	0,14	0,02	0,06
L4L5	0,12	-0,07	0,01	<u>0,24*</u>	<u>0,25*</u>	0,11	0,04	0,05	0,07	0,08
L5S1	0,07	-0,017	-0,06	<u>0,31*</u>	<u>0,30*</u>	<u>0,21*</u>	-0,06	0,14	0,11	0,12

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

IS: inclinação sacral, VP: versão pélvica, IP: incidência pélvica, LL: lordose lombar, CT: cifose torácica, TL: alinhamento toracolumbar, SVA: eixo sagital vertical, SSA: ângulo espinossacral, T1S1: comprimento da coluna toracolumbar, L1S1: comprimento da coluna lombar.

A Tabela 7 apresenta os valores de correlação entre os tempos de relaxação T1ρ e os parâmetros espinopélvicos para os cinco níveis lombares. Foi possível observar uma correlação negativa estatisticamente significativa, porém fraca, apenas entre a versão pélvica e os tempos de relaxação T1ρ nos níveis de L3L4 e L4L5. Indivíduos com menor VP exibiram um ligeiro aumento no conteúdo dos proteoglicanos nestes níveis.

Tabela 7. Correlação (R) entre os parâmetros espinopélvicos e os tempos de relaxação T1ρ dos discos lombares.

Tempos de relaxação T1ρ x Parâmetros espinopélvicos (R)										
	IS	VP	IP	LL	CT	TL	SVA	SSA	L1S1	T1S1
L1L2	0,06	-0,22	-0,11	0,09	-0,03	-0,02	-0,02	0,02	0,08	0,02
L2L3	0,14	-0,17	0,08	0,15	0,10	0,02	0,05	0,12	0,16	0,15
L3L4	0,11	<u>-0,24*</u>	-0,02	0,11	0,03	0,11	-0,03	0,04	0,08	0,11
L4L5	0,03	<u>-0,26*</u>	-0,13	-0,08	-0,19	0,04	-0,04	-0,22	0,01	0,11
L5S1	0,09	-0,22	-0,06	0,08	0,03	-0,07	-0,18	-0,08	0,05	-0,06

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

IS: inclinação sacral, VP: versão pélvica, IP: incidência pélvica, LL: lordose lombar, CT: cifose torácica, TL: alinhamento toracolombar, SVA: eixo sagital vertical, SSA: ângulo espinossacral, T1S1: comprimento da coluna toracolombar, L1S1: comprimento da coluna lombar.

A Tabela 8 apresenta os valores de correlação entre os parâmetros espinopélvicos e os volumes dos cinco discos lombares. Houve uma correlação moderada entre o comprimento de T1S1 com o volume dos discos em todos os níveis discais. Os demais parâmetros não apresentaram associação com possíveis alterações do volume.

Tabela 8. Correlação (R) entre os parâmetros espinopélvicos e os volumes dos discos lombares.

Volume discal x Parâmetros espinopélvicos (R)										
	IS	VP	IP	LL	CT	TL	SVA	SSA	L1S1	T1S1
L1L2	0,02	0,01	-0,01	-0,04	0,09	-0,01	0,10	0,01	0,11	<u>0,61*</u>
L2L3	-0,01	0,02	-0,05	-0,03	0,07	-0,04	0,14	-0,04	0,15	<u>0,66*</u>
L3L4	0,07	0,09	0,10	0,07	0,04	-0,09	0,14	0,02	0,11	<u>0,64*</u>
L4L5	-0,02	0,05	0,03	0,09	0,14	-0,05	0,09	-0,05	0,11	<u>0,61*</u>
L5S1	-0,14	0,03	-0,05	-0,03	0,15	0,14	0,08	-0,13	0,09	<u>0,47*</u>

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

IS: inclinação sacral, VP: versão pélvica, IP: incidência pélvica, LL: lordose lombar, CT: cifose torácica, TL: alinhamento toracolombar, SVA: eixo sagital vertical, SSA: ângulo espinossacral, T1S1: comprimento da coluna toracolombar, L1S1: comprimento da coluna 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 cuja influência foi detectada. A Figura 21 apresenta a regressão linear entre os tempos de relaxação T2 com os parâmetros correlacionados. O disco L5S1 apresentou a maior variação no tempo de relaxação T2 conforme o aumento do ângulo lordótico em relação aos outros níveis L5S1 ($slope = 0,38 \pm 0,12$; $p = 0,002$). L4L5 ($slope = 0,34 \pm 0,14$; $p = 0,02$) e L1L2 ($slope = 0,31 \pm 0,11$; $p = 0,006$) apresentaram uma variação ligeiramente mais baixa, enquanto que L2L3 ($slope = 0,3 \pm 0,11$; $p = 0,01$) e L3L4 ($slope = 0,25 \pm 0,11$; $p = 0,03$) exibiram as menores variações em relação aos outros discos. Para a cifose torácica, apenas L4L5 ($slope = 0,37 \pm 0,14$; $p = 0,01$) e L5S1 ($slope = 0,37 \pm 0,12$; $p = 0,004$) apresentaram um aumento linear da hidratação conforme o ângulo cifótico aumentava, os demais ângulos permaneceram constantes. O disco L5S1 foi o único disco cujo tempo de relaxação aumentou conforme aumentava o ângulo de TL.

Figura 21 - Regressão linear para o Tempo de Relaxação T2

Figura 21: Gráficos de dispersão exibindo o comportamento dos tempos de relaxação T2 dos cinco discos lombares de acordo com o grau dos parâmetros espinopélvicos: lordose lombar (superior), cifose torácica (meio), alinhamento toracolumbar (inferior).

Apesar de L3L4 e L4L5 terem apresentado correlações negativas muito baixas com VP (porém significativas), não foi possível ver este comportamento linear através da regressão, onde todos os níveis foram praticamente constantes (Figura 22). Todos os níveis disciais exibiram um aumento de volume linear significativo com o aumento do comprimento de T1S1. L3L4 ($slope = 0,32 \pm 0,04$; $p = 0,0001$) e L2L3 ($slope = 0,32 \pm 0,03$; $p = 0,0001$) apresentaram maior variação no volume do disco, enquanto que as extremidades da coluna vertebral lombar apresentaram menor variação no volume do disco (L1L2: $slope = 0,23 \pm 0,03$; $p = 0,0001$. L5S1: $slope = 0,20 \pm 0,03$; $p = 0,0001$).

Figura 22 - Regressão linear para o Tempo de Relaxação T1 ρ e Volumetria

Figura 22: Gráfico de dispersão exibindo o comportamento do tempo de relaxação T1 ρ dos cinco discos lombares de acordo com o grau da versão pélvica (superior). Gráfico de dispersão exibindo o comportamento do volume dos cinco discos lombares de acordo com o comprimento da coluna toracolumbar (inferior).

A Tabela 9 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 (L1L2: $p = 0,87$; L2L3: $p = 0,76$; L3L4: $p = 0,38$; L4L5: $p = 0,48$; L5S1: $p = 0,42$), tempos de relaxação T1 ρ (L1L2: $p = 0,48$; L2L3: $p = 0,19$; L3L4: $p = 0,63$; L4L5: $p = 0,85$; L5S1: $p = 0,88$) ou mesmo entre os volumes discais (L1L2: $p = 0,57$; L2L3: $p = 0,19$; L3L4: $p = 0,19$; L4L5: $p = 0,55$; L5S1: $p = 0,35$).

Tabela 9. Valores da composição do disco (tempo de relaxação T2, T1 ρ e volume) distribuídos de acordo com os subtipos de Roussouly e os níveis discais expressos em média e desvio padrão (DP)

Tempo de Relaxação T2 dos discos lombares								
	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4	
	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>
L1L2	112,5	13,6	113,3	10,3	115,5	13,1	113,8	13,5
L2L3	119,4	14,1	117,6	15,1	118,2	13,0	121,6	12,7
L3L4	117,6	13,9	121,8	13,6	120,7	12,6	124,3	11,9
L4L5	113,3	15,0	112,3	16,4	115,3	18,5	119,4	15,3
L5S1	107,3	13,1	104,2	18,8	109,2	14,1	110,9	8,83
Tempo de Relaxação T1 ρ dos discos lombares								
	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4	
	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>
L1L2	43,8	4,25	45,3	6,61	45,7	6,52	42,6	3,79
L2L3	49,5	7,04	50,2	5,17	46,4	6,77	50,3	8,24
L3L4	49,5	7,04	50,2	3,16	49,6	6,54	52,8	9,30
L4L5	49,04	5,82	48,9	8,03	47,6	6,04	50,3	9,86
L5S1	45,71	7,69	48,7	10,6	47,34	8,24	46,51	7,59
Volume dos discos lombares								
	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4	
	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>	<i>Media</i>	<i>DP</i>
L1L2	5,41	4,49	4,96	1,27	5,23	1,19	4,92	1,22
L2L3	7,10	1,79	6,34	1,54	6,49	1,38	6,06	1,53
L3L4	7,95	1,70	7,42	1,56	7,46	1,24	6,90	1,66
L4L5	7,75	1,48	7,33	1,57	7,67	1,28	7,19	1,62
L5S1	6,23	1,30	6,11	1,22	6,17	1,63	5,58	1,11

6.3. Análise da confiabilidade das mensurações

A Tabela 10 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 0,9. A confiabilidade da mensuração dos parâmetros espinopélvicos também foi considerada satisfatória (ICC: 0,77 a 0,93).

Tabela 10. Coeficientes de correlação intraclassa (ICC) e intervalos de confiança de 95% (IC) extraídos da segmentação manual dos discos e medições de parâmetros espinopélvicos

	ICC	IC 95%
Segmentação do disco (T2)	0,92	0,85-0,95
Segmentação do disco (T1p)	0,93	0,65-0,99
Segmentação do disco (volume)	0,92	0,85-0,95
SS	0,93	0,88-0,96
PT	0,77	0,59-0,87
PI	0,91	0,85-0,96
LL	0,93	0,87-0,96
TK	0,88	0,85-0,97
TL	0,90	0,88-0,96
SVA	0,89	0,81-0,91
SSA	0,87	0,83-0,90
T1S1	0,93	0,90-0,96
L1S1	0,90	0,89-0,95

6.4. Análise qualitativa da degeneração do disco

Para a análise qualitativa foram utilizados 70 indivíduos que foram distribuídos entre os quatro grupos de acordo com a classificação de Roussouly (Figura 10): Tipo 1, n = 14; Tipo 2, n = 18; Tipo 3, n = 20; e Tipo 4, n = 18.

A Tabela 11 e a Figura 23 apresentam a distribuição do número de discos degenerados e não degenerados em cada segmento discal (L1L2 a L5S1) de acordo com os quatro subtipos de Roussouly. É possível observar que o nível de L5S1 apresentou a maior frequência de discos classificados como degenerados em todos os grupos, seguido pelo nível L1L2. Quando comparamos a frequência de degeneração discal entre os quatro subtipos, não levando em consideração o nível discal (Tabela 11: total de discos), não houve diferença entre os subtipos ($\chi^2 = 1,20$; $p = 0,75$).

Como não foi encontrada diferença nesta frequência geral, buscou-se analisar cada nível individualmente. Assim, foram obtidos os seguintes resultados: L1L2 ($p = 0,54$), L2L3 ($p = 0,41$), L3L4 ($p = 0,82$), L5S1 ($p = 0,30$), apenas o nível de L4L5 diferiu entre os grupos ($p = 0,03$). Esta diferença foi encontrada especificamente entre os grupos Tipo 2 e Tipo 4 no nível de L4L5, onde o Tipo 2 apresentou uma proporção maior de discos degenerados que não degenerados em relação ao Tipo 4 (Figura 23: linha inferior esquerda). A Tabela 11 apresenta os respectivos valores do teste qui-quadrado para as proporções de discos degenerados e não degenerados.

O coeficiente Kappa para a classificação da degeneração do disco foi satisfatório para considerar a confiabilidade da análise de classificação: $\kappa = 0,79$ (IC 95% = 0,72-0,87).

Tabela 11. Distribuição de discos degenerados (D) e não degenerados (ND) de acordo com os quatro subtipos posturais de Roussouly

	Roussouly Tipo 1		Roussouly Tipo 2		Roussouly Tipo 3		Roussouly Tipo 4	
	ND	D	ND	D	ND	D	ND	D
L1L2	8	6	15	3	14	6	14	4
L2L3	11	3	17	1	15	5	14	4
L3L4	11	3	16	2	16	4	15	3
L4L5	12	2	12	6	16	4	17	1
L5S1	9	5	10	8	16	4	14	4
TOTAL	51	19	70	20	77	23	74	16

Figura 23 - Distribuição de discos degenerados e não degenerados entre os 4 subtipos posturais

Figura 23: Gráficos em barras apresentando a distribuição dos discos degenerados e não degenerados distribuídos entre os quatro subtipos posturais de Roussouly. A distribuição foi feita levando em consideração o segmento discal (L1L2 a L5S1).

Tabela 12. Resultados dos testes qui-quadrado para verificar a diferença entre os tipos posturais de Roussouly de acordo com a proporção de discos degenerados e não degenerados.

	L1L2		L2L3		L3L4		L4L5		L5S1	
Roussouly	x^2	p	x^2	p	x^2	p	x^2	p	x^2	p
1 x 2	1,87	0,17	2,06	0,15	0,79	0,37	1,27	0,26	0,11	0,73
1 x 3	0,25	0,61	0,16	0,90	0,04	0,83	0,11	0,73	1,35	0,24
1 x 4	0,96	0,32	0,03	0,95	0,19	0,65	0,83	0,36	0,96	0,32
2 x 3	0,93	0,33	2,69	0,10	0,56	0,45	0,86	0,35	2,62	0,10
2 x 4	0,17	0,67	2,09	0,14	0,23	0,63	<u>4,43</u>	<u>0,03 *</u>	2,00	0,15
3 x 4	0,29	0,58	0,04	0,84	0,07	0,79	1,73	0,18	0,02	0,86

*: Houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

DISCUSSÃO

7. DISCUSSÃO

De acordos com nossos resultados da avaliação pela relaxometria T2, encontramos que a diminuição da lordose lombar está associada à perda do conteúdo de água em todos os discos lombares, embora esta redução tenha se apresentado discreta pelos baixos valores de correlação. O disco L5S1 também apresentou baixas correlações entre os tempos de relaxação T2, a cifose torácica e o alinhamento toracolombar. Também observamos que o conteúdo de proteoglicanos dos discos L3L4 e L4L5, mensurados através da relaxometria T1ρ, apresentou ligeiro decréscimo a medida que a versão pélvica aumentava. O comprimento da coluna toracolombar (T1S1) apresentou correlação moderada com o conteúdo hídrico dos discos lombares. Os demais parâmetros espinopélvicos não apresentaram qualquer tipo de associação com a composição do disco intervertebral, em especial a inclinação sacral e a incidência pélvica, ao contrário do que se esperava de acordo com o referencial teórico sobre o tema.

