



DENIS SEGUCHI SAKAI

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE LESÃO TORÁCICO
NO ALINHAMENTO CERVICAL NO PLANO
SAGITAL**

***THE INFLUENCE OF THE THORACIC LEVEL OF
SPINAL CORD INJURED SUBJECTS IN THE
SAGITTAL ALIGNMENT OF THE CERVICAL
SPINE***

**Campinas
2013**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Médicas

DENIS SEGUCHI SAKAI

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE LESÃO TORÁCICO NO ALINHAMENTO
CERVICAL NO PLANO SAGITAL**

Tutor: Prof. Dr. Alberto Cliquet Jr.

***THE INFLUENCE OF THE THORACIC LEVEL OF SPINAL CORD
INJURED SUBJECTS IN THE SAGITTAL ALIGNMENT OF THE
CERVICAL SPINE***

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Master's dissertation presented to the School of Medical Sciences of the State University of Campinas- UNICAMP to obtain the Master of Sciences Degree.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO/TESE DEFENDIDA PELO ALUNO DENIS SEGUCHI SAKAI E ORIENTADA PELO PROF. DR. ALBERTO CLIQUET JR..

Assinatura do(a) Orientador(a)

Campinas
2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Maristella Soares dos Santos - CRB 8/8402

Sa29i Sakai, Denis Seguchi, 1980-
Influência do nível de lesão torácico no alinhamento cervical no plano sagital / Denis Seguchi Sakai. -- Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador : Alberto Cliquet Junior.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Coluna cervical - Radiografia. 2. Paraplegia. 3. Espondilose cervical. I. Cliquet Junior, Alberto, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título. J

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: The influence of the thoracic level of spinal cord injured subjects in the sagittal alignment of the cervical spine

Palavras-chave em inglês:

Cervical spine, Radiography

Paraplegia

Cervical spondylosis

Área de concentração: Fisiopatologia Cirúrgica

Titulação: Mestre em Ciências

Banca examinadora:

Alberto Cliquet Junior [Orientador]

Elcio Landim

Patricia Maria de Moraes Barros Fucs

Data da defesa: 29-07-2013

Programa de Pós-Graduação: Ciências da Cirurgia

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO

DENIS SEGUCHI SAKAI

Orientador (a) PROF(A). DR(A). ALBERTO CLIQUET JUNIOR

MEMBROS:

1. PROF(A). DR(A). ALBERTO CLIQUET JUNIOR



2. PROF(A). DR(A). ELCIO LANDIM



3. PROF(A). DR(A). PATRICIA MARIA DE MORAES BARROS FUCS



Programa de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas

Data: 29 de julho de 2013

RESUMO

Introdução: O trauma raquimedular apresenta maior incidência em indivíduos do sexo masculino entre 15 e 40 anos de idade. A denervação da musculatura segmentar da coluna vertebral abaixo do nível da lesão medular altera a postura do tronco no plano sagital destes indivíduos. Adaptações posturais ocorrem na coluna cervical e podem predispor à degeneração precoce do disco intervertebral e/ou das articulações facetárias, resultando na formação de osteófitos nos corpos vertebrais, diminuição do calibre dos forâmens intervertebrais e do canal vertebral. O envelhecimento da coluna cervical (espondilose cervical) é um processo lento. Sua sintomatologia é imprevisível e ocorre após a 5ª década de vida na população geral, podendo decorrer de compressões radiculares ou medulares. As compressões radiculares apresentam-se clinicamente como dores irradiadas nos membros superiores, diminuição da força muscular (paresia) e alterações da sensibilidade (parestesia). Já as compressões medulares (ou mielopatia cervical) levam à incoordenação dos movimentos finos nas mãos, alterações de marcha (claudicação), do equilíbrio e disfunções no controle esfíncteriano vesical e anal. Os paraplégicos preservam as funções nos membros superiores e dependem exclusivamente destes para a realização das atividades diárias. As alterações mecânicas no plano sagital na coluna cervical de indivíduos paraplégicos poderiam, deste modo, desencadear precocemente o processo de envelhecimento da coluna cervical levando a sintomas compressivos radiculares e/ou medulares cervicais com uma importante perda de função para estes indivíduos.

Objetivo: O objetivo primário deste estudo foi correlacionar o alinhamento da coluna cervical no plano sagital de indivíduos paraplégicos com o nível de lesão neurológica torácica. O objetivo secundário foi caracterizar e comparar as alterações degenerativas radiográficas em diferentes níveis de lesão medular torácica.

Metodologia: Foi realizada a análise radiográfica da coluna cervical de 12 indivíduos paraplégicos torácicos (9 do sexo masculino e 3 do sexo feminino) com lesão medular há mais de 1 ano (média de 9,1 anos, de 4 a 15 anos). Os indivíduos foram divididos em 2 grupos: 6 apresentavam lesão medular abaixo de T9 e outros 6, acima ou em T8, de acordo com a classificação da *American Spinal Injury Association (ASIA)*. A lordose global, mensurada de C2 a C7 e a lordose local, mensurada para cada nível cervical foram comparadas. Sinais radiográficos de degeneração cervical (diminuição da altura do disco intervertebral, formação de osteófitos e esclerose dos platôs vertebrais) também foram analisados utilizando o método de Gore *et al.*, e os resultados foram comparados entre os grupos.

Resultados: O grupo com lesão medular em T8 ou acima apresentou maiores medidas de lordose global ($55^{\circ} \pm 5,7^{\circ}$ vs $26,2^{\circ} \pm 3,8^{\circ}$, $p < 0,0001$), especialmente nos segmentos C5-C6 ($10,7^{\circ} \pm 5,9^{\circ}$ vs $1^{\circ} \pm 3,1^{\circ}$, $p = 0,02$) e C6-C7 ($18^{\circ} \pm 3,5^{\circ}$ vs $4,5^{\circ} \pm 3,6^{\circ}$, $p < 0,0001$). Não foram encontradas diferenças quanto às alterações degenerativas radiográficas entre os grupos em C4-C5 ($p = 0,16$), C5-C6 ($p = 0,06$) e C6-C7 ($p = 0,31$).

Conclusão: Este estudo preliminar indica que o nível de lesão medular influencia o alinhamento cervical no plano sagital aumentando a lordose especialmente nos segmentos mais distais e nos indivíduos com lesão medular em T8 ou acima.

Palavras-chave: traumatismos da coluna vertebral, espondilose, paraplegia

ABSTRACT

Introduction: *Spinal cord injury occurs more frequently in males between 15 and 40 years old. The loss of innervation in the segmental musculature of the spine below the level of spinal cord injury modifies the posture of the trunk in these subjects. Consequently, adaptative postural changes occur in the cervical spine predisposing to early degeneration of the intervertebral disc and/or facet joints, osteophyte formation and narrowing of the spinal canal and foramina. The degeneration of the cervical spine, known as cervical spondylosis, is a slow process and its symptoms usually occur after the 5th decade of life, and may result in radicular and/or cord compressions. Radicular compressions may present as radiating pain to the upper extremities, diminished strength and abnormal sensation. Spinal cord compressions, on the other hand, may present as a loss of fine movements in the hands, abnormal gait, impaired balance and dysfunctions in the vesical and anal sphincters. Paraplegics depend on the upper extremities for everyday activities and the development of radicular and/or spinal cord compressive symptoms in these subjects can be devastating.*

Mechanical changes in the sagittal plane of the cervical spine of paraplegics might result in early degeneration of this segment and an increasing disability for everyday activities over time.

Objective: *The primary endpoint of this study was to analyse the differences in the cervical spine alignment in paraplegics according to their level of spinal cord injury. The secondary endpoint was to compare degenerative findings on conventional radiographs between two different groups of paraplegics.*

Participants/methods: *Twelve paraplegics (9 males and 3 females) sustaining more than 1 year of injury (average 9,1, from 4 to 15 years) had their sagittal cervical spine x-rays analyzed. They were divided into 2 groups: 6 patients had injuries below T9 and another 6, at or above T8, according to the American Spinal Injury Association (ASIA) classification. The global lordosis,*

measured from C2 to C7, and the local lordosis, measured for each level were compared between the groups. Radiographic cervical degeneration (loss of disc height, osteophytes formation and end-plate sclerosis) was also quantified using a previous method described by Gore et al. and compared between the groups.