Até o presente momento, apenas três estudos buscaram avaliar a relação do alinhamento espinopélvicos e a degeneração dos discos intervertebrais, sendo um dos artigos parte dos resultados deste trabalho. Porém, todos utilizaram apenas a classificação de Pfirrmann como método de avaliação dos discos (TORRIE et al., 2015; MARDARE et al., 2016; MENEZES-REIS et al., 2016). Não identificamos estudos que utilizaram técnicas quantitativas em RM para avaliar possíveis alterações precoces na composição bioquímica discal em diferentes tipos posturais, sendo este estudo o primeiro a ser realizado.

A Tabela 2 apresentou os valores de T2 e T1ρ nos cinco níveis discais. É possível perceber que os discos situados nas extremidades do segmento lombar apresentaram menores valores de relaxometria, indicando menor concentração de água e proteoglicanos, e estes tempos de relaxação foram aumentando à medida que se aproximam do segmento mais central. Estes achados são similares aos já reportados na literatura em indivíduos assintomáticos (WANG et al., 2017; NILSSON et al., 2016). É possível que estes discos das extremidades (L1L2, L4L5 e L5S1) sejam mais afetados por estarem mais angulados em relação à L2L3 e L3L4, sofrendo interferências da angulação cifótica e lordótica. É visto que a participação dos discos intervertebrais na formação da curva lordótica aumenta no sentido cranio-caudal, especialmente no nível da vértebra L5 (DAMASCENO et al., 2006).

O efeito do gênero sobre alterações do disco é controverso. Não houve diferença quanto ao conteúdo hídrico e concentração de proteoglicanos entre homens e mulheres, porém os discos dos homens apresentaram maior volume. Siemionow et al. (2011) e Pfirrmann et al. (2006) também não encontraram diferenças entre os gêneros. Em um estudo coorte com 874 adultos jovens com idade entre 18 e 21 anos, Takatalo et al. (2011) avaliaram imagens de RM

convencionais e encontraram uma incidência de degeneração discal maior em homens, especialmente de fissuras radiais, porém outros tipos de alterações discais não variaram entre o gênero. Já Zobel et al. (2012) realizaram estudo em jovens assintomáticos utilizando mapeamento T1 ρ e encontraram que os conteúdos de proteoglicanos discais eram menores em mulheres. Com relação ao volume dos discos, pelo fato dos homens geralmente apresentarem uma média de massa maior que mulheres, é de se esperar que seus discos sejam maiores para suportar tais cargas. Tal fato nos leva a crer que outros fatores biológicos e sociais possam ser mais importantes para a ocorrência de alterações discais que o gênero em si.

Com relação ao comportamento dos discos em relação à idade, encontramos uma correlação negativa entre a idade e o conteúdo de água dos discos através da relaxometria T2, porém não foi possível detectar alterações no conteúdo de proteoglicanos pela relaxometria T1 ρ (Figura 20 e Tabela 4). Nossos resultados demonstram que mesmo nas primeiras duas décadas da vida adulta, o aumento da idade pode contribuir para uma diminuição do conteúdo hídrico mesmo em indivíduos assintomáticos. O processo de degeneração discal se inicia com a redução de proteoglicanos na MEC do NP, resultando na perda de água (COLOMBINI et al., 2008). Foi observado uma ligeira tendência à redução na concentração de proteoglicanos, porém o mapeamento T1 ρ se mostrou insuficiente para detectar alguma diferença estatisticamente significativa. Entretanto, é possível que esta perda mínima possa ter induzido à perda de água detectada pelo mapeamento T2. Sharma et al. (2011) encontraram resultados similares ao verificar um aumento da prevalência de degeneração da segunda para quarta década de vida, com uma ligeira redução na terceira década. Pfirrmann et al. (2006) encontraram uma diminuição do tempo de relaxação T2 em uma amostra com idade de 20 a 78 anos de idade. Marinelli et al. (2010) também encontraram uma redução progressiva nos valores T2 até a quinta década de vida, com uma redução mais proeminente da terceira para década de vida.

Estudos prévios têm apontado que a relaxometria T1 ρ seria mais sensível para detecção da degeneração discal precoce (JOHANNESSEN et al., 2006). Yoon et al. (2016) observaram que o tempo de relaxação T2 tem uma forte correlação com alterações discais tanto quanto o mapeamento T1 ρ em pacientes sintomáticos. Já Wang et al. (2016) identificaram uma redução significativa nos tempos de relaxação T2 e T1 ρ com o avanço da idade, porém as performances das duas técnicas foram relativamente similares (WANG et al., 2014). Nossos resultados favorecem a ideia de que o mapeamento T2 possa ser mais apropriado para detectar alterações bioquímicas iniciais no disco especialmente em adultos jovens com idade entre 20 e 40 anos. Apesar de nossos achados e da literatura científica já

terem reportado sobre a influência da idade sobre a composição do disco, não identificamos alguma associação com o volume dos discos. Tal achado está de acordo com a literatura prévia sugerindo que o volume discal pode não ser influenciado pela idade durante os processos degenerativos iniciais. Mesmo que ocorra alguma desidratação secundária pode haver uma substituição do líquido por tecido fibroso mantendo o volume total intacto (GRUBER et al., 2002).

A Figura 24 apresenta um comparativo entre os valores dos parâmetros espinopélvicos encontrados neste estudo em contraponto aos resultados de trabalhos recentes que investigaram também populações assintomáticas.

Figura 24 – Comparação dos parâmetros espinopélvicos em indivíduos assintomáticos de acordo com a literatura

Figura 24: Gráficos em barra apresentando os valores descritos em média e desvio padrão dos principais parâmetros espinopélvicos de indivíduos assintomáticos apresentados neste trabalho em comparação à valores previamente descritos na literatura. Sohn et al. (2017): n = 128; Yokoyama et al. (2017): n = 220; Yang et al. (2016): n = 119.

Ao comparar os resultados em média e desvio padrão deste trabalho com outras pesquisas prévias, os valores de inclinação sacral, cifose torácica e ângulo espinossacral foram semelhantes aos achados reportados na literatura. Nossa amostra apresentou valor

médio de versão pélvica estatisticamente menor que dos outros trabalhos ($p = 0,032$) (SOHN et al., 2017; YOKOYAMA et al., 2017; YANG et al., 2016). Pelo fato destes estudos terem sido conduzidos em amostras cuja faixa etária variava de 20 a 95 anos (YOKOYAMA et al., 2017), é de se esperar que o aparecimento de compensações em retroversão aumente o valor médio da VP nestes estudos. Neste quesito vale ressaltar que o estudo de Yang et al. (2016) encontrou apenas valores positivos de VP em uma amostra com idade média de 34,1 anos que variava de 11 a 58 anos, dando indícios de uma população com maior tendência a retroversão. Para a IP, apenas o estudo de Yokoyama et al. (2017) apresentou um valor maior ($p < 0,001$) que o nosso estudo, sendo os demais semelhantes. O mesmo ocorreu para o estudo de Sohn et al. (2017), cuja lordose lombar foi estatisticamente maior que a encontrada em nossa amostra ($p = 0,004$). É interessante perceber que o SVA foi o parâmetro com maior discrepância entre as médias e os desvios padrões dos estudos analisados ($p < 0,0001$), nos levando a crer que a diferença intragrupos em diferentes populações por si só já é bastante alta, mesmo na ausência de um fator patológico ou doloroso como influenciador (YOKOYAMA et al., 2017; YANG et al., 2016). Para o alinhamento toracolombar (TL) e o comprimento da coluna lombar (L1S1) e toracolombar (T1S1), não foram encontrados trabalhos semelhantes para fins de comparação.

O impacto do sexo sobre os parâmetros espinopélvicos é controverso de acordo com a literatura. Neste estudo, a cifose torácica e o SVA foram os únicos parâmetros que variaram entre homens e mulheres. Asai et al. (2017) em um estudo com 1461 participantes encontrou um resultado similar ao nosso, onde a CT dos homens foi maior que das mulheres. Da mesma forma, eles também encontraram que o SVA das mulheres foi maior que a dos homens mas apenas em grupos com menos de 49 anos. A LL, VP e IP de mulheres eram maiores que a dos homens, enquanto que em nosso estudo esses parâmetros foram similares. Vialle et al. (2005) reportaram diferenças significantes na LL e IP, enquanto que Zhu et al. (2014) apenas entre a LL. Entretanto, Lee et al. (2011) não encontraram diferenças entre homens e mulheres para quaisquer parâmetros mensurados. Algo a ser levado em consideração sobre tantas disparidades é que as variações de indivíduo para indivíduo parecem ser maiores do que as diferenças entre sexos (ASAI et al., 2017).

De acordo com resultados previamente relatados na literatura, indivíduos com doenças do disco intervertebral possuem uma tendência a apresentar retificação da lordose lombar, inclinação sacral e incidência pélvica baixas, e uma compensação posterior progressiva da versão pélvica (YANG et al., 2014; UMEHARA et al., 2000; KELLER et al., 2005). Quanto mais horizontalizados estão os platôs vertebrais, a carga axial imposta à coluna agirá

diretamente sobre os discos, aumentando o desgaste dos mesmos (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011a).

Neste trabalho foram encontradas ligeiras tendências ao aumento da desidratação em todos os níveis de L1L2 a L5S1 perante baixas magnitudes do segmento lordótico da coluna lombar (Figura 21). Estes resultados reforçam o que já foi demonstrado na literatura através de modelos experimentais. Para explicar a provável influência biomecânica sobre o mecanismo de degeneração discal, Huang et al. (2012) observaram discos intervertebrais expostos à um aumento da carga axial decorrente da retificação da LL. Os autores encontraram uma redução na expressão das moléculas de proteoglicanos (em especial agregano), redução da expressão de colágeno Tipo I e Tipo II, e aumento da síntese de ADAMT (desintegrina e metaloproteinase com domínios trombospondina), o que indica um processo de degradação realizado por estas metaloproteinases sobre os proteoglicanos (HUANG et al., 2012). Esta redução de proteoglicanos é associada à perda do conteúdo hídrico, este detectável pela redução do tempo de relaxação T2. Recentemente uma revisão sistemática com meta-análise realizada por Chun et al. (2017) chegou à conclusão que casos de dor lombar associados à degeneração discal ou herniação estão associados à perda da curvatura lordótica quando comparados com indivíduos saudáveis. Foi interessante notar que nos casos de dor lombar não específica, essa diferença da LL com o grupo controle sadio foi menor (CHUN et al., 2017). Tal fato leva a crer que a perda da LL está associada ao processo degenerativo discal, o que corrobora com nossos resultados de que a diminuição do ângulo lordótico já poderia causar uma redução do conteúdo de água nos discos, ainda que pequena, mesmo em indivíduos sem sintomas de dor. Porém, como a própria revisão aponta é difícil realmente afirmar esta relação de causalidade sem estudos longitudinais.

A cifose torácica e o alinhamento entre as curvaturas toracolombar correlacionaram diretamente com os tempos de relaxação T2 nos discos L4L5 e L5S1 (Figura 21). De acordo com estes resultados, é possível inferir que o ângulo cifótico corroborou com a lordose agindo sobre o grau de desidratação dos discos lombares mais inferiores. Geralmente, o formato da CT acompanha as alterações na curva da LL (KELLER et al., 2005). A diminuição da cifose permite uma translação anterior do eixo de gravidade, o que aumenta a sobrecarga sobre os discos. Mesmo em indivíduos jovens, alterações discais estão associadas a um quadro de redução da cifose e da lordose, características proeminentes da coluna “*flat back*” (BARREY et al., 2013; RAJNICS et al., 2002). Mesmo baseando-se na análise da coluna como um todo, os discos mais inferiores foram os mais sobrecarregados, como podemos ver pelos valores de relaxometria (Tabela 2). Muriuki et al. (2016) levantaram a hipótese de que a severidade das

alterações discais aumentam do sentido cranial para caudal e observaram que discos colapsados (Grau 5 de Pfirrmann, Figura 1) apareciam apenas abaixo de L4L5 e os totalmente saudáveis (Grau 1 de Pfirrmann) apenas acima deste nível.

Observou-se que o aumento da VP levou à uma discreta perda do conteúdo de proteoglicanos dos discos de L4L5 e L3L4 (Tabela 7). Barrey et al. (2007) encontraram que indivíduos com degeneração discal e hérnia discal possuíam valores significativamente maiores da versão pélvica em relação ao grupo controle, ou seja, apresentavam maior retroversão da pelve. Os autores ainda comentam que em indivíduos com discopatias instaladas, existe uma associação com a perda de lordose, seja por alterações estruturais ou por adoção de uma postura antálgica, o qual existe uma compensação pélvica com a diminuição da IS e aumento de VP. Mardare et al. (2016) encontraram resultados semelhantes, já Oh e Eun (2015) não encontraram diferenças entre os parâmetros pélvicos de adultos jovens (18 a 24 anos) com e sem degeneração discal. A Figura 21 mostra que os valores de T1p foram quase constantes em relação ao aumento ou diminuição da VP, embora sua correlação tenha sido estatisticamente significativa, porém baixa (L3L4: $R = -0,24$; L4L5: $R = -0,26$; $p < 0,05$). Apesar de possuir uma contribuição discreta sobre o mecanismo chave para desencadear o processo degenerativo discal (perda dos proteoglicanos), assim como os demais parâmetros descritos parágrafos acima, a influência da VP sobre alterações da composição parece ser mínima. Aparentemente, uma vez que a discopatia já está instalada, o aumento da VP parece ser mais uma consequência como compensação pela alteração discal do que um fator causador.

Não encontramos relação entre a composição do disco e os demais parâmetros espinopélvicos: IS, SSA e SVA. Este fato foi interessante, principalmente em relação aos resultados da inclinação sacral, uma vez que este tem sido reportado na literatura como um dos fatores de maior influência sobre o alinhamento da coluna vertebral (ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011). Oh e Eun (2015) não encontraram relação entre LL e a degeneração discal em indivíduos adultos assintomáticos, porém sugeriram que a IS poderia ser um fator associado. Por outro lado, Ghasemi et al. (2016) reportaram que o ângulo sacral não pode ser considerado um fator de risco de forma isolada, o que corrobora com nossos achados.