Results: Results indicate that paraplegics sustaining higher spinal cord injuries (at or above T8) have an increased global lordosis ($55^{\circ} \pm 5,7^{\circ}$ vs $26,2^{\circ} \pm 3,8^{\circ}$, $p < 0,0001$) specially in the lower segments - C5-C6 ($10,7^{\circ} \pm 5,9^{\circ}$ vs $1^{\circ} \pm 3,1^{\circ}$, $p = 0,02$) and C6-C7 ($18^{\circ} \pm 3,5^{\circ}$ vs $4,5^{\circ} \pm 3,6^{\circ}$, $p < 0,0001$). No differences were found comparing the radiographic scores for cervical degeneration between the groups at C4-C5 ($p = 0,16$), C5-C6 ($p = 0,06$) and C6-C7 ($p = 0,31$).

Conclusion: This preliminary study indicates that the level of spinal cord injury influences the cervical sagittal alignment with an increase in lordosis specially in the lower segments and in subjects with spinal cord injury at or above T8.

Keywords: spinal cord injury, paraplegia, spondylosis.

ME – Medula espinhal

DI – Disco intervertebral

FI – Forame intervertebral

TRM – Trauma raquimedular

ASIA – *American Spinal Injury Association*

AIS – *ASIA Impairment Scale*

EC – Espondilose cervical

	Pág.
RESUMO	<i>vii</i>
ABSTRACT	<i>ix</i>
1. INTRODUÇÃO	
1.1. ANATOMIA DA COLUNA VERTEBRAL	13
1.2. O DISCO INTERVERTEBRAL	14
1.3. A MEDULA ESPINHAL E OS NERVOS ESPINHAIS	15
1.4. O TRAUMA RAQUIMEDULAR	16
1.5. CLASSIFICAÇÃO DO TRAUMA RAQUIMEDULAR	17
1.6. O PARAPLÉGICO TORÁCICO – ALTERAÇÕES	20
POSTURAS NO PLANO SAGITAL	
1.7. ESPONDILOSE E MIELOPATIA CERVICAL	21
1.8. JUSTIFICATIVA PARA ESTE TRABALHO	24
2. OBJETIVOS	25
3. CAPÍTULO	27
4. CONCLUSÃO GERAL	37
5. REFERÊNCIAS	38
6. ANEXOS	41

1. INTRODUÇÃO

1.1. ANATOMIA DA COLUNA VERTEBRAL

A coluna vertebral é composta por 33 vértebras que se articulam entre si. Pode ser dividida em 5 regiões, sendo que apenas 3 delas apresentam mobilidade: as 7 vértebras cervicais, as 12 torácicas e as 5 lombares. Estendendo-se da base do crânio ao cóccix, é responsável pela sustentação do corpo, tendo papel fundamental na locomoção, manutenção da postura e proteção da medula espinhal (ME). A coluna é interligada por fortes ligamentos longitudinais anteriores e posteriores, articulações zigoapofisárias posteriores e pelos discos intervertebrais (DI) (1).

A musculatura do dorso pode ser grosseiramente dividida em extrínseca, responsável pela movimentação dos membros e respiração, e intrínseca, responsável pelos movimentos da coluna vertebral. A porção intrínseca é composta, dentre outros, pelo grupo eretor da espinha, que engloba os músculos espinhal, longuíssimo e iliocostal. Estes músculos recobrem toda a extensão da coluna vertebral, do crânio ao sacro e cristas ilíacas, sendo inervados de forma segmentar (2).

Quatro curvaturas são identificadas normalmente na coluna vertebral do adulto no plano sagital: 2 concavidades anteriores (cifoses) compostas pelos segmentos torácico e sacral e 2 concavidades posteriores (lordoses) compostas pelos segmentos cervical e lombar. As últimas são denominadas curvaturas secundárias pois se tornam mais evidentes apenas após o nascimento, sendo que a cervical é acentuada com a postura ereta da cabeça e a lombar, apenas com o início da deambulação (1).

Não há consenso na literatura quanto ao valor angular normal da lordose cervical, havendo relatos na literatura variando de 20° a 34° de acordo com a técnica de mensuração utilizada (3-5). A coluna cervical é única e pode ser considerada um tripé composto pelo corpo vertebral anteriormente e um par de articulações posteriormente (6). Este segmento suporta o

peso da cabeça e a ação da musculatura extensora cervical, sendo que o corpo vertebral é responsável por 36% desta carga e as articulações facetárias dividem o restante igualmente (7, 8).

A disposição das 4 curvaturas da coluna vertebral mantém o tronco equilibrado e alterações em uma das curvaturas leva a adaptações das demais, atuando na preservação do equilíbrio do corpo (1, 9-11).

1.2. O DISCO INTERVERTEBRAL

O disco intervertebral (DI) é um complexo fibrocartilagenoso que une e ao mesmo tempo permite uma mobilidade limitada entre as vértebras. Consiste de 2 componentes: o núcleo pulposos, e o anulo fibroso (12).

O núcleo pulposos é uma massa semi-fluida composta por delicados filamentos fibrosos embebidos numa matriz gelatinosa, localizada no interior do disco intervertebral e é um remanescente da notocorda embrionária. A função principal do núcleo pulposos é suportar e distribuir as cargas compressivas impostas à coluna vertebral (12).

O anulo fibroso é composto por uma série de finas camadas fibrosas concêntricas que cercam o núcleo pulposos e unem as vértebras fortemente. É responsável por suportar as forças tensionais resultantes das cargas axiais aplicadas à coluna vertebral (12).

O DI é o tecido músculo-esquelético que mais sofre degeneração no corpo humano (13). As alterações mais acentuadas ocorrem no núcleo pulposos e na sua região de transição com o anulo fibroso. A diminuição na concentração de água e proteoglicanos e o aumento na concentração de proteínas não colágenas no núcleo pulposos levam a alterações nas propriedades mecânicas no DI, tornando-o mais rígido. Sua natureza avascular no adulto propicia a contínua degeneração podendo contribuir para a perda de mobilidade da coluna vertebral (13-15).

1.3. A MEDULA ESPINHAL E OS NERVOS ESPINHAIS

A medula espinhal é uma formação cilindróide composta por tecido nervoso que ocupa parcialmente o canal vertebral, medindo por volta de 42 a 45 cm no adulto do sexo masculino. Em continuidade com o bulbo, seu limite anatômico cranial é o forame magno no osso occipital, e o caudal, geralmente, na 2^a vértebra lombar (L2) (1, 16). Abaixo de L2 o canal vertebral é ocupado pelas raízes nervosas dos últimos nervos espinhais e por membranas fibrosas que revestem os nervos espinhais denominadas meninges. A disparidade entre o comprimento da coluna vertebral e a ME ocorre pela diferença no ritmo de crescimento de ambos. A partir do 4^o mês de vida intra-uterina a coluna vertebral cresce em ritmo mais acelerado, resultando no alongamento das raízes e na diminuição do ângulo formado com a ME (16).

A ME faz conexão com 31 pares de nervos espinhais, sendo 8 pares cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais e normalmente 1 coccígeo. Os nervos espinhais saem do canal vertebral por estruturas anatômicas denominadas foramens intervertebrais (FI). O FI é limitado superiormente e inferiormente pelos pedículos das vértebras adjacentes, ventralmente pela porção posterior do DI e dorsalmente pela cápsula articular, articulação facetária e ligamento amarelo. Na coluna cervical o seu diâmetro ântero-posterior varia de 4,5 mm a 7 mm e o crânio-caudal, de 7,4 mm a 8,6 mm. Seu pequeno diâmetro aumenta as chances de compressões das raízes pela diminuição da altura do DI, protrusões discais, formação de osteófitos posteriores dos corpos vertebrais, hipertrofia das articulações facetárias e do ligamento amarelo, e por fibrose perirradicular (17, 18). Alterações no plano sagital da coluna cervical também alteram o diâmetro do FI, sendo que movimentos de flexão aumentam o seu espaço enquanto movimentos de extensão resultam na sua diminuição (19).

A avaliação clínica da condução sensitiva dos nervos espinhais pode ser realizada através da pesquisa do território inervado por fibras de uma única raiz, também denominado de

dermátomo. Já a avaliação da força motora é efetuada pela avaliação de grupos musculares específicos, denominados miótomos (20).