Com relação ao SVA, um estudo de Yang et al. (2014) comparou um grupo normal e grupos com degeneração discal lombar assintomático e sintomático, onde identificaram que o SVA médio foi maior no grupo sintomático do que no assintomático. Além disso, um SVA acima de 5cm é considerado um critério de desequilíbrio sagital, podendo estar associado à

espondilolistese (GILLE et al., 2014) e também está correlacionado moderadamente com disfunções clinicamente relevantes ($ODI > 40$) (AILON et al., 2015). A literatura aponta que a redução das curvaturas vertebrais (LL e CT) associadas a diminuição da IS, um quadro recorrente nas doenças discais, são acompanhadas pelo aumento do SVA (YANG et al., 2014). Em nossa amostra composta por indivíduos com equilíbrio sagital balanceado, o SVA não apresenta correlação com a composição bioquímica do disco intervertebral. Como não houve nenhum voluntário incluído no estudo com desequilíbrio no plano sagital ($SVA > 5,0$ cm), há um viés que impossibilita generalizar os resultados do estudo atual. Estudos futuros incluindo pacientes com equilíbrio sagital desbalanceado serão importantes para avaliar a correlação entre o SVA e a composição bioquímica do disco intervertebral.

O ângulo espinossacral (SSA) também foi outro parâmetro espinopélvico global que não se correlacionou com a composição discal. Um estudo de Pellet et al. (2011) submeteu pacientes com dor lombar crônica discogênica a tratamentos cirurgicos e viu que o SSA aumentou significativamente após o procedimento. Outros 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), entretanto ele permaneceu inalterado em casos de anterolistese e retrolistese (ZHU et al., 2017). Além disso, o SSA se associa à presença da dor e alterações funcionais (LEE et al., 2017). Em nossos resultados o SSA não apresentou correlação com a composição do disco interveterbral. De forma semelhante a discussão a respeito do SVA, devemos considerar que nosso estudo incluiu apenas indivíduos assintomáticos e equilibrados no plano sagital, limitando a análise de correlação entre o SSA e a composição dos discos lombares.

É importante salientar que a capacidade de restauração dos proteoglicanos existe até mesmo em discos degenerados quando as cargas axiais aplicadas são fisiológicas (GAWRI et al., 2014). Os discos podem suportar compressões dinâmicas de até 1 MPa e 0,2 Hz mantendo seu metabolismo íntegro (MACLEAN et al., 2004). Uma vez que a amostra deste estudo consistiu de voluntários assintomáticos, a postura da coluna destes sujeitos pode ser considerada dentro dos limites esperados normais e fisiológicos. Desta forma presume-se que nossos achados refletem o efeito destas cargas fisiológicas sobre discos lombares. Tal fato explicaria os baixos valores de correlação, porém significantes, entre a composição discal e alguns parâmetros espinopélvicos.

O volume do disco correlacionou-se com o comprimento de T1S1. Esta característica era esperada uma vez que os tecidos do corpo se adaptam ao desenvolvimento e crescimento de cada indivíduo. Porém, não houve relação entre o conteúdo de água ou proteoglicanos com

o tamanho da coluna toracolumbar. Não foram encontrados estudos que avaliaram a relação entre o comprimento da coluna e a estrutura dos discos. Lee e Lee (2009) também não encontraram associação entre alterações discais e a altura, apenas para o peso.

Assim sendo, nossos resultados favorecem a hipótese de que o alinhamento espinopélvico possa não exercer uma forte influência sobre alterações da composição do disco, seja pelo envelhecimento ou um processo degenerativo precoce. Presumivelmente, outros fatores de risco podem ser mais importantes para estes processos. Até o presente momento, a idade tem sido descrita como o maior agente contribuidor para a progressão da degeneração discal (MARINELLI et al., 2010).

Além da idade, estudos prévios confirmaram que a genética dos indivíduos é um poderoso fator de risco para a degeneração discal. Uma revisão sistemática conduzida por Battié et al. (2004) encontrou uma influência substancial do fator genético sobre alterações dos discos lombares. O risco de herniação ou degeneração discal em indivíduos com até 21 anos é quatro a cinco vezes maior em casos com histórico familiar positivo para discopatias. Os processos biológicos associados com a síntese e degradação de componentes bioquímicos pode ser geneticamente predeterminado, causando alterações degenerativas mais aceleradas. Stone et al. (2014) encontraram uma forte influência genética nas curvaturas lombares e descreveram que quanto maior o ângulo da LL, menor foi a prevalência de discos lombares degenerados. Estes autores também encontraram que indivíduos com degeneração discal apresentavam um risco 3,2 vezes maior de desenvolver dor lombar no futuro. Porém, é importante ressaltar que sinais de degeneração da coluna estão presentes em altas porcentagens em populações assintomáticas, mesmo com o aumento da idade, mostrando que degeneração e dor não são fatores estritamente associados (BRINJIKJI et al., 2015).

Estresses mecânicos causados por movimentos intensos, repetitivos e assimétricos também foram identificados como um dos mais fortes desencadeadores para degeneração discal (WALTER et al., 2011). Efeitos genéticos sobre o tamanho e o formato das estruturas da coluna podem afetar as propriedades mecânicas e, conseqüentemente, a vulnerabilidade da coluna às forças externas (STONE et al., 2014). Assim, o formato e o alinhamento da coluna e pelve podem interferir indiretamente sobre a degeneração discal, tornando-a mais vulnerável em combinação com estes estresses dinâmicos, o que explicaria os valores de correlação significativos porém baixos.

O nível de atividade física tem sido descrito como um importante fator de proteção para a degeneração discal (ELFERING et al., 2002). Em uma revisão sistemática sobre fatores associados à degeneração discal, Battié et al. (2004) encontraram estudos prévios que

buscaram investigar os efeitos de cargas físicas sobre achados em RM. A maioria destes estudos encontraram associação entre cargas físicas muito intensas e degeneração discal, porém resultados contrários também foram observados. Paradoxalmente, atividades físicas repetitivas são comumente vistas como um fator preocupante para efeitos deletérios cumulativos sobre os discos; entretanto, exercícios físicos com fins terapêuticos e a prática esportiva apresentaram efeito contrário, sendo considerados benéficos para o disco intervertebral. Este efeito (benéfico ou maléfico) depende de fatores como tempo de recuperação da atividade física, nível de adaptação e estado de degeneração do disco. Exercícios ativos melhoram significativamente a amplitude de movimento da lombar, o que aumenta a nutrição e hidratação dos discos, e reduz a dor nos segmentos mais baixos da coluna (DZIERZANOWSKI et al., 2013). Na amostra deste estudo, utilizamos apenas indivíduos sedentários ou com prática irregular de atividade física, uma vez que este poderia ser um possível fator confundidor para análise da composição dos discos intervertebrais.

Quando a amostra foi estratificada de acordo com os subtipos posturais de Roussouly não houve diferença entre os grupos para os tempos de relaxação ou volume. Também foi realizada a mesma análise entre os subtipos, porém quanto à distribuição de discos degenerados e não-degenerados (utilizando-se a classificação de Pfirrmann para esta estratificação). Neste caso foi encontrado que o grupo Tipo 2 apresentou uma proporção maior de discos degenerados em relação ao Tipo 4 no nível discal de L4L5 ($p = 0,03$) (Figura 23). É interessante notar esta diferença pois o disco L4L5 tem sido descrito como um dos segmentos com maior frequência de degenerações clinicamente relevantes (CHEUNG et al., 2009). O Tipo 2 de Roussouly é comumente denominado de *flat back*, ou coluna plana, e é caracterizado por curvaturas torácica e lombar discretas, além de uma IS menor que 35° . Tais características são distintas do Tipo 4, cujas curvaturas espinhais são bem definidas, sendo a LL particularmente longa e acentuada, com altos valores de IS (ROUSSOULY e PINHEIRO-FRANCO, 2011). Keorochana et al. (2011) recrutou pacientes com dor lombar (com e sem radiculopatia) e os dividiu em três grupos de acordo com o formato da coluna: (1) coluna plana e hipercifótica, (2) normal e (3) hiperlordótica. Os autores também encontraram um aumento da degeneração no nível de L4L5 quando comparou o grupo coluna plana em relação ao grupo hiperlordótico, resultado semelhante ao deste estudo.

Independente do subtipo de Roussouly, o nível de L5S1 apresentou a maior incidência de discos degenerados (L1L2: $n = 19$; L2L3: $n = 13$; L3L4: $n = 12$; L4L5: $n = 13$; L5S1: $n = 21$). Keller et al. (2005) estudaram indivíduos assintomáticos e também encontraram que o nível L5S1 sofre maiores tensões por cisalhamento que os outros níveis.

Devido à grande variação no alinhamento sagital na população geral, cada subtipo postural de Roussouly pode ser considerado normal. Entretanto, estudos prévios sugerem que o Tipo 2 está associado a maior prevalência de dor lombar (BARREY et al., 2011; BARREY et al., 2007; ROUSSOULY; PINHEIRO-FRANCO, 2011). Por outro lado, Torrie et al. (2015) não encontraram diferenças entre os subtipos posturais quanto à frequência de degeneração discal em uma amostra contendo indivíduos assintomáticos e sintomáticos. Estes resultados da análise semiquantitativa corroboram com os achados da análise por relaxometria, pois em ambos os casos observou-se que indivíduos com valores de LL baixos apresentam uma tendência à desidratação discal, por consequência, espera-se que a frequência de discos classificados como degenerados também seja maior. Entretanto, na análise quantitativa dos subtipos de Roussouly, estes resultados não foram similares. Ao contrário do que se esperava, aparentemente os variados tipos e alinhamentos posturais não apresentam grandes diferenças entre si quanto ao possível surgimento de alterações ou anormalidades do disco intervertebral em uma população jovem. Fatores biomecânicos dinâmicos aparentam um maior peso para manifestação destas alterações.

Este estudo possui algumas limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, por ser uma avaliação transversal não é possível estabelecer uma relação de causa-consequência entre a degeneração discal e os parâmetros espinopélvicos. O ideal seria o acompanhamento destes voluntários por, pelo menos, 3 a 5 anos através de um estudo longitudinal. Adicionalmente, nossa amostra foi composta exclusivamente de indivíduos assintomáticos e não-atletas, sendo assim, indivíduos com o quadro algico já instalado poderiam manifestar resultados diferentes devido ao surgimento de possíveis compensações. Estudos futuros são necessários para investigar se um desequilíbrio do alinhamento espinopélvico está relacionado às alterações na composição do disco intervertebral em pacientes com dor lombar.

CONCLUSÃO

8. CONCLUSÃO

A maioria dos parâmetros espinopélvicos não se correlacionou com a composição dos discos intervertebrais lombares. Ao contrário de nossa hipótese inicial, nossos resultados sugerem que fatores biomecânicos como IP e IS não apresentam uma forte contribuição para a desidratação inicial dos discos lombares em indivíduos assintomáticos e sem desequilíbrio do alinhamento espinopélvico. Baixos valores de LL, CT e TL foram acompanhados de uma ligeira desidratação dos discos lombares.

Das características antropométricas, apenas o aumento da idade mostrou uma redução do conteúdo hídrico dos discos, enquanto que sexo e IMC não apresentaram qualquer associação. Quanto à análise semiquantitativa, identificamos uma maior incidência de discos degenerados no nível L4L5 no subgrupo Tipo 2 de Roussouly em relação ao Tipo 4. Entretanto, não houve nenhuma diferença entre os quatro subtipos posturais de Roussouly para a análise quantitativa dos tempos de relaxação ou volume dos discos intervertebrais.

REFERÊNCIAS

9. 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.
- AILON, T. et al. Degenerative Spinal Deformity. **Neurosurgery**, v. 77 Suppl 4, p. S75-91, Oct 2015.
- ANTONIOU, J. et al. Quantitative magnetic resonance imaging of enzymatically induced degradation of the nucleus pulposus of intervertebral discs. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 31, n. 14, p. 1547-54, Jun 2006.
- ASAI, Y. et al. Sagittal spino-pelvic alignment in adults: The Wakayama Spine Study. **PLoS One**, v. 12, n. 6, p. e0178697, 2017.
- 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.
- 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.
- 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.
- BERTHONNAUD, E. et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. **J Spinal Disord Tech**, v. 18, n. 1, p. 40-7, Feb 2005.
- BORTHAKUR, A. et al. T1ρ magnetic resonance imaging and discography pressure as novel biomarkers for disc degeneration and low back pain. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 25, p. 2190-6, Dec 2011.
- 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.
- CHEUNG, K. M. et al. Prevalence and pattern of lumbar magnetic resonance imaging changes in a population study of one thousand forty-three individuals. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 34, n. 9, p. 934-40, Apr 2009.
- CHUN, S. W. et al. The relationships between low back pain and lumbar lordosis: a systematic review and meta-analysis. **Spine J**, v. 17, n. 8, p. 1180-1191, Aug 2017.
- COLOMBINI, A. et al. Pathophysiology of the human intervertebral disc. **Int J Biochem Cell Biol**, v. 40, n. 5, p. 837-42, 2008.
- DAMASCENO, L.H.F. et al. Lumbar lordosis: a study of angle values and of vertebral bodies and intervertebral discs role. **Acta Ortop Bras**, v. 14, n. 4, p.193-198, 2006.
- DIEBO, B. G. et al. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? **Clin Neurol**
- De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

Neurosurg, v. 139, p. 295-301, Dec 2015.

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.

DZIERŻANOWSKI, M. et al. The influence of active exercise in low positions on the functional condition of the lumbar-sacral segment in patients with discopathy. **Adv Clin Exp Med**, v. 22, n. 3, p. 421-30, 2013 May-Jun 2013.

ERGÜN, T.; LAKADAMYALI, H.; SAHIN, M. S. The relation between sagittal morphology of the lumbosacral spine and the degree of lumbar intervertebral disc degeneration. **Acta Orthop Traumatol Turc**, v. 44, n. 4, p. 293-9, 2010.

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.

FERGUSON, S. J.; STEFFEN, T. Biomechanics of the aging spine. **Eur Spine J**, v. 12 Suppl 2, p. S97-S103, Oct 2003.

FREBURGER, J. K. et al. The rising prevalence of chronic low back pain. **Arch Intern Med**, v. 169, n. 3, p. 251-8, Feb 2009.

GAWRI, R. et al. Physiological loading can restore the proteoglycan content in a model of early IVD degeneration. **PLoS One**, v. 9, n. 7, p. e101233, 2014.

GHASEMI, A. et al. The Relation Between Sacral Angle and Vertical Angle of Sacral Curvature and Lumbar Disc Degeneration: A Case-Control Study. **Medicine (Baltimore)**, v. 95, n. 6, p. e2746, Feb 2016.

GILLE, O. et al. Degenerative lumbar spondylolisthesis: cohort of 670 patients, and proposal of a new classification. **Orthop Traumatol Surg Res**, v. 100, n. 6 Suppl, p. S311-5, Oct 2014.

GRUBER, H. E.; HANLEY, E. N. Ultrastructure of the human intervertebral disc during aging and degeneration: comparison of surgical and control specimens. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 27, n. 8, p. 798-805, Apr 2002.