1.4. O TRAUMA RAQUIMEDULAR

O trauma raquimedular (TRM) resulta em conseqüências devastadoras ao indivíduo do ponto de vista social, econômico e de saúde. Os dados epidemiológicos acerca do TRM ainda são escassos de forma global com variações com relação à etiologia e informações demográficas conforme a região estudada (21-23).

Diversos estudos mostram uma maior incidência de TRM em indivíduos do sexo masculino entre 15 e 40 anos de idade (23-25). As causas externas como os acidentes automobilísticos, ferimentos por projéteis de arma de fogo, quedas e mergulho em água rasa estão entre as suas causas mais freqüentes (23-26).

Os recentes avanços no atendimento ao TRM agudo levaram ao aumento da sobrevida dos lesados medulares. Frankel et al. (27) encontraram uma redução de 82 a 71% na mortalidade destes indivíduos comparando as décadas de 1940 e 1980. Outros estudos demonstraram um aumento na sobrevida dos lesados medulares especialmente em paraplégicos (26). Atualmente, nos Estados Unidos da América, 78% dos paraplégicos completam 60 anos de idade e 50,8% vivem até os 70 anos de idade. Naquele país, estimativas mostram que 92,2% dos homens brancos sem lesão medular atingem os 60 anos de idade e 78,8%, os 70 anos (25).

Diferentemente dos norte-americanos, que iniciaram uma coleta de dados nacional e sistemática sobre o TRM na década de 70 (25), os dados brasileiros são escassos. Estudos nacionais apontam causas externas semelhantes às relatadas mundialmente para o TRM, mas não há informações sobre a sobrevida dos lesados medulares em nosso meio (24, 28).

1.5.CLASSIFICAÇÃO DO TRAUMA RAQUIMEDULAR

Determinar a extensão da lesão neurológica é um processo complexo e que demanda treinamento adequado e tempo do examinador (29). A classificação mais utilizada atualmente para avaliação de lesão neurológica é a proposta pela *American Spinal Injury Association* (ASIA) (30)¹. Para tal, realiza-se a avaliação da sensibilidade tátil e dolorosa em pontos específicos (figura 1) (30)¹ e o exame de força muscular em movimentos pré-determinados (tabela 1)². Cada região pesquisada para sensibilidade tátil e dolorosa recebe uma pontuação: 0 para anestesia, 1 para sensibilidade diminuída e 2 para sensibilidade normal. Já a força muscular é graduada levando-se em consideração a ação contra a gravidade e contra a resistência do examinador (tabela 1).

¹ <http://www.asia-spinalinjury.org/elearning/ISNCSCI.php>

² http://www.asia-spinalinjury.org/elearning/Motor_Exam_Guide.pdf

Patient Name _____

Examiner Name _____ Date/Time of Exam _____



INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY



MOTOR
KEY MUSCLES
(scoring on reverse side)

	R	L	
C5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elbow flexors
C6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wrist extensors
C7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elbow extensors
C8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Finger flexors (distal phalanx of middle finger, Finger abductors (little finger)
T1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

UPPER LIMB TOTAL (MAXIMUM) + = (25) (25) (50)

Comments:

L2	<input type="checkbox"/>	Hip flexors
L3	<input type="checkbox"/>	Knee extensors
L4	<input type="checkbox"/>	Ankle dorsiflexors
L5	<input type="checkbox"/>	Long toe extensors
S1	<input type="checkbox"/>	Ankle plantar flexors

(VAC) Voluntary anal contraction (Yes/No)

LOWER LIMB TOTAL (MAXIMUM) + = (25) (25) (50)

LIGHT TOUCH

C2	R	L
C3		
C4		
C5		
C6		
C7		
C8		
T1		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		
T9		
T10		
T11		
T12		
L1		
L2		
L3		
L4		
L5		
S1		
S2		
S3		
S4-5		

TOTALS { = (56) (56) (56) (56)

PIN PRICK

C2	R	L
C3		
C4		
C5		
C6		
C7		
C8		
T1		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		
T9		
T10		
T11		
T12		
L1		
L2		
L3		
L4		
L5		
S1		
S2		
S3		
S4-5		

TOTALS { = (56) (56) (56) (56)

SENSORY
KEY SENSORY POINTS

0 = absent
1 = altered
2 = normal
NT = not testable

• Key Sensory Points

(DAP) Deep anal pressure (yes/No)

PIN PRICK SCORE (max: 112)

LIGHT TOUCH SCORE (max: 112)

NEUROLOGICAL LEVEL The most caudal segment with normal function

SENSORY MOTOR R L

SINGLE NEUROLOGICAL LEVEL

COMPLETE OR INCOMPLETE?

Incomplete = Any sensory or motor function in S4-S5

ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS)

(In complete injuries only)

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION Most caudal level with any innervation

SENSORY MOTOR R L

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association.

REV 04/11

Figura 1. Padronização dos dermatomos para a determinação do nível de lesão neurológica segundo a *American Spinal Injury Association (ASIA)*.

Tabela 1. Graduação da força muscular modificado pela *American Spinal Injury Association (ASIA)*.

- | | |
|---|---|
| 0 | Paralisia |
| 1 | Contrações palpáveis ou visíveis |
| 2 | Movimentação ativa, ADM completo, sem ação da gravidade |
| 3 | Movimentação ativa, ADM completo, com ação da gravidade |
| 4 | Movimentação ativa, ADM com ação da gravidade e moderada resistência em um determinado músculo numa determinada posição |
| 5 | Movimentação ativa (normal), ADM total com ação da gravidade e resistência grande em um determinado músculo |

Após a determinação do nível sensitivo – definido como o nível mais caudal com sensibilidade normal em ambos os lados, e do nível motor – definido como o nível mais caudal com força muscular normal também bilateralmente, identifica-se o nível neurológico único (o mais cranial com função sensitiva e motora normais).

Vale ressaltar que as avaliações da sensibilidade e da força motora requerem que o indivíduo possua um arco de movimento passivo completo e não tenha alterações sensitivas e/ou motoras previamente ao TRM. Limitações de mais de 50% do arco de movimento são definidas como contraturas articulares e quando o teste motor da forma padronizada não puder ser realizado pela presença de imobilizações, amputação do membro ou pelo comprometimento do arco de movimento, as raízes implicadas neste segmento são classificadas como “não testáveis” (NT). Quando o indivíduo apresenta alterações neurológicas, como por exemplo lesões do plexo braquial, que também impossibilitam o teste da sensibilidade e força motora da forma padronizada, as raízes implicadas são classificadas com o símbolo “ * ” e são consideradas funcionalmente intactas.

Para a determinação de lesão neurológica completa ou incompleta aplica-se uma escala alfabética, de A a E, chamada de AIS, acrônimo para *American Spinal Injury Association Impairment Scale*. Sujeitos com lesões neurológicas completas são classificados como “A” e não possuem contração voluntária do esfíncter anal, sensibilidade anal profunda e tampouco sensibilidade nos dermatômos de S4 e S5 (figura 1). Em contrapartida, sujeitos com função sensitiva e motora normais são classificados como “E”. As classificações de “B” a “D” incluem lesões motoras incompletas cuja definição depende da avaliação das raízes de S4 e S5 e do número de miótomos funcionantes abaixo do nível neurológico único.

1.6. O PARAPLÉGICO TORÁCICO – ALTERAÇÕES POSTURAS NO PLANO SAGITAL

Nos indivíduos com lesão medular, a denervação da musculatura segmentar da coluna vertebral abaixo do nível da lesão altera a postura e o equilíbrio do tronco no plano sagital (31). Neste contexto, postura é definida como a interrelação da posição dos segmentos do corpo em um dado momento, e equilíbrio, como a estabilização do corpo como um todo considerando as superfícies de apoio ao seu redor (31).

Recentemente o melhor entendimento do equilíbrio do tronco e a relação entre a coluna vertebral e a pelve modificaram as estratégias de tratamento das deformidades da coluna vertebral (32-35). O estudo do alinhamento no plano sagital após a correção de deformidades mostrou a existência de um mecanismo compensatório na coluna vertebral (9, 11, 36, 37). Smith *et. al.* (11) estudaram as alterações da coluna cervical no plano sagital em indivíduos adultos com deformidades cujo centro de gravidade estava localizado anteriormente à S1 e encontraram um aumento da lordose na coluna cervical, que diminuía após a correção da deformidade (11).