HANAEI, S. et al. Genetic aspects of intervertebral disc degeneration. **Rev Neurosci**, v. 26, n. 5, p. 581-606, 2015.

HOY, D. et al. A systematic review of the global prevalence of low back pain. **Arthritis Rheum**, v. 64, n. 6, p. 2028-37, Jun 2012.

HUANG, M. et al. Alterations of ADAMTSs and TIMP-3 in human nucleus pulposus cells subjected to compressive load: Implications in the pathogenesis of human intervertebral disc degeneration. **J Orthop Res**, v. 30, n. 2, p. 267-73, Feb 2012.

JANG, J. S. et al. Changes in sagittal alignment after restoration of lower lumbar lordosis in patients with degenerative flat back syndrome. **J Neurosurg Spine**, v. 7, n. 4, p. 387-92, Oct 2007.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

2007.

JOHANNESSEN, W. et al. Assessment of human disc degeneration and proteoglycan content using T1rho-weighted magnetic resonance imaging. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 31, n. 11, p. 1253-7, May 2006.

KELLER, T. S. et al. Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. **Spine J**, v. 5, n. 3, p. 297-309, 2005 May-Jun 2005.

KEOROCHANA, G. et al. Effect of sagittal alignment on kinematic changes and degree of disc degeneration in the lumbar spine: an analysis using positional MRI. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 11, p. 893-8, May 2011.

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.

LAMARTINA, C. et al. Criteria to restore the sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis. **Eur Spine J**, v. 21 Suppl 1, p. S27-31, May 2012.

LATRIDIS, J. C. et al. Region-dependent aggrecan degradation patterns in the rat intervertebral disc are affected by mechanical loading in vivo. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 3, p. 203-9, Feb 2011.

LE HUEC, J. C. et al. Equilibrium of the human body and the gravity line: the basics. **Eur Spine J**, v. 20 Suppl 5, p. 558-63, Sep 2011.

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

LEE, D. Y.; LEE, S. H. Effect of anthropometric features on the severity of lumbar disk herniation. **Neurol Med Chir (Tokyo)**, v. 49, n. 3, p. 104-7; discussion 107, Mar 2009.

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. 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.

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.

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.

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**

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

(**Phila Pa 1976**), v. 35, n. 22, p. E1193-8, Oct 2010.

MACLEAN, J. J. et al. Anabolic and catabolic mRNA levels of the intervertebral disc vary with the magnitude and frequency of in vivo dynamic compression. **J Orthop Res**, v. 22, n. 6, p. 1193-200, Nov 2004.

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**, Aug 2016.

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.

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.

MASUDA, K.; OEGEMA, T. R.; AN, H. S. Growth factors and treatment of intervertebral disc degeneration. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 29, n. 23, p. 2757-69, Dec 2004.

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.

NASCIMENTO, P. R.; COSTA, L. O. Low back pain prevalence in Brazil: a systematic review. **Cad Saude Publica**, v. 31, n. 6, p. 1141-56, Jun 2015.

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.

NILSSON, M. et al. Axial loading during MRI influences T2-mapping values of lumbar discs: a feasibility study on patients with low back pain. **Eur Spine J**, v. 25, n. 9, p. 2856-63, Sep 2016.

NIOSI, C. A.; OXLAND, T. R. Degenerative mechanics of the lumbar spine. **Spine J**, v. 4, n. 6 Suppl, p. 202S-208S, 2004 Nov-Dec 2004.

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

NOEBAUER-HUHMANN, I. M. et al. Sodium MR imaging of the lumbar intervertebral disk at 7 T: correlation with T2 mapping and modified Pfirrmann score at 3 T--preliminary results. **Radiology**, v. 265, n. 2, p. 555-64, Nov 2012.

OH, Y. M.; EUN, J. P. Clinical Impact of Sagittal Spinopelvic Parameters on Disc Degeneration in Young Adults. **Medicine (Baltimore)**, v. 94, n. 42, p. e1833, Oct 2015.

PAAJANEN, H. et al. Diurnal fluid changes of lumbar discs measured indirectly by magnetic
De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

resonance imaging. **J Orthop Res**, v. 12, n. 4, p. 509-14, Jul 1994.

PATTAPPA, G. et al. Diversity of intervertebral disc cells: phenotype and function. **J Anat**, v. 221, n. 6, p. 480-96, Dec 2012.

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.

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.

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.

RAJASEKARAN, S. et al. ISSLS prize winner: A study of diffusion in human lumbar discs: a serial magnetic resonance imaging study documenting the influence of the endplate on diffusion in normal and degenerate discs. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 29, n. 23, p. 2654-67, Dec 2004. ISSN 1528-1159.

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.

RICHARDSON, S. M. et al. Increased expression of matrix metalloproteinase-10, nerve growth factor and substance P in the painful degenerate intervertebral disc. **Arthritis Res Ther**, v. 11, n. 4, p. R126, 2009.

RISBUD, M. V.; SHAPIRO, I. M. Role of cytokines in intervertebral disc degeneration: pain and disc content. **Nat Rev Rheumatol**, v. 10, n. 1, p. 44-56, Jan 2014.

ROAF, R. Vertebral growth and its mechanical control. **J Bone Joint Surg Br**, v. 42-B, p. 40-59, Feb 1960.

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.

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.

ROUSSOULY, P.; BERTHONNAUD, E.; DIMNET, J. [Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification]. **Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot**, v. 89, n. 7, p. 632-9, Nov 2003.

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.

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 2011a.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

ROUSSOULY, P.; PINHEIRO-FRANCO, J. L. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. **Eur Spine J**, v. 20 Suppl 5, p. 578-85, Sep 2011b.

RUBIN, D. I. Epidemiology and risk factors for spine pain. **Neurol Clin**, v. 25, n. 2, p. 353-71, May 2007.

SAKAI, D.; ANDERSSON, G. B. Stem cell therapy for intervertebral disc regeneration: obstacles and solutions. **Nat Rev Rheumatol**, v. 11, n. 4, p. 243-56, Apr 2015.

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.

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.

SCHWAB, F. J. et al. Adult scoliosis: a quantitative radiographic and clinical analysis. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 27, n. 4, p. 387-92, Feb 2002.

SHARMA, A.; PARSONS, M.; PILGRAM, T. Temporal interactions of degenerative changes in individual components of the lumbar intervertebral discs: a sequential magnetic resonance imaging study in patients less than 40 years of age. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 21, p. 1794-800, Oct 2011.

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.

SIMON, J. et al. Discogenic low back pain. **Phys Med Rehabil Clin N Am**, v. 25, n. 2, p. 305-17, May 2014.

SKOYLES, J. R. Human balance, the evolution of bipedalism and dysequilibrium syndrome. **Med Hypotheses**, v. 66, n. 6, p. 1060-8, 2006.

SOHN, S. et al. Sagittal spinal alignment in asymptomatic patients over 30 years old in the Korean population. **Acta Neurochir (Wien)**, v. 159, n. 6, p. 1119-1128, Jun 2017.

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.

STAGNARA, P. et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 7, n. 4, p. 335-42, 1982 Jul-Aug 1982.

STONE, M. A. et al. Heritability of spinal curvature and its relationship to disc degeneration and bone mineral density in female adult twins. **Eur Spine J**, Jul 2014.

TAKATALO, J. et al. Does lumbar disc degeneration on magnetic resonance imaging
De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

associate with low back symptom severity in young Finnish adults? **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 25, p. 2180-9, Dec 2011. ISSN 1528-1159.

TAYLOR, J. R. et al. Human intervertebral disc acid glycosaminoglycans. **J Anat**, v. 180 (Pt 1), p. 137-41, Feb 1992.

THALGOTT, J. S. et al. A new classification system for degenerative disc disease of the lumbar spine based on magnetic resonance imaging, provocative discography, plain radiographs and anatomic considerations. **Spine J**, v. 4, n. 6 Suppl, p. 167S-172S, 2004 Nov-Dec 2004.

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.

UMEHARA, S. et al. The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, n. 13, p. 1617-24, Jul 2000.

URBAN, J. P.; ROBERTS, S. Degeneration of the intervertebral disc. **Arthritis Res Ther**, v. 5, n. 3, p. 120-30, 2003.

VERGROESEN, P. P. et al. Mechanics and biology in intervertebral disc degeneration: a vicious circle. **Osteoarthritis Cartilage**, v. 23, n. 7, p. 1057-70, Jul 2015.

VERGROESEN, P. P. et al. Intradiscal pressure depends on recent loading and correlates with disc height and compressive stiffness. **Eur Spine J**, v. 23, n. 11, p. 2359-68, Nov 2014.

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

VO, N. V. et al. Expression and regulation of metalloproteinases and their inhibitors in intervertebral disc aging and degeneration. **Spine J**, v. 13, n. 3, p. 331-41, Mar 2013.

WALTER, B. A. et al. Complex loading affects intervertebral disc mechanics and biology. **Osteoarthritis Cartilage**, v. 19, n. 8, p. 1011-8, Aug 2011.

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.

WANG, W. et al. Multimodal quantitative magnetic resonance imaging for lumbar intervertebral disc degeneration. **Exp Ther Med**, v. 14, n. 3, p. 2078-2084, Sep 2017.

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.

YANG, M. et al. The Relationship between T1 Sagittal Angle and Sagittal Balance: A Retrospective Study of 119 Healthy Volunteers. **PLoS One**, v. 11, n. 8, p. e0160957, 2016.

YANG, X. et al. The characteristics of spinopelvic sagittal alignment in patients with lumbar disc degenerative diseases. **Eur Spine J**, v. 23, n. 3, p. 569-75, Mar 2014.

YOKOYAMA, K. et al. Age-related variations in global spinal alignment and sagittal balance in asymptomatic Japanese adults. **Neurol Res**, v. 39, n. 5, p. 414-418, May 2017.

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.

ZHU, F. et al. Lumbar Retrolisthesis in Aging Spine: What are the Associated Factors? **Clin Spine Surg**, v. 30, n. 6, p. E677-E682, Jul 2017.

ZHU, Z. et al. Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in Chinese populations. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 39, n. 1, p. E1-6, Jan 2014.

ZOBEL, B. B. et al. T1 ρ 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.

ZUO, J. et al. In vivo intervertebral disc characterization using magnetic resonance spectroscopy and T1 ρ imaging: association with discography and Oswestry Disability Index and Short Form-36 Health Survey. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 37, n. 3, p. 214-21, Feb 2012.

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

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

Ribeirão Preto, 27 de junho de 2012

Ofício nº 2334/2012
CEP/MGV

Prezados Senhores,

O trabalho intitulado **“EFEITO DOS SUBTIPOS POSTURAIS SOBRE OS DISCOS INTERVERTEBRAIS LOMBARES ESTUDO POR MEIO DE TÉCNICAS QUANTITATIVAS EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA”**, foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 348ª Reunião Ordinária realizada em 25/06/2012, e enquadrado na categoria: **APROVADO**, bem como o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – versão 2 – 11/06/2012**, de acordo com o Processo HCRP nº 4236/2012.

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

RAFAEL DE MENEZES REIS

PROF.DR. MARCELLO HENRIQUE NOGUEIRA BARBOSA(Orientador)

Depto. de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

ANEXO B – 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 Sexual

- ☐ Minha vida sexual é normal e não aumenta minha dor.
- ☐ Minha vida sexual é normal, mas causa um pouco mais de dor. Minha
- ☐ vida sexual é quase normal, mas causa muita dor.
- ☐ Minha vida sexual é severamente limitada pela dor. Minha
- ☐ vida sexual é quase ausente por causa da dor. A dor me
- ☐ impede de ter uma vida sexual.

Seção 9 – 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 10 – Locomoção (ônibus/carro/táxi)

- ☐ 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.

ANEXO C – 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 sugerir o paciente.

ANEXO D – Questionário Internacional de Atividade Física

CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA IPAQ

- 1. MUITO ATIVO:** aquele que cumpriu as recomendações de:
- a) VIGOROSA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão
 - b) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão + MODERADA e/ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão.
- 2. ATIVO:** aquele que cumpriu as recomendações de:
- a) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão; **ou**
 - b) MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão; ou
 - c) Qualquer atividade somada: ≥ 5 dias/sem e ≥ 150 minutos/sem (caminhada + moderada + vigorosa).
- 3. IRREGULARMENTE ATIVO:** aquele que realiza atividade física porém insuficiente para ser classificado como ativo pois não cumpre as recomendações quanto à frequência ou duração. Para realizar essa classificação soma-se a frequência e a duração dos diferentes tipos de atividades (caminhada + moderada + vigorosa). Este grupo foi dividido em dois sub-grupos de acordo com o cumprimento ou não de alguns dos critérios de recomendação:
- IRREGULARMENTE ATIVO A:** aquele que atinge pelo menos um dos critérios da recomendação quanto à frequência ou quanto à duração da atividade:
- a) Frequência: 5 dias /semana **ou**
 - b) Duração: 150 min / semana
- IRREGULARMENTE ATIVO B:** aquele que não atingiu nenhum dos critérios da recomendação quanto à frequência nem quanto à duração.
- 4. SEDENTÁRIO:** aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

Exemplos:

Indivíduos	Caminhada		Moderada		Vigorosa		Classificação
	F	D	F	D	F	D	
1	-	-	-	-	-	-	Sedentário
2	4	20	1	30	-	-	Irregularmente Ativo A
3	3	30	-	-	-	-	Irregularmente Ativo B
4	3	20	3	20	1	30	Ativo
5	5	45	-	-	-	-	Ativo
6	3	30	3	30	3	20	Muito Ativo
7	-	-	-	-	5	30	Muito Ativo

F = Frequência – D = Duração

Association Between Lumbar Spine Sagittal Alignment and L4-L5 Disc Degeneration Among Asymptomatic Young Adults

Rafael Menezes-Reis, MSc,* Gustavo Perazzoli Bonugli, MSc,* Vitor Faeda Dalto, MD,*
Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero, MD, PhD,[†] Helton Luiz Aparecido Defino, MD, PhD,[†]
and Marcello Henrique Nogueira-Barbosa, MD, PhD*

Study design. Cross-sectional observational study on the relationship between the degrees of disc degeneration and sagittal alignment in asymptomatic healthy individuals.

Objective. This study sought to determine whether the sagittal spine alignment subtype is related to the prevalence of lumbar disc degeneration.

Summary and Background Data. Sagittal balance and spinopelvic parameters might be risk factors for disc degeneration.

Methods. A total of 70 asymptomatic participants (36 women and 34 men) without regular physical activity were categorized according to the four subtypes of sagittal alignment proposed by Roussouly. All participants underwent magnetic resonance imaging of the lumbar spine (1.5T) and panoramic radiography of the spine. The degree of disc degeneration was graded using T2-weighted images according to the Pfirrmann classification. Spinopelvic parameters and vertebral curvatures were measured on digital panoramic radiographs using Surgimap software. Interobserver analyses for the Pfirrmann classification and spinopelvic parameters were assessed using the weighted Kappa and intraclass correlation coefficient (ICC), respectively.