Em contrapartida, há poucos estudos semelhantes com lesados medulares. Castro de Medeiros *et. al.* analisaram o alinhamento radiográfico no plano sagital de 10 paraplégicos com lesão de T6 a T10 em posição ortostática com o auxílio de eletroestimulação cutânea e encontraram valores semelhantes aos de indivíduos sem lesão medular com relação à cifose torácica e outros parâmetros radiográficos (38).

Em 1991, Seelen e Vuurman, estudaram o controle postural de indivíduos paraplégicos com lesão medular abaixo de T3 na posição sentada. O estudo eletromiográfico durante a realização de atividades de alcance bimanual mostrou que a inatividade dos eretores da espinha abaixo do nível da lesão era compensada pela ativação de músculos não posturais como o latíssimo do dorso, o serrátil anterior, o peitoral maior e a porção ascendente do músculo

trapézio. (39, 40). Em outro estudo de 1997, comparando paraplégicos altos (de T2 a T8) e baixos (de T9 a T12) com um grupo controle, Seelen et al. encontraram um aumento significativo na atividade eletromiográfica dos eretores da espinha no grupo com lesão medular de T2 a T8 durante a realização de atividades bimanuais, comparado a paraplégicos com lesão de T9 a T12. Segundo os autores, isto poderia significar um esforço maior para estender a porção mais cranial da coluna vertebral e reduzir o deslocamento anterior do centro de gravidade decorrente da inatividade muscular abaixo do nível da lesão medular (31)

O impacto das mudanças do alinhamento no plano sagital da coluna vertebral, especificamente no segmento cervical, seriam segundo diversos autores, responsáveis pelo desenvolvimento de dor, degeneração do disco intervertebral, artrose, espondilose e mielopatia cervical em indivíduos sem lesão medular (41, 42).

O distúrbio do alinhamento no plano sagital da coluna cervical poderia ser uma das causas de cervicalgia em paraplégicos num momento inicial (43), porém a evolução a longo prazo das adaptações biomecânicas talvez seja mais importante.

1.7. ESPONDILOSE E MIELOPATIA CERVICAL

Espondilose cervical (EC) é um termo utilizado para definir as alterações degenerativas que ocorrem na coluna cervical. Caracteriza-se pela formação de osteófitos (espículas osteocondrais localizadas nos bordos dos corpos vertebrais cervicais), hipertrofia ligamentar e artrose das articulações facetárias (44, 45). Mielopatia cervical é a denominação dada ao conjunto de sinais e sintomas decorrentes da compressão medular no nível cervical (41).

A EC tem início com as alterações no volume, forma, estrutura e composição do DI, ocorrendo de forma decrescente nos segmentos C5-C6, C6-C7 e C4-C5 (44, 46-48). As

mudanças no DI têm início por volta da 3ª década de vida e fatores mecânicos também podem contribuir neste processo de degeneração (46, 49, 50). Em 2009, Okada *et al.* publicaram os resultados de uma avaliação prospectiva das ressonâncias magnéticas da coluna cervical de 113 indivíduos sadios acompanhados num intervalo de 10 anos. Concluíram que a progressão da degeneração do DI era significativamente maior em indivíduos acima de 40 anos e com diminuição da lordose cervical. (49).

Goel e Clausen (51) demonstraram que com uma pequena redução da lordose cervical o DI passa a suportar 88% da carga axial, aliviando a carga nas articulações facetárias (51). Além da sobrecarga do DI, a diminuição da lordose cervical resulta no aparecimento de forças de tensão nas bordas posteriores dos corpos vertebrais potencialmente gerando osteófitos de tração que podem diminuir o diâmetro do FI e do canal vertebral (6, 46, 52).

As manifestações das compressões medulares e das raízes espinhais são diversas, tornando o diagnóstico difícil. Especificamente na EC, os sintomas aparecem de forma insidiosa e geralmente entre os 50 e 70 anos de idade, com uma predileção pelo sexo masculino numa proporção de 3 homens para 2 mulheres (44, 52). Alguns indivíduos apresentam quadros subagudos ou agudos após traumas cervicais (44).

Os sintomas dependem da localização anatômica (radicular ou medular), gravidade da compressão nervosa e do nível acometido, podendo ocorrer alterações da marcha e do equilíbrio, alterações de sensibilidade nos membros superiores e/ou inferiores, diminuição da destreza das mãos, distúrbios esfínterianos como urgência ou incontinência urinária e fecal e dores irradiadas para os membros superiores (44, 52).

Durante o exame físico, achados como diminuição ou aumento de reflexos profundos tendíneos nos membros superiores, aumento de reflexos profundos tendíneos nos membros inferiores, presença do sinal de Hoffmann, clônus e reflexos patológicos como o sinal de

Babinski, diminuição de força muscular e alterações sensitivas nos membros superiores podem ser encontrados (44, 52).

Os diagnósticos diferenciais da radiculopatia por EC e da mielopatia cervical incluem compressões dos nervos periféricos, lesões tendinosas e degenerações articulares (53). Exames de imagem como radiografia, ressonância magnética e mielotomografia auxiliam no diagnóstico da EC e da mielopatia cervical. Dentre estes exames, a radiografia é o exame de custo mais baixo, amplamente acessível e relativamente seguro. Uma das classificações radiográficas da EC foi proposta por Gore *et al.* pontuando a presença de esclerose nos platôs vertebrais, diminuição da altura do DI, formação de osteófitos anteriores e posteriores nos corpos vertebrais (4, 54).

1.5. JUSTIFICATIVA PARA ESTE TRABALHO

O crescente aumento na sobrevivência dos indivíduos com lesão medular os torna mais expostos às alterações mecânicas, especialmente na coluna cervical. A degeneração da coluna cervical com o desencadeamento de compressões das raízes espinhais e/ou da medula espinhal pode ser altamente incapacitante, por resultar na diminuição da força e alteração da sensibilidade nos membros superiores. O entendimento das alterações no plano sagital da coluna cervical dos paraplégicos pode ajudar a explicar a evolução da espondilose e da mielopatia cervical nestes indivíduos.

2. OBJETIVOS

O objetivo primário deste estudo foi avaliar a correlação entre o nível de lesão medular torácica e o alinhamento no plano sagital da coluna cervical em indivíduos paraplégicos utilizando radiografias. O objetivo secundário foi caracterizar e comparar as alterações degenerativas radiográficas em diferentes níveis de lesão medular torácica.

3. CAPÍTULO (Submetido)

DOES THE LEVEL OF SPINAL CORD INJURY INFLUENCE THE CERVICAL SAGITTAL ALIGNMENT? – PRELIMINARY STUDY ON PARAPLEGICS

Shortened title: THE CERVICAL SAGITTAL ALIGNMENT IN PARAPLEGICS.

Denis S. Sakai, MD¹ ; Karina Alonso, PT¹ ; Eliza Azevedo, PT¹; Alberto Cliquet Jr., PhD¹

1. Campinas State University, Orthopaedics Department

Corresponding author:

Denis S. Sakai

Av. Cursino, 104 Ap. 51 C – Saude, Sao Paulo/SP – Brazil

ZIPcode 04132-000

e-mail: denis_sakai@yahoo.com

Support: This study received no funding

Disclaimer: The authors declare no conflict of interest.

ABSTRACT

BACKGROUND

Paraplegics are highly dependent of their upper extremities for everyday activities. Changes in the cervical spine after a spinal cord injury may occur and result in degenerative changes and neurologic impairment in the upper extremities.

OBJECTIVE

The primary endpoint of this study was to analyze the differences in the cervical spine alignment in paraplegics according to their level of spinal cord injury. The secondary endpoint was to compare degenerative findings on conventional radiographs between two different groups of paraplegics.

METHODS

Twelve paraplegics (9 males, 3 females) sustaining more than 1 year of injury (average 9.1, from 4 to 15 years) had their sagittal cervical spine x-rays analyzed. They were divided into 2 groups: 6 patients had injuries below T9 and another 6, at or above T8, according to the ASIA classification. We have compared the global lordosis (GL), measured from C2 to C7, and the local lordosis (LL), measured for each level.