Results. The Kappa associated with disc degeneration classification was 0.79 (95% confidence intervals 0.72–0.87). The ICCs were excellent, with small confidence intervals for all spinopelvic parameters. The type II group (flat lordosis) showed a higher frequency of degenerated discs at L4-L5 ($P=0.03$) than the type IV group (long and curved lumbar spine). No significant differences in disc degeneration were observed among the four subtypes at the other disc levels. We found a negative, moderate correlation between the spinopelvic parameters and the occurrence of disc degeneration in the type II group.

Conclusion. The Roussouly subtype II sagittal alignment is significantly associated with disc degeneration at L4-L5 in asymptomatic young adults. Our results support the hypothesis that spinal sagittal alignment plays a role in early disc degeneration.

Key words: alignment, balance, degeneration, disc, lumbar, posture, sagittal, spine, spinopelvic.

Level of Evidence: 3

Spine 2016;41:E1081–E1087

From the *Division of Radiology, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil; and [†]Department of Biomechanics, Medicine, and Rehabilitation of the Locomotor Apparatus, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil.

Acknowledgment date: August 21, 2015. First revision date: December 10, 2015. Acceptance date: February 16, 2016.

The manuscript submitted does not contain information about medical device(s)/drug(s).

CAPES and CNPq grant funds were received in support of this work.

Relevant financial activities outside the submitted work: grants, employment, and payment for manuscript preparation.

Address correspondence and reprint requests to Rafael Menezes-Reis, MSc, Radiology Division, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Av. Bandeirantes, 3900, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil 14049-090; E-mail: rafaelmenezesreis@gmail.com

DOI: 10.1097/BRS.0000000000001568

Spine

Spinal sagittal balance is important with regard to the development of lumbar spine degeneration.^{1–3} The spinal sagittal balance can activate compensatory mechanisms in the degenerative spine such as reduction of thoracic kyphosis, intervertebral hyperextension, retrolisthesis, pelvis retroversion, knee flexion, and ankle extension.¹ However, it is not clear if there is a cause-and-effect relationship between spinopelvic alignment and early disc degeneration.

Roussouly *et al*⁴ proposed a classification system with four postural subtypes based on the sagittal balance patterns observed in asymptomatic young adults. This classification is based on sacral slope (SS) grade and vertebral curvatures. When the SS is less than 35°, the lumbar lordosis (LL) arc is nearly absent and the thoracic kyphosis (TK) is long, the sagittal alignment is classified as type I. When the distal arch is low and long and the LL is flat, the sagittal alignment is classified as type II. When the SS is between 35° and 45°, and

www.spinejournal.com E1081

Original Article

Lumbar intervertebral discs T2 relaxometry and T1ρ relaxometry correlation with age in asymptomatic young adults

Rafael Menezes-Reis¹, Carlos E. Garrido Salmon^{1,2}, Gustavo P. Bonugli¹, Debora Mazorowski¹, Mauricio H. Tamashiro¹, Leonor G. Savarese¹, Marcello Henrique Nogueira-Barbosa^{1,3}

¹Laboratory of informatics in radiology (LAPIR), Ribeirão Preto Medical School, Ribeirão Preto, Brazil; ²Department of Physics, Ribeirão Preto School of Philosophy and Sciences, University of São Paulo, Ribeirão Preto, Brazil; ³Division of Radiology, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Ribeirão Preto, Brazil

Correspondence to: Rafael Menezes-Reis. Radiology Division, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, USP, Av. Bandeirantes, 3900, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil. Email: rafaelmenezesreis@gmail.com.

Background: To investigate the detection of intervertebral disc (IVD) composition aging-related changes using T2 and T1ρ relaxometry in vivo in asymptomatic young adults.

Methods: We recruited ninety asymptomatic and young adults (42 men and 48 women) between 20 and 40 years old. T2 and T1ρ lumbar spine mappings were acquired using 1.5 T magnetic resonance imaging (MRI) scanner. Two independent observers manually segmented 450 lumbar discs in all slices. They also performed sub region segmentation of annulus fibrosus (AF) and nucleus pulposus (NP) at the central MRI sagittal slices.

Results: There was no difference between men and women for T2 ($P=0.37$) or T1ρ relaxometry ($P=0.97$). There was a negative correlation between age (20–40 years) and IVD T2 relaxation time of the whole disc ($r=-0.30$, $P<0.0001$), NP ($r=-0.20$ to -0.51 , $P<0.05$) and posterior AF ($r=-0.21$ to -0.31 , $P<0.05$) at all lumbar disc levels. There was no statistical correlation between aging and IVD T1ρ relaxation both for NP and AF.

Conclusions: T2 relaxometry detected gradual IVD dehydration in the first two decades of adulthood. We observed no significant variation of T1ρ or volumetry with aging in our study group. Our results suggest that T2 mapping may be more appropriate to detect early IVD aging changes.

Keywords: Intervertebral disc (IVD) degeneration; magnetic resonance imaging (MRI); lumbosacral region; spine; aging

Submitted Jun 07, 2016. Accepted for publication Jun 23, 2016.

doi: 10.21037/qims.2016.08.01

View this article at: <http://dx.doi.org/10.21037/qims.2016.08.01>

Introduction

The intervertebral disc (IVD) is considered the most important structure that ensures the functionality of the human spine (1). Many studies have evaluated the pathophysiology of the IVD degenerative processes and its potential contribution to the appearance of acute and chronic diseases of the lumbar spine (2). Such studies are increasingly common in the global scenario.

Water molecules, proteoglycans, glycosaminoglycans (GAGs) and collagen fibers present in the nucleus

pulposus (NP) and annulus fibrosus (AF) are responsible for maintaining the structure and functionality of spinal discs (1,3). The use of quantitative techniques, such as T2 and T1ρ relaxometry, allows for the *in vivo* analysis of the biochemical composition of IVDs. Recently, these techniques have been increasingly employed in studies of IVD pathophysiology (4). Furthermore, the possibility of a volumetric measurement makes it feasible to calculate the volume of anatomical structures of interest (5).

During the aging process, there is a natural decrease in the percentage of proteoglycans and water accompanied by

ANEXO G – Scripts de programação para extração dos dados quantitativos

```
#!/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="";                                   # Inicialização vazia
da variavel NomePastaAnter
$teste = @pastas ;                                    # Guarda na variavel teste o
numero de pastas
$contador=0;                                          # Inicialização nula da
variavel contador
while($contador != $teste)                            # Ciclo variando pelas
diferentes pastas
{
    $arquivo = $pastas[0];                            # Inicio do ciclo das pastas
    arquivo o nome da primeira pasta                  # Guarda na variavel
    $Start = index($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-
routina 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

```

```

*****Geração 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 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFP5 (mm2/s); ±DP(mm2/s);
AFA5 (mm2/s); ±DP(mm2/s); NP4 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFP4 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFA4
(mm2/s); ±DP(mm2/s); NP3 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFP3 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFA3
(mm2/s); ±DP(mm2/s); NP2 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFP2 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFA2
(mm2/s); ±DP(mm2/s); NP1 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFP1 (mm2/s); ±DP(mm2/s); AFA1
(mm2/s); ±DP(mm2/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].";".$AFP4_mean
        an[$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].";".$NP2_mean[$c].";".$NP2_DP[$c].";".$AFP2_mean[$c].";".$AFP2_DP[$c].";".$AFA2
        _mean[$c].";".$AFA2_DP[$c].";".$NP1_mean[$c].";".$NP1_DP[$c].";".$AFP1_mean[$c].";"
        ."$AFP1_DP[$c].";".$AFA1_mean[$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];
    $ssh->mincheader(" $file > mincheader.txt ");
    $linha = $ssh->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";
    $ssh->rm(" mincheader.txt");
    push(@nomes,$PrimNome."_".$ano."_".$mes."_".$dia);
    #$PrimNome = $PrimNome."_".$ano.$mes.$dia;
    print "FileName: ".$PrimNome."\n";

#####Estimativa do
ADC#####
    $ssh->res($lbl,$PrimNome."_process");          # registra label com
    mapa adc

#####Media em Núcleo Pulposo 5#####
    $ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
    mask_binvalue 1 > volume1.txt");
    $tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
    $temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
    $NP5_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
    print "NP5_mean: ".$NP5_mean."\n";

```

```

$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP5_mean,$NP5_mean);
#*****Desvio padrao em Núcleo Pulposo 5*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 1 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$NP5_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP5_DP,$NP5_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Posterior
5*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 2 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFP5_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFP5_mean: ".$AFP5_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP5_mean,$AFP5_mean);
#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior Vértebra
5*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 2 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFP5_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP5_DP,$AFP5_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 5*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 3 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFA5_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFA5_mean: ".$AFA5_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFA5_mean,$AFA5_mean);
#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior
5*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 3 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFA5_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFA5_DP,$AFA5_DP);
#*****Media em Núcleo Pulposo 4*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 4 > volume1.txt");

```

```

$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$NP4_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "NP4_mean: ".$NP4_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP4_mean,$NP4_mean);
#*****Desvio padrao em Núcleo Pulposo 4*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 4 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$NP4_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP4_DP,$NP4_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Posterior
4*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 5 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFP4_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFP4_mean: ".$AFP4_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP4_mean,$AFP4_mean);
#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior Vértebra
4*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 5 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFP4_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP4_DP,$AFP4_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 4*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 6 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFA4_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFA4_mean: ".$AFA4_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFA4_mean,$AFA4_mean);
#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior
4*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 6 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFA4_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");

```

```

push(@AFA4_DP,$AFA4_DP);
#*****Media em Núcleo Pulposo 3*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 7 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$NP3_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "NP3_mean: ".$NP3_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP3_mean,$NP3_mean);
#*****Desvio padrao em Núcleo Pulposo 3*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 7 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$NP3_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP3_DP,$NP3_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Posterior
3*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 8 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFP3_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFP3_mean: ".$AFP3_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP3_mean,$AFP3_mean);
#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior Vértebra
3*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 8 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFP3_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP3_DP,$AFP3_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 3*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 9 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFA3_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFA3_mean: ".$AFA3_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFA3_mean,$AFA3_mean);
#*****Desvio padrao em ANulo Fibroso Anterior
3*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 9 > volume1.txt");

```

```

$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFA3_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFA3_DP,$AFA3_DP);
#*****Media em Núcleo Pulpos 2*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 10 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$NP2_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "NP2_mean: ".$NP2_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP2_mean,$NP2_mean);
#*****Desvio padrao em Núcleo Pulpos 2*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 10 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$NP2_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP2_DP,$NP2_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Posterior
2*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 11 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFP2_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFP2_mean: ".$AFP2_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP2_mean,$AFP2_mean);
#*****Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior Vértebra
2*****
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 11 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFP2_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP2_DP,$AFP2_DP);
#*****Media em Anulo Fibroso Anterior 2*****
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 12 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFA2_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFA2_mean: ".$AFA2_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFA2_mean,$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");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFA2_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFA2_DP,$AFA2_DP);
#####Media em Núcleo Pulposo 1#####
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 13 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Mean volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$NP1_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "NP1_mean: ".$NP1_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP1_mean,$NP1_mean);
#####Desvio padrao em Núcleo Pulposo 1#####
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 13 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$NP1_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@NP1_DP,$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");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+15);
$AFP1_mean = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
print "AFP1_mean: ".$AFP1_mean."\n";
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP1_mean,$AFP1_mean);
#####Desvio padrao em Anulo Fibroso Posterior Vértebra
1#####
$ssh->mincstats(" -stddev ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 14 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->grep(" Stddev volume1.txt");
$temp1 = substr($tag1,rindex($tag1,":")+13);
$AFP1_DP = substr($temp1,0,rindex($temp1," "));
$ssh->rm("volume1.txt");
push(@AFP1_DP,$AFP1_DP);
#####Media em Anulo Fibroso Anterior 1#####
$ssh->mincstats(" -mean ".$PrimNome."_process.mnc.gz -mask ".$lbl."_res.mnc.gz -
mask_binvalue 15 > volume1.txt");
$tag1 = $ssh->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 diretorio inicial
```

```
}
```

```
# Fim do programa principal
```

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

#####
#Autor: Carlos Garrido e Rodrigo Pessini
#Ribeirao Preto, 04 de julho de 2012
#versao 1.0
#
#
#####
#@NAME      :
#@INPUT     :
#@OUTPUT    :
#@RETURNS   :
#@DESCRIPTION: C

# Modulo(Biblioteca) de acesso aos comandos do shell

use Shell;

my $sh = Shell->new();

*****Main*****
*****

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

print "\n Iniciando Processo...\n";
print "\n-- Por favor aguarde --\n";

@pastas = glob("./*");
$NomePastaAnter="";
$teste = @pastas ;
$contador=0;
while($contador != $teste)
{
    $arquivo = $pastas[0];
    $Start = index($arquivo,"./") + 2;
    $NomePasta = substr($arquivo,$Start);
    if($NomePasta ne $NomePastaAnter)
    {
        print "\n
=====
==== \n";
        print "O nome do paciente eh: ".$NomePasta."\n";
        &Processamento;

    }
    $NomePastaAnter = $NomePasta;
}
```

```

shift(@pastas ); #RETIRA O PRIMEIRO ELEMENTO DA LISTA
$contador=$contador+1;

}

#=====
=====
sub Processamento
{print"\n\n Obtendo dados do paciente...\n\n";
chdir($NomePasta);
print "\n\n".$pastas[0]."\n\n";
@d1 = glob("./*_e1.mnc.gz");
$file = $d1[0];
$ssh->mincheader(" $file > mincheader.txt ");
$linha = $ssh->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,"_");
$NomePaciente = substr($NomePasta,0,$Stop);
$Stop = index($NomePasta,"_".$ano);
$PrimNome = substr($NomePasta,0,$Stop);
$ssh->rm(" mincheader.txt");

print "\n\n Primeiro nome: $PrimNome \n\n";
print "\n\n".$pastas [0]."\n\n";
#*****Processamento das
imagens*****

print"\n\n Iniciando Processamento...\n\n";

# $ssh->rm(" *.xfm");
# $ssh->rm(" *grid_0.mnc");
# relaxo
# $ssh->mkdir("Analise_mt_relaxo");

print "\n\n".$pastas[0]."\n\n";

```

```

# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e1.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e1.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e2.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e2.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e3.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e3.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e4.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e4.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e5.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e5.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e6.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e6.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e7.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e7.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e8.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e8.mnc.gz");