RESULTS

Paraplegics with a higher spinal cord injury (at or above T8) may have an increased GL ($55^{\circ} \pm 5.7^{\circ}$ vs $26.2^{\circ} \pm 3.8^{\circ}$, $p < 0.0001$) specially in the lower segments - C5-C6 ($10.7^{\circ} \pm 5.9^{\circ}$ vs $1^{\circ} \pm 3.1^{\circ}$, $p = 0.02$) and C6-C7 ($18^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$ vs $4.5^{\circ} \pm 3.6^{\circ}$, $p < 0.0001$). No differences were found comparing the radiographic scores for cervical degeneration between the groups at C4-C5 ($p = 0.16$), C5-C6 ($p = 0.06$) and C6-C7 ($p = 0.31$).

CONCLUSIONS

This preliminary study indicates that the level of spinal cord injury influences the cervical sagittal balance with an increase in lordosis specially in the lower segments and in subjects with spinal cord injuries at or above T8.

Keywords: spinal cord injury, upper extremities, cervical spine, sagittal alignment

INTRODUCTION

The intervertebral disc stabilizes the spine absorbing and distributing mechanical loads and at the same time allowing movement between the vertebrae (47). No other musculoskeletal tissue degenerates more than the intervertebral disc (13) and its aging results in changes in its volume, structure and composition, diminishing mechanical properties (47).

The structural changes in the intervertebral disc begin early in life, about the third decade of life, and include posterior bulging and loss of disc height which may result in a reduction in cervical lordosis and increased loads on the facet joints (49, 50). In 2009, Okada *et al.* analyzed the cervical spine of 113 healthy subjects using MRI in a 10-year interval and observed that the progression of disc degeneration was significantly worse in those older than 40 years and with a diminished cervical lordosis, but no correlation between disc degeneration and symptoms was found (49).

The cervical spine is unique and may be considered a tripod composed by the vertebral body anteriorly and a pair of facet joints posteriorly (6). Although a normal cervical lordosis has not been defined, previous studies found variations between 20° and 34° depending on the measuring method (3-5). In this scenario, the loads would be shared almost equally – the vertebral body supporting 36% of the axial load and the pair of facet joints dividing the rest of the load (9).

The natural history of the cervical degeneration is not well understood and the progression to clinical deterioration varies in the literature (10, 11), but when it occurs the consequences may be worse for paraplegic subjects. To the best of our knowledge this is the first report comparing the level of spinal cord injury and changes in the cervical spine alignment in paraplegics. The primary endpoint of this study was to analyze the differences in the cervical spine alignment in

paraplegics according to their level of spinal cord injury. The secondary endpoint was to compare degenerative findings on conventional radiographs between two different groups of paraplegics.

METHODS

Following local IRB approval, we included male and female subjects with spinal cord injuries from T3 to T12 (12) with more than 1 year of injury and older than 18 years old. We excluded subjects with a past history of cervical trauma or known cervical diseases, rheumatoid arthritis and peripheral neuropathy. All subjects were seen in a outpatient basis between August 2010 and August 2012 and were divided into 2 groups: below T9 and at or above T8.

The evaluation of the cervical sagittal alignment was done using conventional radiographs. All the exams were done following a protocol in the presence of the principal investigator (D.S.S.). The measurements of the cervical lordosis were done using the posterior tangent method described by Harrison *et al.* (Figure 1). Radiographic signs of cervical spine degeneration (disc space narrowing, vertebral body end-plate sclerosis, osteophyte formation) were also analyzed according to the method described by Gore *et al.* (Figure 2) and results were compared between the groups.

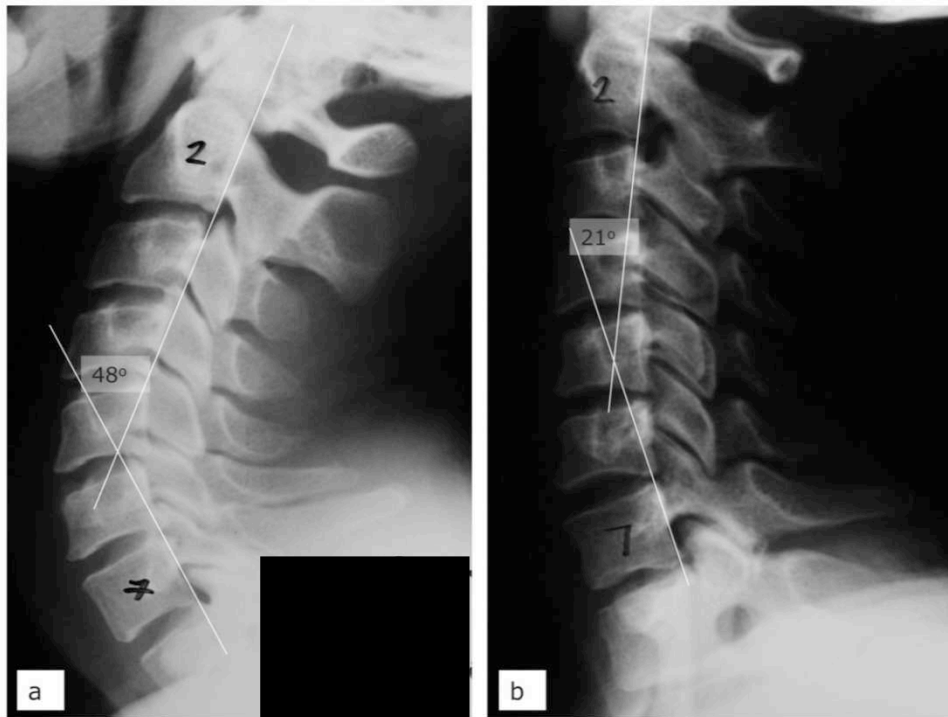


Figure 1. Global lordosis measured by the posterior tangent method described by Harrison *et al.*. T4A subject with 48° of global lordosis (a) and T9B with 21° of global lordosis.



Figure 2. T11A subject with degenerative changes in the cervical spine as described by Gore *et al.*. Anterior osteophyte formation (a), disc space narrowing (b), vertebral body end-plate sclerosis (c), posterior osteophyte formation (d).

Statistical analysis with unpaired Student's t test and a p value of 0.05 was done using Excel for Macintosh v.12.3.3 (Microsoft Corp, USA).

RESULTS

Twelve subjects were included in the study, 9 (75%) males and 3 (25%) females. The mean age was 39 years old (from 25 to 59, standard deviation 11). Motorcycle accidents responded for 42% of the injuries followed by gunshots (17%), falls (17%), spinal cord infarction (8%), iatrogenic injury (8%) and other motor vehicle accidents (8%) (Table 1).

Six subjects had injuries below T9 and another 6, at or above T8. No statistical differences were found between the groups comparing age ($p=0.51$) and time from the spinal cord injury ($p=0.02$) (Table 1).

Table 1. Demographic distribution, time from injury, level of spinal cord injury according to the *American Spinal Injury Association* (ASIA) and etiology.

	Gender	Age (years)	Time from injury (years)	ASIA	Etiology
1	Male	27	7	T9A	Motorcycle
2	Male	37	12	T9B	Gunshot
3	Male	59	15	T12A	Fall
4	Male	53	9	T11A	Iatrogenic
5	Fem.	25	6	T9B	Medullary infarction
6	Fem.	49	14	T9B	Motor vehicle accident
7	Male	42	9	T8A	Fall
8	Fem.	43	8	T7B	Motorcycle
9	Male	29	10	T4A	Motorcycle
10	Male	41	6	T5A	Motorcycle
11	Male	37	9	T4A	Gunshot
12	Male	25	4	T3A	Motorcycle

There were no differences in age ($p=0.51$) and time from injury ($p=0.2$) between the groups.

Subjects with spinal cord injuries at or above T8 presented with higher global lordosis ($55^\circ \pm 5.7^\circ$ vs $26.2^\circ \pm 3.8^\circ$, $p=0.00$), specially in C5-C6 ($10.7^\circ \pm 5.9^\circ$ vs $1^\circ \pm 3.1^\circ$, $p=0.02$) and C6-C7 ($18^\circ \pm 3.5^\circ$ vs $4.5^\circ \pm 3.6^\circ$, $p<0.0001$) (Figure 3).

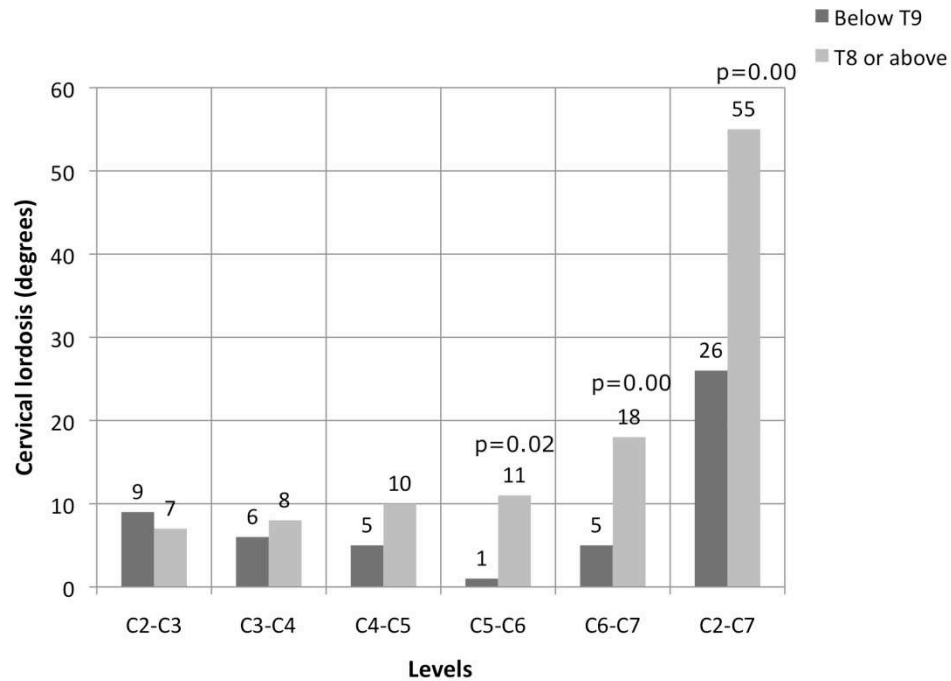


Figure 3. Mean local lordosis (for each level) and global lordosis (C2-C7). Significant differences were found comparing C5-C6 ($p=0.02$), C6-C7 ($p<0.0001$) and global lordosis ($p<0.0001$).

Degenerative changes were more common in C5-C6 and C6-C7 but no significant differences were found comparing both groups (C4-C5, $p=0.16$; C5-C6, $p=0.06$; C6-C7, $p=0.31$) (Table 2).

Table 2. Mean scores for cervical degeneration

Group	C4-C5 (mean)	C5-C6 (mean)	C6-C7 (mean)
Below T9	1.6	4.5	3.8
At or above T8	0.3	2	2.3
	<i>p=0.16</i>	<i>p=0.06</i>	<i>p=0.31</i>

Using the method described by Gore *et al.*, higher scores were obtained in C5-C6 and C6-C7 but no differences were found comparing the groups.

DISCUSSION

Spinal cord injury results in devastating physical and psychosocial consequences with a predilection for young males between 16 and 30 years old (14).

Paraplegics experience a mechanical overload in the upper extremities resulting in abnormalities such as shoulder pain, carpal tunnel syndrome and wrist arthritis (15-17).

Changes in the cervical spine alignment also occur, but little is known about its consequences o paraplegics (18, 19). These changes can be one of the causes of neck pain in this population (19) but the natural history following the mechanical adaptations on the cevical spine may be more important. Goel and Clausen reported that in axial compression, the intervertebral disc supports 88% of the axial load and unloads the facets (20). Moreover, there is a change in the compression forces to tension forces in the posterior aspects of the vertebral bodies resulting in traction osteophytes (5) potentially narrowing the spinal canal and foramen.

In this study, more rostral injuries showed significantly higher global lordosis (mean 55°, standard deviation 3.8) and localized lordosis (mean 10°, standard deviation 5.9 in C5-C6, mean 18°, standard deviation 3.5 in C6-C7), that would theoretically overload the facets predisposing to early joint degeneration. We found higher global lordosis in these subjects, compared to the average 34° found in a previous study on healthy subjects using the same measurement method. Injuries below T9 presented with a similar global lordosis to previous reports in healthy subjects. (8).

The mean age in this study was 39 years (standard deviation 11) and the mean time of spinal cord injury was 9 years (standard deviation 3.3). Higher incidences of degenerative changes in the cervical spine occur by the age of 55 (11) and maybe the low average age in our subjects and the little time they were exposed to the mechanical changes may not have led to radiographic changes nor clinical symptoms.

The small number of subjects and the use of conventional radiographs as an evaluating tool are important limitations of this preliminary study, although we understand that conventional radiographs are the most used complementary study in use, easily accessible, non-invasive and relatively safe (21).

CONCLUSION

This preliminary study indicates that the level of spinal cord injury influences the cervical sagittal balance with an increase in lordosis specially in the lower segments and in subjects with spinal cord injuries at or above T8.

REFERENCES

1. Buckwalter JA. Aging and degeneration of the human intervertebral disc. *Spine*. 1995;20(11):1307-14.
2. Buckwalter JA, Woo SL, Goldberg VM, Hadley EC, Booth F, Oegema TR, et al. Soft-tissue aging and musculoskeletal function. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(10):1533-48.
3. Okada E, Matsumoto M, Ichihara D, Chiba K, Toyama Y, Fujiwara H, et al. Does the sagittal alignment of the cervical spine have an impact on disk degeneration? Minimum 10-year follow-up of asymptomatic volunteers. *Eur Spine J*. 2009;18(11):1644-51.
4. Okada E, Matsumoto M, Ichihara D, Chiba K, Toyama Y, Fujiwara H, et al. Aging of the cervical spine in healthy volunteers: a 10-year longitudinal magnetic resonance imaging study. *Spine*. 2009;34(7):706-12.
5. Harrison DE, Jones EW, Janik TJ, Harrison DD. Evaluation of axial and flexural stresses in the vertebral body cortex and trabecular bone in lordosis and two sagittal cervical translation configurations with an elliptical shell model. *J Manipulative Physiological Ther*. 2002;25(6):391-401.
6. Gwinn DE, Iannotti CA, Benzel EC, Steinmetz MP. Effective lordosis: analysis of sagittal spinal canal alignment in cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurgery Spine*. 2009;11(6):667-72.
7. Gore DR, Sepic SB, Gardner GM. Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people. *Spine*. 1986;11(6):521-4.
8. Harrison DD, Janik TJ, Troyanovich SJ, Holland B. Comparisons of lordotic cervical spine curvatures to a theoretical ideal model of the static sagittal cervical spine. *Spine*. 1996;21(6):667-75.
9. Pal GP, Sherk HH. The vertical stability of the cervical spine. *Spine*. 1988;13(5):447-9.
10. Matz PG, Anderson PA, Holly LT, Groff MW, Heary RF, Kaiser MG, et al. The natural history of cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurgery Spine*. 2009;11(2):104-11.
11. Baron EM, Young WF. Cervical spondylotic myelopathy: a brief review of its pathophysiology, clinical course, and diagnosis. *Neurosurgery*. 2007;60(1 Suppl 1):S35-41.
12. Marino RJ, Barros T, Biering-Sorensen F, Burns SP, Donovan WH, Graves DE, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2003;26 Suppl 1:S50-6.
13. Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Troyanovich SJ, Janik TJ, Holland B. Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine*. 2000;25(16):2072-8.
14. Chen Y, Tang Y, Vogel LC, Devivo MJ. Causes of spinal cord injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2013;19(1):1-8.
15. Curtis KA, Tyner TM, Zachary L, Lentell G, Brink D, Didyk T, et al. Effect of a standard exercise protocol on shoulder pain in long-term wheelchair users. *Spinal Cord*. 1999;37(6):421-9.
15. Oda J, Tanaka H, Tsuzuki N. Intervertebral disc changes with aging of human cervical vertebra. From the neonate to the eighties. *Spine*. 1988 November;13(11):1205-11.
16. Curtis KA, Drysdale GA, Lanza RD, Kolber M, Vitolo RS, West R. Shoulder pain in wheelchair users with tetraplegia and paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(4):453-7.
17. Akbar M, Penzkofer S, Weber MA, Bruckner T, Winterstein M, Jung M. Prevalence of carpal tunnel syndrome and wrist osteoarthritis in long-term paraplegic patients compared with controls. *J Hand Surg Br*. 2013. [Epub ahead of print].
18. Boninger ML, Cooper RA, Fitzgerald SG, Lin J, Cooper R, Dicianno B, et al. Investigating neck pain in wheelchair users. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(3):197-202.