# chdir("Analise_mt_relaxo");
print"\n\n Gerando Relaxo...\n\n";
print "\n\n".$pastas[0]."\n\n";
print"\n\n 1° Passo) Iniciando RelaxoN...\n\n";
require "/usr/local/scripts/relaxon_t2rho.pl";
&main;
$sh->mv(" relaxom.mnc /".$PrimNome."_".$ano."_".$mes."_".$dia."_process.mnc");
$sh->mv(" density.mnc /".$PrimNome."_".$ano."_".$mes."_".$dia."_density.mnc");
$sh->gzip(" *.mnc");

chdir("..");

chdir("..");

}

```

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

#####
#Autor: Carlos Garrido e Rodrigo Pessini
#Ribeirao Preto, 04 de julho de 2012
#versao 1.0
#
#
#####
#@NAME      :
#@INPUT     :
#@OUTPUT    :
#@RETURNS   :
#@DESCRIPTION: C

# Modulo(Biblioteca) de acesso aos comandos do shell

use Shell;

my $sh = Shell->new();

*****Main*****
*****

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

print "\n Iniciando Processo...\n";
print "\n-- Por favor aguarde --\n";

@pastas = glob("./*");
$NomePastaAnter="";
$teste = @pastas ;
$contador=0;
while($contador != $teste)
{
    $arquivo = $pastas[0];
    $Start = index($arquivo,"./") + 2;
    $NomePasta = substr($arquivo,$Start);
    if($NomePasta ne $NomePastaAnter)
    {
        print "\n
=====
==== \n";
        print "O nome do paciente eh: ".$NomePasta."\n";
        &Processamento;

    }
    $NomePastaAnter = $NomePasta;
}
```

```

shift(@pastas ); #RETIRA O PRIMEIRO ELEMENTO DA LISTA
$contador=$contador+1;

}

#=====
=====
sub Processamento
{print"\n\n Obtendo dados do paciente...\n\n";
chdir($NomePasta);
print "\n\n".$pastas[0]."\n\n";
@d1 = glob("./*_0_e1.mnc.gz");
$file = $d1[0];
$ssh->mincheader(" $file > mincheader.txt ");
$linha = $ssh->grep(" dicom_0x0008:el_0x0020 mincheader.txt");
$ste1 = substr($linha,rindex($linha,"")+2);
$Stop = rindex($ste1,"");
$ste = substr($ste1,0,$Stop);
$start = index($ste,"")+1;
$stop = index($ste,"")+4;
$ano = substr($ste,$start,$stop);
$Start = index($ste,"")+5;
$Stop = index($ste,$ano)+1;
$mes = substr($ste,$Start,$Stop);
$start = index($ste,"")+7;
$stop = index($ste,"")+9;
$dia = substr($ste,$start,$stop);

$Stop = index($NomePasta,"_");
$NomePaciente = substr($NomePasta,0,$Stop);
$Stop = index($NomePasta,"_".$ano);
$PrimNome = substr($NomePasta,0,$Stop);
$ssh->rm(" mincheader.txt");

print "\n\n Primeiro nome: $PrimNome \n\n";
print "\n\n".$pastas [0]."\n\n";
#*****Processamento das
imagens*****

print"\n\n Iniciando Processamento...\n\n";

# $ssh->rm(" *.xfm");
# $ssh->rm(" *grid_0.mnc");
# relaxo
# $ssh->mkdir("Analise_mt_relaxo");

print "\n\n".$pastas[0]."\n\n";

```

```

# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e1.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e1.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e2.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e2.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e3.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e3.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e4.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e4.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e5.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e5.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e6.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e6.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e7.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e7.mnc.gz");
# $sh->mv(" /".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e8.mnc.gz
./Analise_mt_relaxo/".$PrimNome."_".$ano.$mes.$dia."_0_e8.mnc.gz");

# chdir("Analise_mt_relaxo");
print"\n\n Gerando Relaxo...\n\n";
print "\n\n".$pastas[0]."\n\n";
print"\n\n 1° Passo) Iniciando RelaxoN...\n\n";
require "/usr/local/bic/scripts/relaxon_t1rho.pl";
&main;
$sh->mv(" relaxom.mnc /".$PrimNome."_relaxot1rho_sem_janela.mnc");
$sh->mv(" density.mnc /".$PrimNome."_density.mnc");
$sh->gzip(" *.mnc");

chdir("..");

chdir("..");

}

```



```
#!/usr/bin/perl

#####
#Autores:Paula Rejane Beserra Diniz e Carlos Garrido Salmon #
#Ribeirao Preto-Vitoria da Conquista,03 de agosto de 2006 #
#versao 2
#####

# Modulo(Biblioteca) de acesso aos comandos do shell
use Shell;

my $sh = Shell->new();

sub main
{

    print"\n\n Iniciando RelaxoN...\n\n";

    #print "Digite o número de ecos (coincide com o número de arquivos): ";

    #$necos = <STDIN>;
    #$chomp = chomp($necos);
    #corrigir o usuário caso tenha digitado 1 como numero de ecos.(Esta ok!)
    @vector = glob("/*_e*.mnc.gz");
    print "Arquivos com ecos: ".$vector."\n";
    #@Im1 = grep(/([0-9][0-9])/,@vector3);
    $necos = @vector;
    print"\n\n O valor do numero de ecos eh $necos ...\n\n";
    while($necos == 1)
    {
        print "\n\n*****ATENÇÃO:DEVE TER, AO MENOS, 2 ECHOS
*****\n\n";
        print "Por favor digite:\n 1 para definir o numero de ecos\n ou \n 2 se desejar sair do
programa deseja sair\n\n";
        print "Resposta:";
        $resposta = <STDIN>;
        $chomp = chomp($resposta);
        if($resposta == 1)
        {
            { print "\n\nDigite o número de ecos (coincide com o número de arquivos): ";
              $necos = <STDIN>;
              $chomp = chomp($necos);
            }
        }
        else
        {
            print "\n\nATIVIDADE FINALIZADA\n\n";
            print
            "*****
            *\n\n";
            exit;
        }
    }
}
```

```

}
$kk = $necos;
$EcNu = 1;
$xs = 0;
$x2s = 0;
#print "\n Escolha o primeiro numero do echo\n\n";
#    print "Resposta:";
#        #$resposta = <STDIN>;
#        #$chomp = chomp($resposta);
#        $resposta =1;

print "\n Iniciando Etapa 1...\n";
while($kk != 0)
{
    print "Contador: ".$kk."\n";
    &BuscaImagem;
    print "Im: ".$Im."\n";
    #limpa o nome da imagem e guarda na variável
    $Imagem = substr($Im,rindex($Im,"/") +1);
    &ValorTempoEcho;
    print "\n O valor do tempo de echo $resposta é: $TE ...\n";
    #print "\nFazendo o logaritmo da imagem e$resposta ...\n";
    $sh->mincmath(" -clobber -double -log ".$Imagem." logy.mnc");

    #print "\n Multiplicando a imagem resultante do logaritmo pelo tempo de echo
correspondente...\n";
    $sh->mincmath(" -clobber -double -mult -constant $TE logy.mnc xy.mnc");
    if($EcNu > 1)
    {
        $sh->mincmath(" -clobber -double -add xys.mnc xy.mnc xya.mnc");
        $sh->mincmath(" -clobber -double -add ys.mnc logy.mnc ya.mnc");
        $sh->mv("xya.mnc xys.mnc");
        $sh->mv("ya.mnc ys.mnc");}
    else
    {
        $sh->mv("xy.mnc xys.mnc");
        $sh->mv("logy.mnc ys.mnc");}

    $xs = $xs + $TE;
    $x2s = $x2s + $TE*$TE;

    $EcNu = $EcNu + 1;
    $kk= $kk - 1;
    $resposta = $resposta + 1;
}

$sh->rm(" logy.mnc");

$sh->rm(" xy.mnc");
print "\n Iniciando Etapa 2...\n";
$Numer = $necos*$x2s - $xs*$xs;

```

```

$aDenom = 1/$Numer;

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$xs." ys.mnc xsys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$x2s." ys.mnc x2sys.mnc");

$sh->rm(" ys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$necos." xys.mnc nxys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$xs." xys.mnc xsxys.mnc");

$sh->rm(" xys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -sub x2sys.mnc xsxys.mnc aNumer.mnc");

$sh->rm(" x2sys.mnc");

$sh->rm(" xsxys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -sub xsys.mnc nxys.mnc Denom.mnc");

$sh->rm(" xsys.mnc");

$sh->rm(" nxys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -invert -constant ".$Numer." Denom.mnc relaxosj.mnc");

$sh->rm(" Denom.mnc");


#$sh->mincmath(" -double -exp -constant ".$aDenom." aNumer.mnc density.mnc");

#$sh->rm(" aNumer.mnc");

print "\nGerando a imagem de Relaxometria...\n";

$sh->mincwindow(" relaxosj.mnc relaxom.mnc 1 1500");

#$sh->mincmath(" -segment -const2 1 1500 relaxosj.mnc");

print "\nGerando a imagem de Densidade de protons...\n";

$sh->mincmath(" -double -exp -constant ".$aDenom." aNumer.mnc density.mnc");

$sh->rm(" aNumer.mnc");

#$sh->mincmath(" -double -mult relaxosj.mnc density.mnc densitysc.mnc");

```

```

#$sh->rm(" density.mnc");

$sh->rm(" relaxosj.mnc");

#$resposta=0;
#while($resposta!=3)
#{
#   print "TRABALHO CONCLUIDO\n";
#   print
#   "*****\n";
#   print "Deseja visualizar a imagem ...\n";
#   print "Digite:\n a) 1 se desejar visualizar a imagem de relaxometria.\n b) 2 se desejar
visualizar a imagem de densidade de protons. \n c) 3 se desejar sair do programa. \n";
#   print "Resposta:";
#   $resposta=<STDIN>;
#
#   if($resposta == 1)
#   { $sh->xdisp(" relaxom.mnc");
#   }
#   else
#   { if($resposta == 2)
#   { $sh->xdisp(" density.mnc");
#   }
#   else
#   {
#       if($resposta == 3)
#       { print "ATIVIDADE FINALIZADA\n";
#       print
#       "*****\n";
#       }
#   }
#   }
#   }
}

```

#subrotina que faz a busca pela Imagem correspondente ao

echo*****

sub BuscaImagem

```

{
    @vector = glob("./*_e*.mnc.gz");
    print "Arquivos com ecos: ".$vector."\n";
    for(@vector)
    {
        if(/(e$resposta)/) # Todas as imagens que contenham a expressão
        {
            $Im = $_;

            }
        }
    }
}

```

```

}
# fim da busca pela imagem
*****

#subrotina para obter o tempo de echo da
imagem*****
sub ValorTempoEcho
{
    print "Imagem: ".$Imagem."\n";
    $ssh->mincheader(" $Imagem > mincheader.txt");
    $vector = $ssh->grep(" echo_time mincheader.txt");
    $temp = substr($vector,rindex($vector,"")+2);
    $temp2 = substr($temp,0,rindex($temp," "));
    $TE = $temp2*1000;
    $ssh->rm(" mincheader.txt");
}
# fim da busca pelo tempo de
echo*****

```

```
#!/usr/bin/perl

#####
#Autores:Rafael de Menezes Reis e Carlos Garrido Salmon  #
#Ribeirao Preto      #
#versao 2
#####

# Modulo(Biblioteca) de acesso aos comandos do shell
use Shell;

my $sh = Shell->new();

sub main
{

    print"\n\n Iniciando RelaxoN...\n\n";

    #print "Digite o número de ecos (coincide com o número de arquivos): ";

    #$necos = <STDIN>;
    #$chomp = chomp($necos);
    #corrigir o usuário caso tenha digitado 1 como numero de echos.(Esta ok!)
    @vector = glob("/*_e*.mnc.gz");
    print "Arquivos com ecos: ".$vector."\n";
    #@Im1 = grep(/[0-9][0-9]/,@vector3);
    $necos = @vector;
    print"\n\n O valor do numero de echos eh $necos ...\n\n";
    while($necos == 1)
    {
        print "\n\n*****ATENÇÃO:DEVE TER, AO MENOS, 2 ECHOS
*****\n\n";
        print "Por favor digite:\n 1 para definir o numero de echos\n ou \n 2 se desejar sair do
programa deseja sair\n\n";
        print "Resposta:";
        $resposta = <STDIN>;
        $chomp = chomp($resposta);
        if($resposta == 1)
            {print "\n\nDigite o número de ecos (coincide com o número de arquivos): ";
            $necos = <STDIN>;
            $chomp = chomp($necos);
            }
        else
            { print "\n\nATIVIDADE FINALIZADA\n\n";
            print
            "*****
            *\n\n";

            exit;
            }
    }
}
```

```

}
$kk = $necos;
$EcNu = 1;
$xs = 0;
$x2s = 0;
#print "\n Escolha o primeiro numero do echo\n\n";
#    print "Resposta:";
#    #$resposta = <STDIN>;
#    #$chomp = chomp($resposta);
#    $resposta =1;

print "\n Iniciando Etapa 1...\n";
while($kk != 0)
{
    print "Contador: ".$kk."\n";
    &BuscaImagem;
    print "Im: ".$Im."\n";
    #limpa o nome da imagem e guarda na variável
    $Imagem = substr($Im,rindex($Im,"/") +1);
    &ValorTempoEcho;

    if ($kk == 1)
    { $TE = 60;}
    if ($kk == 2)
    { $TE = 40;}
    if ($kk == 3)
    { $TE = 20;}
    if ($kk == 4)
    { $TE = 10;}
    if ($kk ==5)
    { $TE = 2;}
    print "\n O valor do tempo de echo $resposta é: $TE ...\n";
    #print "\nFazendo o logaritmo da imagem e$resposta ...\n";
    $sh->mincmath(" -clobber -double -log ".$Imagem." logy.mnc");

    #print "\n Multiplicando a imagem resultante do logaritmo pelo tempo de echo
    correspondente...\n";
    $sh->mincmath(" -clobber -double -mult -constant $TE logy.mnc xy.mnc");
    if($EcNu > 1)
    {
        {$sh->mincmath(" -clobber -double -add xys.mnc xy.mnc xya.mnc");
        $sh->mincmath(" -clobber -double -add ys.mnc logy.mnc ya.mnc");
        $sh->mv("xya.mnc xys.mnc");
        $sh->mv("ya.mnc ys.mnc");}
    }
    else
    {
        {$sh->mv("xy.mnc xys.mnc");
        $sh->mv("logy.mnc ys.mnc");}
    }

    $xs = $xs + $TE;
    print "\n O valor do XS tempo de echo $resposta é: $xs ...\n";
    $x2s = $x2s + $TE*$TE;

```

```

    print "\n O valor do x2s tempo de echo $resposta é: $x2s ...\n";
    $EcNu = $EcNu + 1;
    $kk= $kk - 1;
    $resposta = $resposta + 1;
}

$sh->rm(" logy.mnc");

$sh->rm(" xy.mnc");
print "\n Iniciando Etapa 2...\n";
$Numer = $necos*$x2s - $xs*$xs;

$aDenom = 1/$Numer;

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$xs." ysys.mnc xsys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$x2s." ysys.mnc x2sys.mnc");

$sh->rm(" ysys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$necos." xys.mnc nxys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -mult -constant ".$xs." xys.mnc xsxys.mnc");

$sh->rm(" xys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -sub x2sys.mnc xsxys.mnc aNumer.mnc");

$sh->rm(" x2sys.mnc");

$sh->rm(" xsxys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -sub xsys.mnc nxys.mnc Denom.mnc");

$sh->rm(" xsys.mnc");

$sh->rm(" nxys.mnc");

$sh->mincmath(" -double -invert -constant ".$Numer." Denom.mnc relaxosj.mnc");

$sh->rm(" Denom.mnc");

#$sh->mincmath(" -double -exp -constant ".$aDenom." aNumer.mnc density.mnc");

#$sh->rm(" aNumer.mnc");

print "\nGerando a imagem de Relaxometria...\n";

```



```

$sh->mincwindow(" relaxosj.mnc relaxom.mnc 0 1000");

#$sh->mincmath(" -segment -const2 1 1500 relaxosj.mnc");

print "\nGerando a imagem de Densidade de protons...\n";

$sh->mincmath(" -double -exp -constant ".$aDenom." aNumer.mnc density.mnc");

$sh->rm(" aNumer.mnc");

#$sh->mincmath(" -double -mult relaxosj.mnc density.mnc densitysc.mnc");

#$sh->rm(" density.mnc");

$sh->rm(" relaxosj.mnc");

#$resposta=0;
#while($resposta!=3)
#{
#    print "TRABALHO CONCLUIDO\n";
#    print
#    "*****\n";
#    print "Deseja visualizar a imagem ...\n";
#    print "Digite:\n a) 1 se desejar visualizar a imagem de relaxometria.\n b) 2 se desejar
#    visualizar a imagem de densidade de protons. \n c) 3 se desejar sair do programa. \n";
#    print "Resposta:";
#    $resposta=<STDIN>;
#
#    if($resposta == 1)
#    { $sh->xdisp(" relaxom.mnc");
#    }
#    else
#    { if($resposta == 2)
#    { $sh->xdisp(" density.mnc");
#    }
#    else
#    {
#        if($resposta == 3)
#        {print "ATIVIDADE FINALIZADA\n";
#        print
#        "*****\n";
#        }
#    }
#    }
#    }

#subrotina que faz a busca pela Imagem correspondente ao
echo*****

```

```

sub BuscaImagem
{
    @vector = glob("/*_e*.mnc.gz");
    print "Arquivos com ecos: ".$vector."\n";
    for(@vector)
    {
        if(/(e$resposta)/) # Todas as imagens que contenham a expressão
        {
            $Im = $_;

        }
    }
}
# fim da busca pela imagem
*****

#subrotina para obter o tempo de echo da
imagem*****
sub ValorTempoEcho
{
    print "Imagem: ".$Imagem."\n";
    $ssh->mincheader(" $Imagem > mincheader.txt");
    $vector = $ssh->grep(" echo_time mincheader.txt");
    $temp = substr($vector,rindex($vector,"")+2);
    $temp2 = substr($temp,0,rindex($temp," "));
    $TE = $temp2*1000;
    $ssh->rm(" mincheader.txt");
}
# fim da busca pelo tempo de
echo*****

```

ANEXO H - Dados brutos da amostra

	RELAXOMETRIA T2 (ms)						VOLUMETRIA (mm³)				
	L5 S1	L4 L5	L3 L4	L2 L3	L1 L2		L5 S1	L4 L5	L3 L4	L2 L3	L1 L2
1	131,506	147,851	151,945	120,183	104,826		6,893	9,209	9,509	7,143	5,455
2	127,350	93,946	124,979	125,630	117,028		4,552	6,908	7,257	6,354	4,865
3	137,463	144,971	131,931	136,472	132,209		5,456	8,769	9,507	6,712	4,759
4	100,404	98,422	133,309	116,503	111,606		4,918	5,512	6,179	5,368	4,467
5	99,173	129,556	125,085	111,491	103,796		5,399	7,278	6,648	5,995	4,853
6	114,374	91,373	98,438	105,404	112,238		10,606	9,278	8,486	10,048	8,917
7	98,911	112,654	97,080	97,904	89,709		7,722	9,022	8,020	8,732	6,778
8	102,461	101,470	111,627	115,012	113,541		3,844	4,944	5,635	5,023	4,105
9	88,150	90,671	99,087	104,657	106,524		6,729	6,722	8,955	8,547	6,202
10	101,458	119,338	121,889	132,064	128,213		4,095	5,041	5,098	4,756	4,150
11	123,328	94,116	103,104	100,725	100,585		6,827	8,030	8,506	7,832	5,990
12	107,027	143,461	130,186	133,782	139,116		6,096	6,543	7,677	5,987	3,964
13	113,710	141,199	133,586	129,834	121,172		4,095	3,920	3,609	3,652	3,289
14	115,500	107,198	113,210	119,382	115,855		5,284	7,583	6,587	5,618	4,200
15	99,420	133,344	125,120	107,488	109,419		5,898	6,103	5,659	5,062	3,716
16	104,570	119,877	114,856	118,120	114,848		6,304	7,651	7,601	7,509	4,675
17	88,575	104,752	124,785	113,569	109,293		7,466	7,659	6,978	6,372	5,124
18	121,064	123,405	121,914	81,995	106,987		7,627	10,221	8,798	7,748	6,472
19	101,129	108,729	120,395	103,237	110,002		8,526	8,056	8,680	6,978	5,792
20	133,162	140,896	146,451	134,416	121,918		4,780	7,326	6,774	5,694	4,835
21	130,168	107,422	119,561	121,146	103,299		7,744	10,808	9,983	8,009	6,231
22	105,100	110,949	120,310	107,222	78,994		4,934	5,027	3,694	3,364	2,722
23	121,314	118,384	113,461	109,795	105,676		5,844	8,371	8,489	7,695	5,818
24	118,657	122,049	122,978	127,693	121,589		6,687	6,959	6,772	4,575	3,198
25	118,434	127,007	131,479	129,364	111,621		5,897	7,304	7,374	6,666	5,420
26	101,133	117,209	134,222	129,576	114,799		4,621	6,102	6,260	5,924	4,116
27	103,094	105,689	115,380	113,738	108,016		3,647	4,322	4,302	3,530	2,949
28	109,241	112,164	122,674	111,644	104,071		4,453	4,636	4,624	4,083	3,754
29	108,567	116,585	126,982	145,370	142,005		5,702	7,697	6,905	6,789	5,906
30	114,364	94,444	127,677	146,396	130,736		7,355	10,269	10,023	8,536	7,148
31	98,162	101,100	101,166	98,701	98,335		5,954	6,411	8,382	7,744	6,971
32	112,801	123,072	130,822	129,194	128,806		6,416	8,458	7,813	6,060	5,228
33	92,024	114,564	113,941	124,024	115,923		8,596	9,284	9,017	9,591	7,414
34	103,851	103,251	110,599	109,656	94,187		5,557	9,370	10,474	9,245	7,548
35	115,534	112,759	110,401	105,588	100,081		7,685	7,473	7,429	6,666	5,064
36	129,078	139,550	147,477	153,102	131,281		6,919	8,174	7,583	6,776	6,233
37	120,913	119,333	126,974	125,002	100,684		4,967	7,225	7,842	7,777	4,164
38	96,872	114,410	126,240	128,439	127,765		3,153	6,060	6,310	6,290	5,643
39	109,865	99,221	115,791	106,638	107,541		6,138	7,415	7,490	5,824	4,247
40	103,463	144,320	115,558	107,723	124,443		4,696	3,998	5,780	4,607	2,962

41	94,251	105,755	110,816	103,424	95,917		7,327	9,067	8,425	6,832	4,572
42	111,992	100,989	112,426	114,479	105,246		4,211	9,534	8,382	7,411	5,703
43	101,954	101,586	114,008	122,159	110,424		5,158	5,869	5,655	4,729	4,468
44	129,864	102,336	127,348	121,069	128,181		6,707	6,795	7,425	7,298	5,415
45	117,154	122,788	114,644	117,874	104,255		3,419	4,397	4,521	4,336	3,245
46	115,143	133,700	125,716	133,204	134,174		6,849	8,815	9,157	6,550	4,846
47	117,442	116,704	125,974	126,593	126,611		4,800	5,189	5,398	4,059	3,291
48	74,762	79,316	130,421	135,811	124,762		3,496	4,723	4,590	4,483	3,622
49	101,065	104,633	117,531	116,504	107,498		5,150	5,483	6,054	5,252	4,666
50	91,910	129,644	112,122	112,498	108,541		4,862	5,600	5,671	4,415	3,562
51	86,496	90,097	124,050	119,931	114,845		3,861	4,476	4,876	4,107	3,757
52	108,713	125,692	126,016	132,262	106,736		6,309	7,629	7,844	7,203	5,959
53	101,212	106,896	94,329	117,606	110,711		5,133	6,906	7,955	6,973	6,122
54	81,579	91,520	95,612	107,333	99,249		5,392	6,436	8,511	6,272	4,984
55	121,830	91,333	128,551	129,696	118,818		7,648	7,381	8,437	7,312	6,050
56	96,362	120,639	129,452	139,556	136,935		6,841	9,751	10,079	8,797	6,661
57	119,544	138,194	143,446	128,831	131,919		6,181	7,121	7,918	6,839	5,266
58	102,138	102,194	101,455	101,253	95,746		4,626	6,389	5,832	4,887	3,582
59	130,907	126,604	128,526	128,878	113,652		7,137	8,503	7,312	7,892	6,278
60	110,615	107,487	112,557	114,028	101,929		5,558	6,200	6,198	5,197	4,647
61	99,786	95,849	97,001	97,355	97,706		7,933	11,637	12,234	9,792	6,367
62	111,303	119,681	108,500	108,858	109,588		6,602	8,555	7,102	5,620	4,495
63	117,098	119,297	123,876	123,168	123,208		5,151	5,886	5,946	4,607	4,251
64	107,742	105,480	113,199	114,124	115,181		4,936	5,380	4,763	3,626	2,734
65	115,308	121,358	117,814	114,995	106,998		3,690	4,145	3,646	3,178	2,680
66	81,350	131,054	142,632	149,958	125,922		6,615	6,823	6,986	6,562	4,156
67	115,067	127,778	136,565	134,341	123,224		6,835	8,571	8,765	7,137	4,873
68	132,445	172,129	146,938	138,184	144,862		6,879	8,467	7,435	7,112	5,557
69	121,204	120,907	122,326	113,800	106,301		5,421	6,892	6,391	6,293	4,852
70	119,266	111,964	103,410	98,560	90,592		4,339	6,971	6,001	4,297	3,404
71	100,466	87,564	99,064	99,765	98,487		5,029	6,304	8,001	7,278	6,233
72	118,239	96,507	136,663	129,580	121,035		6,706	6,944	7,789	4,877	3,687
73	106,116	122,658	127,503	121,496	128,865		4,325	7,574	5,945	4,199	3,583
74	93,987	93,941	102,361	101,405	97,262		6,052	8,476	7,298	6,406	5,383
75	122,251	113,719	120,880	114,658	108,717		5,596	6,839	6,669	6,590	4,950
76	101,956	120,774	128,478	136,448	126,593		6,425	7,545	6,280	5,124	4,556
77	114,318	113,640	126,634	127,892	121,680		3,851	5,939	5,072	4,432	3,328
78	92,610	123,131	145,719	127,185	114,114		7,432	8,799	7,181	6,159	5,275
79	108,638	133,196	137,108	132,484	126,417		5,918	6,918	6,263	6,049	5,034
80	121,867	137,797	129,010	127,688	129,559		5,727	7,484	10,393	10,864	9,254
81	85,403	98,252	113,208	106,142	108,775		5,407	7,957	7,840	6,562	5,558
82	125,989	137,360	133,038	129,184	127,253		6,255	7,586	8,178	7,278	7,073
83	104,525	111,237	114,474	121,422	113,137		4,488	6,251	6,486	4,513	3,751
84	109,626	109,112	110,447	109,292	111,282		7,484	8,622	8,748	8,671	6,474
85	118,982	137,699	130,669	111,337	131,682		4,125	9,110	6,770	6,605	5,838

86	72,487	116,991	116,616	100,647	101,139		6,719	5,640	5,757	4,756	4,091
87	115,542	125,841	137,793	138,649	117,200		7,790	8,641	7,819	6,497	4,619
88	118,250	111,655	124,411	119,313	108,060		5,350	7,469	7,391	6,623	5,403
89	81,486	101,572	106,661	122,207	114,484		5,367	9,240	8,481	8,014	5,851
90	99,050	124,396	134,541	123,792	114,364		4,630	7,429	7,473	6,204	4,834
91	80,510	96,458	123,773	126,389	121,927		7,978	8,888	10,230	8,674	6,439
92	106,445	113,057	104,980	110,485	111,439		7,001	7,381	7,459	6,775	5,520
93	102,325	117,169	117,872	95,925	102,787		5,674	6,019	6,066	5,121	4,410

	RELAXOMETRIA T1p				
	L5S1	L4L5	L3L4	L2L3	L1L2
1	60,533	52,138	52,659	44,984	40,617
2	51,840	56,657	56,180	48,924	50,839
3	46,555	47,461	45,475	42,319	41,597
4	39,401	37,965	39,746	40,128	39,355
5	52,966	46,147	48,996	48,426	50,916
6	52,966	46,147	48,996	48,426	50,916
7	41,563	40,883	40,584	41,288	43,592
8	39,557	45,025	50,684	47,824	49,432
9	63,492	42,827	42,827	42,735	48,497
10	42,123	44,366	43,573	56,689	44,209
11	44,863	53,850	47,483	41,085	41,964
12	52,165	42,644	49,554	41,946	37,161
13	45,372	42,301	52,910	47,438	39,857
14	46,019	47,642	49,579	43,706	42,845
15	52,411	45,517	51,493	52,632	45,147
16	41,894	46,882	61,087	47,393	37,411
17	69,348	43,554	48,828	39,667	38,865
18	42,553	43,422	43,328	41,946	44,783
19	39,510	47,371	50,403	52,029	43,745
20	46,751	57,571	52,438	55,960	44,863
21	39,510	45,393	47,801	50,710	40,634
22	72,516	47,081	60,938	53,390	51,151
23	43,725	44,587	52,966	41,305	39,448
24	45,872	48,924	43,995	44,267	43,783
25	37,936	42,937	45,893	48,123	42,937
26	40,306	43,516	54,259	49,727	39,432
27	53,220	55,188	67,024	53,505	39,825
28	57,176	51,706	50,659	50,125	47,214
29	39,078	43,011	41,322	38,314	38,373
30	41,356	43,178	49,092	44,307	42,463
31	45,005	45,788	43,535	46,468	40,209
32	54,466	44,111	47,664	42,772	41,477

33	48,356	56,625	58,858	56,786	51,440
34	45,147	57,307	52,659	44,150	40,225
35	59,737	40,733	43,197	41,169	52,165
36	35,740	43,478	41,667	40,850	39,604
37	51,573	55,279	54,705	53,333	53,476
38	41,017	44,504	42,680	46,211	46,382
39	41,118	40,535	45,851	44,944	47,237
40	41,528	55,556	53,619	52,110	46,620
41	55,804	56,211	49,505	49,505	53,220
42	49,044	46,970	50,582	44,111	42,194
43	49,334	47,824	49,310	51,546	45,475
44	42,499	52,329	50,176	42,626	40,650
45	42,535	49,875	42,123	39,170	37,707
46	43,802	43,995	49,925	46,361	58,377
47	40,258	52,743	51,440	49,285	52,192
48	45,208	44,703	54,259	46,104	40,700
49	46,404	49,677	56,243	50,226	49,456
50	46,707	62,814	44,663	38,095	34,471
51	39,293	45,188	44,228	41,102	41,701
52	41,203	45,935	49,900	43,103	41,408
53	55,402	61,312	67,797	63,816	62,383
54	39,541	44,150	48,709	44,444	38,580
55	49,925	43,215	48,333	42,830	39,293
56	39,841	55,525	56,433	49,925	47,710
57	42,391	61,996	46,232	46,795	44,209
58	49,534	53,937	51,125	45,188	41,841
59	39,370	44,014	48,685	46,318	51,493
60	69,300	67,114	63,291	67,431	57,604
61	39,078	49,310	48,948	43,956	42,301
62	43,764	49,900	47,778	45,208	41,425
63	49,850	82,034	81,900	70,423	48,662
64	39,888	45,475	53,533	51,256	43,215
65	48,709	58,411	60,132	53,937	47,259
66	73,584	43,745	46,083	47,985	40,900
67	48,356	47,824	59,453	66,050	45,188
68	37,523	38,926	49,751	49,751	42,159
69	45,683	56,721	45,809	41,806	43,821
70	38,880	40,601	44,307	33,434	35,829

GRADUAÇÃO DE PFIRRMANN PARA DEGENERAÇÃO DISCAL

	L1L2			L2L3			L3L4			L4L5			L5S1		
Voluntário	Leitor 1	Leitor 2	Consenso	Leitor 1	Leitor 2	Consenso	Leitor 1	Leitor 2	Consenso	Leitor 1	Leitor 2	Consenso	Leitor 1	Leitor 2	Consenso
1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	4	4	4	1	2	2
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	2	2	2	2	2	2	4	4	4	3	4	4	2	2	2
5	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	2	3	3
6	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
7	2	2	2	2	2	2	2	3	2	4	4	4	4	4	4
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	3
9	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	1	2	2
10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
12	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
13	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3
14	2	3	2	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
15	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
16	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3
17	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	3	3
20	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
21	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	2	2	2	2	2	2	1	2	2	4	4	4	1	1	1
23	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2

24	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2
25	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2
27	4	4	4	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
32	3	2	2	3	2	3	2	2	2	4	4	4	2	2	2
33	3	3	3	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2
34	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
35	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
36	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3
37	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
38	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3
39	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4
41	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2
42	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2
43	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
44	4	3	4	3	2	3	2	2	2	2	2	2	4	4	4
45	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
46	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2
47	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4
48	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
49	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2

51	2	2	2	2	2	2	1	2	2	4	4	4	1	2	2
52	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
53	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4
54	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
55	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2
56	3	3	3	2	3	2	1	2	2	1	1	1	3	3	3
57	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3
58	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1
59	2	2	2	3	3	3	2	2	2	4	4	4	4	4	4
60	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2
61	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4
62	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
63	3	2	2	4	3	4	4	4	4	2	2	2	4	4	4
64	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	4	4	4
65	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2
66	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	4	4	4
67	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
68	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
69	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
70	3	3	3	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2

PARÂMETROS ESPINOPÉLVICOS

	Versão Pélvica	Incidência Pélvica	Inclinação Sacral	Lordose Lombar	Alinhamento Toracolombar	Cifose Torácica	SVA	SSA	L1-S1	T1-S1	Tipo de Roussouly
1	5,00	39,00	34,00	56,00	16,00	46,00	-10,99	124,00	20,11	53,79	4
2	7,00	42,00	34,00	36,00	14,00	43,00	-8,12	126,00	17,81	49,97	2
3	5,00	49,00	44,00	56,00	8,00	37,00	26,91	128,00	19,67	50,71	3
4	24,00	59,00	35,00	42,00	6,00	12,00	7,54	121,00	18,52	47,09	2
5	1,00	44,00	43,00	47,00	5,00	45,00	-31,83	139,00	19,30	46,10	4
6	12,00	59,00	46,00	62,00	9,00	38,00	0,32	136,00	19,96	53,38	3
7	4,00	43,00	38,00	40,00	3,00	25,00	19,31	119,00	21,05	53,12	3
8	8,00	44,00	36,00	39,00	3,00	21,00	-10,90	126,00	18,07	48,32	3
9	12,00	46,00	34,00	41,00	0,00	35,00	26,90	121,00	19,52	50,60	2
10	13,00	46,00	33,00	63,00	14,00	60,00	23,61	120,00	17,11	46,64	1
11	1,00	31,00	30,00	44,00	27,00	40,00	-16,40	124,00	19,12	47,93	1
12	10,00	59,00	49,00	73,00	6,00	31,00	-20,00	143,00	19,53	50,89	4
13	18,00	55,00	38,00	58,00	8,00	43,00	-9,80	128,00	26,36	44,37	4
14	16,00	63,00	47,00	48,00	8,00	41,00	10,62	139,00	19,61	50,48	4
15	17,00	50,00	33,00	47,00	21,00	32,00	6,82	112,00	19,11	49,16	2
16	9,00	54,00	45,00	67,00	6,00	42,00	12,47	138,00	18,96	48,53	4
17	14,00	55,00	41,00	60,00	11,00	49,00	16,17	123,00	20,64	54,43	3
18	11,00	48,00	37,00	52,00	15,00	29,00	18,41	128,00	18,32	47,51	2
19	15,00	60,00	44,00	39,00	11,00	16,00	35,33	132,00	19,28	50,81	3
20	2,00	43,00	41,00	63,00	20,00	46,00	13,25	125,00	19,81	50,65	3
21	10,00	45,00	35,00	47,00	12,00	36,00	27,38	121,00	20,97	54,18	2
22	1,00	42,00	40,00	64,00	15,00	49,00	-2,34	129,00	19,12	48,98	4
23	4,00	47,00	43,00	48,00	5,00	33,00	33,00	128,00	19,76	51,55	3

24	10,00	50,00	39,00	66,00	18,00	50,00	14,64	128,00	18,04	43,73	3
25	11,00	55,00	44,00	67,00	0,00	41,00	-8,34	134,00	18,94	48,80	4
26	0,00	42,00	42,00	48,00	17,00	40,00	-24,35	135,00	21,79	55,81	3
27	4,00	50,00	45,00	54,00	13,00	55,00	-22,37	140,00	16,88	44,45	4
28	-2,00	33,00	35,00	59,00	7,00	40,00	-44,22	131,00	18,97	46,71	4
29	22,00	58,00	36,00	53,00	9,00	20,00	-11,64	128,00	19,50	55,61	1
30	7,00	56,00	49,00	68,00	0,00	43,00	-9,52	139,00	21,92	57,81	4
31	13,00	54,00	40,00	57,00	0,00	44,00	-1,46	130,00	14,78	51,28	4
32	19,00	65,00	45,00	62,00	8,00	51,00	2,06	132,00	20,29	54,14	3
33	6,00	29,00	23,00	37,00	31,00	42,00	5,99	113,00	19,78	52,56	1
34	9,00	42,00	33,00	47,00	30,00	21,00	3,74	112,00	21,10	54,56	1
35	10,00	40,00	30,00	50,00	25,00	49,00	17,90	115,00	22,34	53,73	1
36	15,00	56,00	41,00	61,00	18,00	60,00	57,60	127,00	19,81	50,83	4
37	-1,00	23,00	24,00	37,00	23,00	25,00	-13,74	119,00	19,59	48,97	1
38	46,00	60,00	43,00	55,00	4,00	47,00	15,12	130,00	20,58	52,78	3
39	3,00	29,00	26,00	39,00	22,00	28,00	22,33	123,00	18,41	47,77	1
40	11,00	46,00	35,00	49,00	7,00	33,00	10,80	128,00	18,51	46,13	2
41	18,00	57,00	38,00	41,00	15,00	40,00	32,59	125,00	20,33	55,53	1
42	9,00	48,00	38,00	45,00	11,00	44,00	31,44	123,00	20,09	51,15	4
43	17,00	55,00	37,00	48,00	1,00	35,00	25,66	130,00	18,01	47,57	4
44	6,00	34,00	27,00	42,00	17,00	37,00	11,71	120,00	20,39	51,37	2
45	8,00	53,00	46,00	61,00	6,00	27,00	13,33	132,00	29,04	47,49	3
46	6,00	45,00	39,00	54,00	15,00	45,00	27,62	125,00	19,61	51,75	3
47	5,00	49,00	43,00	49,00	3,00	30,00	9,88	135,00	17,83	46,01	4
48	14,00	51,00	37,00	60,00	3,00	22,00	-20,54	121,00	18,45	48,29	1
49	-4,00	36,00	40,00	61,00	1,00	50,00	9,67	132,00	18,27	45,98	3
50	11,00	35,00	24,00	37,00	11,00	31,00	38,76	109,00	19,00	51,84	1

51	3,00	41,00	39,00	54,00	6,00	23,00	12,03	129,00	18,40	47,83	3
52	5,00	38,00	33,00	39,00	16,00	33,00	-12,54	124,00	20,92	54,10	2
53	9,00	47,00	37,00	61,00	6,00	50,00	20,42	123,00	17,29	51,52	1
54	10,00	39,00	29,00	29,00	2,00	27,00	43,33	116,00	20,46	53,72	2
55	15,00	53,00	38,00	52,00	6,00	19,00	20,64	131,00	20,42	53,36	3
56	10,00	47,00	36,00	51,00	5,00	33,00	30,05	118,00	21,81	55,98	3
57	0,00	28,00	28,00	46,00	14,00	40,00	4,18	118,00	19,13	49,13	1
58	7,00	34,00	26,00	45,00	24,00	43,00	5,93	113,00	18,11	46,30	1
59	-5,00	21,00	26,00	53,00	36,00	60,00	7,67	111,00	23,09	57,84	1
60	0,00	38,00	38,00	50,00	5,00	48,00	-5,18	127,00	19,90	50,37	4
61	8,00	32,00	24,00	37,00	18,00	41,00	8,84	111,00	21,04	54,11	1
62	16,00	37,00	20,00	33,00	6,00	49,00	-6,78	112,00	19,03	45,02	3
63	21,00	49,00	29,00	54,00	16,00	39,00	-30,32	123,00	28,61	48,54	3
64	10,00	48,00	38,00	47,00	15,00	18,00	18,27	130,00	17,85	45,54	2
65	15,00	46,00	31,00	58,00	10,00	48,00	-11,69	122,00	18,23	46,83	4
66	0,00	39,00	38,00	29,00	16,00	23,00	52,47	121,00	20,75	54,83	2
67	15,00	46,00	31,00	47,00	19,00	52,00	32,31	119,00	21,23	55,18	1
68	8,00	49,00	41,00	58,00	6,00	45,00	25,13	127,00	17,66	49,01	3
69	15,00	50,00	35,00	52,00	1,00	37,00	36,00	123,00	18,42	47,14	3
70	-2,00	29,00	32,00	26,00	8,00	37,00	17,00	119,00	19,81	49,07	2
71	13,00	44,00	31,00	38,00	8,00	32,00	37,42	116,00	21,81	49,86	3
72	8,00	39,00	31,00	37,00	4,00	16,00	-14,34	124,00	18,73	46,93	2
73	9,00	48,00	38,00	34,00	13,00	39,00	1,95	126,00	19,16	48,55	3
74	17,00	54,00	37,00	43,00	1,00	40,00	6,36	128,00	20,14	51,39	3
75	16,00	58,00	43,00	64,00	14,00	40,00	13,38	130,00	19,45	49,85	3
76	12,00	52,00	40,00	47,00	11,00	34,00	-27,33	130,00	19,84	51,16	4
77	13,00	47,00	33,00	40,00	6,00	33,00	2,06	121,00	17,42	45,79	2

78	5,00	42,00	37,00	23,00	3,00	10,00	14,64	126,00	19,28	50,17	2
79	25,00	70,00	44,00	63,00	2,00	25,00	11,63	130,00	17,85	45,53	4
80	3,00	37,00	33,00	57,00	17,00	56,00	4,91	121,00	20,26	53,45	1
81	2,00	40,00	37,00	59,00	12,00	48,00	-5,93	127,00	20,51	50,97	3
82	5,00	43,00	38,00	46,00	3,00	38,00	13,21	126,00	19,86	50,67	2
83	3,00	39,00	36,00	33,00	24,00	26,00	-40,89	133,00	17,70	46,73	1
84	7,00	60,00	52,00	73,00	5,00	37,00	-5,15	143,00	20,76	53,03	4
85	14,00	55,00	40,00	63,00	9,00	36,00	-6,32	131,00	17,88	47,87	4
86	9,00	45,00	36,00	31,00	1,00	21,00	22,65	123,00	17,99	46,26	2
87	0,00	23,00	24,00	57,00	18,00	48,00	-9,09	114,00	21,13	53,38	1
88	11,00	56,00	45,00	66,00	6,00	29,00	-22,16	139,00	20,74	54,03	4
89	15,00	49,00	33,00	29,00	9,00	25,00	4,25	122,00	20,54	54,39	2
90	5,00	44,00	38,00	48,00	18,00	45,00	-0,40	128,00	20,16	53,18	4
91	21,00	47,00	25,00	46,00	11,00	33,00	18,27	112,00	19,48	53,97	2
92	10,00	40,00	30,00	48,00	18,00	53,00	40,15	115,00	19,75	50,55	1
93	11,00	51,00	40,00	38,00	16,00	40,00	11,54	128,00	18,38	50,67	3