19. Kirby RL, Fahie CL, Smith C, Chester EL, Macleod DA. Neck discomfort of wheelchair users: effect of neck position. *Disabil Rehabil.* 2004;26(1):9-15.
20. Goel VK, Clausen JD. Prediction of load sharing among spinal components of a C5-C6 motion segment using the finite element approach. *Spine.* 1998;23(6):684-91.
21. Amevo B, Aprill C, Bogduk N. Abnormal instantaneous axes of rotation in patients with neck pain. *Spine.* 1992;17(7):748-56.

4. . CONCLUSÃO GERAL

Este estudo indica que o nível de lesão medular torácica influencia o alinhamento cervical no plano sagital com um aumento global na lordose especialmente nos segmentos mais distais e nos indivíduos com lesão medular acima de T8.

5. REFERÊNCIAS

1. Moore K. O dorso In: Anatomia orientada para a clínica. 3a. Edição. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. p. 288 - 333.
2. Vasavada A, Delp S, Lieber RL. Architectural design and function of human back muscles In: Rothman-Simeone The spine, 5a. Edição. Herkowitz HN; Garfin SR; Eismont FJ; Bell GR; Balderston RA. Philadelphia: Saunders Elsevier. 2006: 55-70.
3. Gwinn DE, Iannotti CA, Benzel EC, Steinmetz MP. Effective lordosis: analysis of sagittal spinal canal alignment in cervical spondylotic myelopathy. J Neurosurg Spine. 2009 Dec;11(6):667-72.
4. Gore DR, Sepic SB, Gardner GM. Roentgenographic findings of the cervical spine in asymptomatic people. Spine. 1986 July;11(6):521-4.
5. Harrison DD, Janik TJ, Troyanovich SJ, Holland B. Comparisons of lordotic cervical spine curvatures to a theoretical ideal model of the static sagittal cervical spine. Spine. 1996 Mar;21(6):667-75.
6. Harrison DE, Jones EW, Janik TJ, Harrison DD. Evaluation of axial and flexural stresses in the vertebral body cortex and trabecular bone in lordosis and two sagittal cervical translation configurations with an elliptical shell model. Journal of manipulative and physiological therapeutics. 2002;25(6):391-401. Epub 2002/08/17.
7. Pal GP, Sherk HH. The vertical stability of the cervical spine. Spine. 1988 May;13(5):447-9.
8. Harrison DE, Harrison DD, Janik TJ, William Jones E, Cailliet R, Normand M. Comparison of axial and flexural stresses in lordosis and three buckled configurations of the cervical spine. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2001 May;16(4):276-84.
9. Ilharreborde B, Vidal C, Skalli W, Mazda K. Sagittal alignment of the cervical spine in adolescent idiopathic scoliosis treated by posteromedial translation. Eur Spine J. 2013 Feb;22(2):330-7
10. Park SB, Jahng TA, Chung CK. Remodeling of adjacent spinal alignments following cervical arthroplasty and anterior discectomy and fusion. Eur Spine J. 2012 Aug;21(2):322-7.
11. Smith JS, Shaffrey CI, Lafage V, Blondel B, Schwab F, Hostin R, et al. Spontaneous improvement of cervical alignment after correction of global sagittal balance following pedicle subtraction osteotomy. J Neurosurg Spine. 2012 Aug;17(4):300-7.
12. Parke WWB, C.M.; Garfin, S.R. Applied anatomy of the spine In: Rothman-Simeone The spine, 5a. Edição. Herkowitz HN; Garfin SR; Eismont FJ; Bell GR; Balderston RA. Philadelphia: Saunders Elsevier. 2006: 16-54. 2006.
13. Buckwalter JA, Woo SL, Goldberg VM, Hadley EC, Booth F, Oegema TR, et al. Soft-tissue aging and musculoskeletal function. J Bone Joint Surg Am. 1993 Oct;75(10):1533-48.
14. Holm S. Pathophysiology of disc degeneration. Acta Orthop Scand Suppl. 1993 Jan;251:13-5.
15. Oda J, Tanaka H, Tsuzuki N. Intervertebral disc changes with aging of human cervical vertebra. From the neonate to the eighties. Spine. 1988 Nov;13(11):1205-11.
16. Machado A. Anatomia macroscópica da medula espinhal e seus envoltórios. In: Neuroanatomia funcional. 2a. Edição. São Paulo: Atheneu; 1998. p. 35-42.

17. Tanaka N, Fujimoto Y, An HS, Ikuta Y, Yasuda M. The anatomic relation among the nerve roots, intervertebral foramina, and intervertebral discs of the cervical spine. *Spine*. 2000 Mar;25(3):286-91.
18. Ebraheim NA, An HS, Xu R, Ahmad M, Yeasting RA. The quantitative anatomy of the cervical nerve root groove and the intervertebral foramen. *Spine*. 1996 Jul;21(14):1619-23.
19. Epstein JA, Davidoff LM. Recognition and management of spinal cord and nerve root compression caused by osteophytes. *Bulletin on the rheumatic diseases*. 1953 Feb;3(6):29-30.
20. Machado A. Nervos espinhais In: *Neuroanatomia funcional*. 2a. Edição. São Paulo: Atheneu; 1998. p. 110-6.
21. Burns AS, O'Connell C. The challenge of spinal cord injury care in the developing world. *J Spinal Cord Med*. 2012 Feb;35(1):3-8.
22. Pickett GE, Campos-Benitez M, Keller JL, Duggal N. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in Canada. *Spine*. 2006 Apr;31(7):799-805.
23. van den Berg ME, Castellote JM, Mahillo-Fernandez I, de Pedro-Cuesta J. Incidence of spinal cord injury worldwide: a systematic review. *Neuroepidemiology*. 2010 Feb;34(3):184-92
24. Brito LM, Chein MB, Marinho SC, Duarte TB. Epidemiological evaluation of victims of spinal cord injury. *Rev Col Bras Cir*. 2011 Nov;38(5):304-9.
25. Devivo MJ. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications. *Spinal Cord*. 2012 Jan;50(5):365-72.
26. Middleton JW, Dayton A, Walsh J, Rutkowski SB, Leong G, Duong S. Life expectancy after spinal cord injury: a 50-year study. *Spinal Cord*. 2012 May;50(11):803-11.
27. Frankel HL, Coll JR, Charlifue SW, Whiteneck GG, Gardner BP, Jamous MA, et al. Long-term survival in spinal cord injury: a fifty year investigation. *Spinal Cord*. 1998 May;36(4):266-74.
28. Leal-Filho MB, Borges G, Almeida BR, Aguiar Ade A, Vieira MA, Dantas Kda S, et al. Spinal cord injury: epidemiological study of 386 cases with emphasis on those patients admitted more than four hours after the trauma. *Arq Neuropsiquiatr*. 2008 Jul;66(2B):365-8.
29. Cohen ME, Ditunno JF, Jr., Donovan WH, Maynard FM, Jr. A test of the 1992 International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. *Spinal Cord*. 1998 Aug;36(8):554-60.
30. Association ASI. Reference manual for the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. Chicago: American Spinal Injury Association. 2003.
31. Seelen HA, Potten YJ, Huson A, Spaans F, Reulen JP. Impaired balance control in paraplegic subjects. *J Electromyogr Kinesiol*. 1997 Jun;7(2):149-60.
32. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. *Eur Spine J*. 2011 Jul;20 Suppl 5:578-85.
33. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine*. 2010 Oct;35(22):E1193-8.
34. Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *Eur Spine J*. 2010 Jun;19(11):1824-36.
35. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J*. 2002 Apr;11(1):80-7.
36. Elgafy H, Bransford R, Semaan H, Wagner T. Clinical and radiographic evaluation of sagittal imbalance: a new radiographic assessment. *Am J Orthop*. 2011 Jul;40(3):E30-4.
37. Hwang SW, Samdani AF, Tantorski M, Cahill P, Nydick J, Fine A, et al. Cervical sagittal plane decompensation after surgery for adolescent idiopathic scoliosis: an effect imparted by postoperative thoracic hypokyphosis. *J Neurosurg Spine*. 2011 Aug.;15(5):491-6.

38. de Medeiros RC, Jaccard AP, Cliquet A, Jr. Sagittal spinal alignment in paraplegics: a new paradigm for the rehabilitation under neuromuscular electrical stimulation. *Spinal Cord*. 2010 Sep;48(3):251-6.
39. Seelen HA, Vuurman EF. Compensatory muscle activity for sitting posture during upper extremity task performance in paraplegic persons. *Scand Rehabil Med*. 1991 Jan;23(2):89-96.
40. Seelen HA, Potten YJ, Drukker J, Reulen JP, Pons C. Development of new muscle synergies in postural control in spinal cord injured subjects. *J Electromyogr Kinesiol*. 1998 Jul;8(1):23-34.
41. Bernhardt M, Hynes RA, Blume HW, White AA, 3rd. Cervical spondylotic myelopathy. *J Bone Joint Surg Am*. 1993 Jan;75(1):119-28.
42. Baron EM, Young WF. Cervical spondylotic myelopathy: a brief review of its pathophysiology, clinical course, and diagnosis. *Neurosurgery*. 2007 Jan;60(1 Suppl 1):S35-41.
43. Kirby RL, Fahie CL, Smith C, Chester EL, Macleod DA. Neck discomfort of wheelchair users: effect of neck position. *Disabil Rehabil*. 2004 Dec;26(1):9-15.
44. Tracy JA, Bartleson JD. Cervical spondylotic myelopathy. *Neurologist*. 2010 May;16(3):176-87.
45. Shedid D, Benzel EC. Cervical spondylosis anatomy: pathophysiology and biomechanics. *Neurosurgery*. 2007 Jan;60(1 Suppl 1):S7-13.
46. Friedenberg ZB, Miller WT. Degenerative Disc Disease of the Cervical Spine. *J Bone Joint Surg Am*. 1963 Sep;45:1171-8.
47. Buckwalter JA. Aging and degeneration of the human intervertebral disc. *Spine*. 1995 Jun;20(11):1307-14.
48. Morishita Y, Naito M, Wang JC. Cervical spinal canal stenosis: the differences between stenosis at the lower cervical and multiple segment levels. *Int Orthop*. 2011 Nov;35(10):1517-22.
49. Okada E, Matsumoto M, Ichihara D, Chiba K, Toyama Y, Fujiwara H, et al. Does the sagittal alignment of the cervical spine have an impact on disk degeneration? Minimum 10-year follow-up of asymptomatic volunteers. *Eur Spine J*. 2009 Jul;18(11):1644-51.
50. Okada E, Matsumoto M, Ichihara D, Chiba K, Toyama Y, Fujiwara H, et al. Aging of the cervical spine in healthy volunteers: a 10-year longitudinal magnetic resonance imaging study. *Spine*. 2009 Apr;34(7):706-12.
51. Goel VK, Clausen JD. Prediction of load sharing among spinal components of a C5-C6 motion segment using the finite element approach. *Spine*. 1998 Apr;23(6):684-91.
52. Epstein JA, Epstein BS, Lavine LS, Carras R, Rosenthal AD. Cervical myeloradiculopathy caused by arthrotic hypertrophy of the posterior facets and laminae. *J Neurosurg*. 1978 Sep;49(3):387-92.
53. Akbar M, Penzkofer S, Weber MA, Bruckner T, Winterstein M, Jung M. Prevalence of carpal tunnel syndrome and wrist osteoarthritis in long-term paraplegic patients compared with controls. *J Hand Surg Eur Vol*. 2013. Ahead of print.
54. Gore DR. Roentgenographic findings in the cervical spine in asymptomatic persons: a ten-year follow-up. *Spine*. 2001 Nov;26(22):2463-6.

ANEXO I

Termo de submissão do artigo “*Does the level of spinal cord injury influence the cervical sagittal alignment? – preliminary study on paraplegics*” ao periódico *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*

Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation
Does the level of spinal cord injury influence the cervical sagittal alignment? - preliminary study on paraplegics.
--Manuscript Draft--

Manuscript Number:

Full Title: Does the level of spinal cord injury influence the cervical sagittal alignment? - preliminary study on paraplegics.

Article Type: Original Article

Keywords: Spinal Cord Injury; paraplegia; neck; sagittal alignment; cervical spine

Corresponding Author: Denis Sakai, MD
Campinas State University
Campinas, BRAZIL

Corresponding Author Secondary Information:

Corresponding Author's Institution: Campinas State University

Corresponding Author's Secondary Institution:

First Author: Denis Sakai, MD

First Author Secondary Information:

Order of Authors: Denis Sakai, MD
Alberto Cliquet Jr., PhD
Karina Alonso, PT
Eliza Azevedo, PT

Order of Authors Secondary Information:

Abstract:

BACKGROUND
Paraplegics are highly dependent of their upper limbs for daily activities. Changes in the sagittal alignment of the whole spine occur after the spinal cord injury resulting in changes in the mechanical forces. The cervical spine is the particularly important for paraplegics as alterations of the sagittal alignment may predispose to degeneration of the intervertebral disc and facet joints potentially causing functional impairments in the upper limbs.

OBJECTIVE
The objective of this study was to analyze the differences in the cervical spine alignment in paraplegics according to their level of spinal cord injury.

METHODS
Twelve paraplegics (9 males and 3 females) sustaining more than 1 year of injury (average 9.1, 4 to 15) had their sagittal cervical spine x-rays analyzed. They were divided into 2 groups: 6 had injuries below T9 and another 6, at or above T8, according to the American Spinal Injury Association (ASIA) classification. We have compared the global lordosis (GL), measured from C2 to C7, and the local lordosis (LL), measured for each level.

RESULTS
Results indicate that a higher spinal cord injury (at or above T8) may have an increased GL (55 ± 5.7 vs 26.2 ± 3.8 , $p=0.00$) specially in the lower segments - C5-C6 (10.7 ± 5.9 vs 1 ± 3.1 , $p=0.02$) and C6-C7 (18 ± 3.5 vs 4.5 ± 3.6 , $p=0.00$).

CONCLUSION
This preliminary study indicates that the level of spinal cord injury may influence the cervical sagittal balance with a increase in the lordosis specially in the lower segments.

ANEXO II

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa, número 386/2010



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

CEP, 25/05/10
(Grupo III)

PARECER CEP: Nº 386/2010 (Este nº deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0295.0.146.000-10

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: "AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA DAS ALTERAÇÕES DEGENERATIVAS NA COLUNA CERVICAL DE PACIENTES PARAPLÉGICOS".

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Denis Seguchi Sakai

INSTITUIÇÃO: Hospital das Clínicas/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 10/05/2010

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 25/05/11 (O formulário encontra-se no *site* acima)

II - OBJETIVOS

Avaliar as alterações radiográficas degenerativas da coluna cervical nos pacientes paraplégicos e cadeirantes atendidos no Ambulatório de Biomecânica e reabilitação do aparelho locomotor do Hospital das Clínicas da UNICAMP.

III - SUMÁRIO

Será realizado um estudo transversal de pacientes paraplégicos, através de raio-X de coluna cervical em três tomadas PA, Perfil e Oblíquas, observando as alterações degenerativas que poderão ter repercussão na sintomatologia e possíveis complicações.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Os critérios de inclusão e exclusão estão claros, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é adequado, os riscos a quem o paciente poderá ser submetido são mínimos e os achados podem ser relevantes para novas abordagens.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, bem como todos os anexos incluídos na pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.



VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

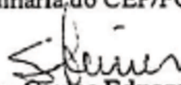
O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e).

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII – DATA DA REUNIÃO

Homologado na V Reunião Ordinária, do CEP/FCM, em 25 de maio de 2010.


Prof. Dr. Carlos Eduardo Steiner
PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP