

**GUSTAVO CAMPELO BORNHOLDT**

**Novo método radiográfico para a determinação de  
estenose do canal cervical**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências

Programa de Ortopedia e Traumatologia

Orientador: Dr. André Pedrinelli

**São Paulo  
2015**

## **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Bornholdt, Gustavo Campelo

Novo método radiográfico para a determinação de estenose do canal cervical /  
Gustavo Campelo Bornholdt. -- São Paulo, 2015.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.  
Programa de Ortopedia e Traumatologia.

Orientador: André Pedrinelli.

Descritores: 1.Espondilose 2.Lesões do pescoço 3.Traumatismos do sistema  
nervoso 4.Compressão da medula espinal 5.Neuropatias do plexo braquial  
6.Radiografia 7.Imagem por ressonância magnética

USP/FM/DBD-166/15

*Aos meus pais, Valdemar e Neuza, pela  
educação amorosa e pelo exemplo.*

*A minha esposa, Pricila, por todo amor e  
companheirismo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores Dr. Arnaldo José Hernandez e Dr. André Pedrinelli pela orientação nesta dissertação e pela conduta exemplar com que influenciaram minha formação médica.

Aos professores Dr. Túlio Diniz Fernandes e Dra. Márcia Uchoa Rezende pelas correções e orientações para o término desta dissertação.

Ao colega e amigo Pedro Paz, pela ajuda fundamental na coleta de dados.

Ao meu irmão, Luciano Bornholdt, pela ajuda com a elaboração do artigo originado dessa dissertação.

Aos colegas Claudio Baisch de Andrade Cintra, Mériellem Galvão Masseli, Felipe Hardt e Leonardo Kenji Hirao pela colaboração e amizade.

Aos voluntários da pesquisa, que se mostraram pacientes e gentis durante todo o processo de coleta de dados.

A secretaria de pós-graduação do Instituto de Ortopedia da FMUSP, em especial à secretária Tania Borges que foi sempre paciente e solícita.

## NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação: Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A.L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª Ed. São Paulo: Serviços de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

## SUMÁRIO

**LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE QUADROS**

**LISTA DE TABELAS**

**RESUMO**

***ABSTRACT***

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Anatomia e Biomecânica da Coluna Cervical.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Neuropraxia da medula cervical e estenose do canal cervical.....</b>	<b>10</b>
2.2.1 Neuropraxia da Medula Cervical (cervical cord neurapraxia, CCN).....	10
2.2.2 Estenose do canal cervical .....	12
<b>2.3 Medição por Imagem da Estenose do Canal Cervical .....</b>	<b>18</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 População.....</b>	<b>24</b>
3.1.1 Critérios de inclusão .....	24
3.1.2 Critérios de não-inclusão .....	24
<b>3.2 Coleta dos Dados.....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Radiografia perfil da coluna cervical .....	25
3.2.2 Ressonância Nuclear Magnética da Coluna Cervical .....	29
<b>3.3 Análise de Dados .....</b>	<b>30</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Correlações entre índice de Torg, DCCC, SAC e SACD .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Concordância entre DCCC e DCRM .....</b>	<b>35</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>7 ANEXO .....</b>	<b>48</b>
<b>7.1 Anexo A - Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa – CAPPesq do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. ....</b>	<b>48</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Amplitude de Movimento
CAPPesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
CCN	<i>Cervical Cord Neurapraxia</i>
C1	Primeira Vértebra Cervical, Atlas
C2	Segunda Vértebra Cervical, Axis
C3	Terceira Vértebra Cervical
C4	Quarta Vértebra Cervical
C5	Quinta Vértebra Cervical
C6	Sexta Vértebra Cervical
C7	Sétima Vértebra Cervical
DCCC	Diâmetro Corrigido do Canal Cervical
DCRM	Diâmetro Sagital do Canal Cervical Medido pela Ressonância Magnética
IT	Índice de Torg
MDCCC	Média do DCCC entre C3 e C6
MDCRM	Média do DCRM entre C3 e C6
MSAC	Média do SAC entre C3 e C6
MSACD	Média do SACD entre C3 e C6
MTorg	Média do IT entre C3 e C6
NFL	Liga de Futebol Americano
NPB	Neuropraxia do Plexo Braquial
PLL	Ligamento Longitudinal Posterior
RM	Ressonância Magnética
SAC	Espaço Disponível para a Medula Espinhal ao Nível do Corpo Vertebral
SACD	Espaço Disponível para a Medula Espinhal ao Nível do Disco Intervertebral

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Anatomia das vértebras cervicais.....	9
<b>Figura 2</b>	A: Coluna cervical normal com lordose fisiológica; B Achados típicos de <i>Spears Tackler's Spine</i> : retificação da coluna cervical, diminuição de espaços discais e formação de osteófitos .....	16
<b>Figura 3</b>	O índice de Torg é obtido pela relação entre o diâmetro sagital do canal vertebral (a) e o diâmetro sagital do corpo vertebral (b) em dada vértebra .....	19
<b>Figura 4</b>	Exemplos de radiografias de um canal cervical normal (A), com índice de Torg de cerca de 1.00, e de canal estenótico (B) com índice de Torg em torno de 0.50. ....	20
<b>Figura 5</b>	Duas formas de obtenção do SAC. ....	22
<b>Figura 6</b>	A radiografia cervical em perfil foi utilizada para cálculo do IT e DCCC. ....	26
<b>Figura 7</b>	O Índice de Torg foi obtido pela razão entre diâmetro sagital do canal vertebral (a) e diâmetro sagital do corpo vertebral (b). ....	27
<b>Figura 8</b>	O DCCC foi obtido pelo Teorema de Tales, uma vez conhecido o tamanho real da barra de metal acoplada ao pescoço do sujeito, utilizando as medidas radiográficas do diâmetro sagital do canal vertebral (a) e da barra de metal fixada à região cervical (y).....	28



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Classificação da CCN de acordo com a distribuição anatômica dos sintomas.....	11
<b>Quadro 2</b>	Gradação da CCN de acordo com a duração dos sintomas .....	12
<b>Quadro 3</b>	Contraindicações a esportes de contato em atletas com estenose do canal cervical .....	16

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Médias dos valores encontrados de acordo com os diferentes métodos para avaliação de estenose do canal cervical.....	33
<b>Tabela 2</b>	Correlações de IT e DCCC com SAC e SACD.....	35

## RESUMO

**Bornholdt GC.** *Novo método radiográfico para determinação de estenose do canal cervical* [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2015.

**INTRODUÇÃO:** Estenose do canal cervical consiste na diminuição do diâmetro sagital do canal cervical e está associada com maior risco de lesões neurológicas decorrentes de trauma cervical. Nos esportes de colisão, a estenose do canal cervical consiste em um importante parâmetro na decisão de retorno ao esporte após neuropraxia da medula cervical e após determinadas lesões do plexo braquial. Os métodos atualmente disponíveis para avaliação de estenose do canal cervical em atletas são muito caros (ex: por ressonância nuclear magnética) ou pouco precisos (métodos radiográficos). Este estudo avaliou um novo método radiográfico para determinação de estenose do canal cervical, comparando-o com medições realizadas em cadáveres, medida por ressonância nuclear magnética do canal cervical e do espaço disponível para a medula (SAC/SACD) e com o método radiográfico consagrado na literatura para determinação de estenose do canal cervical, o índice de Torg (IT).

**MÉTODOS:** A população do estudo foram 20 homens entre 16 e 35 anos de idade. Os sujeitos realizaram uma ressonância nuclear magnética da coluna cervical para determinação do SAC/SACD e radiografias cervicais em perfil e antero-posterior para determinação do IT e do novo método radiográfico proposto, o diâmetro corrigido do canal cervical (DCCC). Para determinar o DCCC, foi utilizada uma barra de metal de 100 mm, acoplada verticalmente na linha média cervical, utilizando os processos espinhosos das vertebrae cervicais como referência. Obtidos o diâmetro sagital da imagem do canal cervical e o comprimento da imagem da barra de metal na radiografia, e conhecendo o tamanho real da barra de metal, o diâmetro real do canal medular pôde ser estimado matematicamente com o uso do teorema de Tales. Os resultados obtidos para o DCCC foram comparados com valores encontrados em estudos com cadáveres, foi avaliada a concordância entre DCCC e o diâmetro médio-sagital do canal cervical aferido por ressonância magnética (DCRM) e os métodos radiográficos (DCCC e IT) foram correlacionados com o SAC/SACD. Os cálculos foram realizados nos níveis C3 a C7, além das médias de C3 a C6 [DCCC (MDCCC), IT (MTorg) e SAC/SACD (MSAC/MSACD)].

**RESULTADOS:** Os valores obtidos pelo DCCC (média do MDCCC: 15.29 mm) foram compatíveis com os valores descritos em estudos de medida direta. A correlação entre DCCC e SAC/SACD foi superior à correlação entre IT e SAC/SACD, sendo de 0.7025

para MDCCC e MSACD contra 0.5473 para MTorg e MSACD. O teste de concordância entre os valores absolutos para DCCC e DCRM evidenciou valores mais elevados na medida por DCCC, sendo média de 1.84 mm maior para MDCCC em relação a média de C3 a C6 pelo DCRM. **CONCLUSÕES:** O Diâmetro Corrigido do Canal Cervical apresentou valores semelhantes aos encontrados em estudos com medida direta em cadáveres e apresentou correlação com SAC/SACD superior ao IT.

**Descritores:** Espondilose; Lesões do pescoço; Traumatismos do sistema nervoso; Compressão da medula espinal; Neuropatias do plexo braquial; Radiografia; Imagem por ressonância magnética.

## ABSTRACT

**Bornholdt GC.** *New method for radiographic determination of cervical stenosis* [Dissertation]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2015.

**INTRODUCTION:** Cervical spinal stenosis is the diminution of the anteroposterior diameter of the spinal canal and it is associated with increased risk of neurological injury from cervical trauma. In collision sports, the cervical canal stenosis is an important parameter in the return to play decision after cervical cord neuropraxia and after some brachial plexus injuries. The methods currently available for evaluation of cervical canal stenosis in athletes are expensive (eg, nuclear magnetic resonance) or imprecise (radiographic methods). This study evaluated a new radiographic method for determination of cervical canal stenosis, comparing it to measurements performed on cadavers, measurement by magnetic resonance imaging of the cervical canal and space available for the cord (SAC/SACD) and the consecrated radiographic method for determining cervical spinal stenosis, Torg ratio(TI). **METHODS:** The study population were 20 men between 16 and 35 years. The subjects underwent a magnetic resonance imaging of the cervical spine to determine the SAC/SACD and cervical radiographs to determine the IT and the proposed new radiographic method, called corrected cervical canal diameter (DCCC). To determine the DCCC, a 100 mm metal bar was used vertically over the cervical midline, using the spinous processes of the cervical vertebrae as reference. Got the radiographic diameter of the medullary canal and the length of the metal bar image on the radiograph , and knowing the actual size of the metal bar , the actual diameter of the spinal canal could be estimated mathematically with the simple use of the theorem of Thales. The results for the DCCC were compared with values found in cadavers studies, the agreement between DCCC and the mid-sagittal diameter of the cervical canal measured by magnetic resonance imaging (DCRM) was calculated and radiographic methods (DCCC and IT) were correlated with SAC/SACD. Calculations were performed individually for C3 to C7 and averages of C3 to C6 [DCCC (MDCCC), IT (MTorg) and SAC/SACD (MSAC/ MSACD)]. **RESULTS:** The values obtained by DCCC (average MDCCC: 15:29 mm) were consistent with the values described in studies using direct measurement. The correlation between DCCC and SAC/SACD was higher than the correlation between IT and SAC/SACD, being 0.7025 for MDCCC and MSACD and 0.5473 for MTorg and MSACD. The agreement between absolute values for DCCC and DCRM showed higher values for DCCC, which average 1.84 mm

greater for MDCCC compared to the average of C3 to C6 for DCRM.

**CONCLUSIONS:** The Fixed Diameter of the Cervical Canal showed similar values to those found in studies with direct measurement from cadavers and correlated with SAC/SACD better than IT.

**Descriptors:** Spondylosis; Neck injuries; Trauma, Nervous system; Spinal cord compression; Brachial plexus neuropathies; Radiography; Magnetic resonance imaging.

# **1 INTRODUÇÃO**

---

## 1 INTRODUÇÃO

Estenose do canal cervical é definida como a diminuição do diâmetro ântero-posterior do canal espinhal, seja por uma alteração congênita isolada ou devido à hérnia de disco, alterações degenerativas ou instabilidade pós-traumática.<sup>1</sup>

Em 1956, Wolfe *et al.* descreveram a medida do espaço para a medula espinhal de C3 a C7, utilizando radiografias em perfil da coluna cervical, por meio da medição da distância entre o ponto médio da superfície posterior do corpo vertebral e a linha espino-laminar correspondente. A escala normal era 14,2 a 23 mm, e valores inferiores a 13 mm foram considerados estenose cervical<sup>2</sup>.

Nos diversos estudos que utilizaram a medida do canal cervical na incidência perfil da radiografia, entretanto, há grande variação nos valores normativos. Isto acontece devido a variações no método de obtenção das radiografias, em especial pelas diferentes distâncias utilizadas até a lâmina da radiografia<sup>3,4</sup>. Devido à inconsistência deste método, foi desenvolvido em 1986 o índice de Torg (IT), método que utiliza a razão entre o diâmetro sagital do canal cervical e o diâmetro do corpo vertebral correspondente<sup>5</sup>. Como as diferenças entre o diâmetro do canal e corpo vertebral obtidos na radiografia são proporcionais em relação ao diâmetro real da coluna do paciente, quando usados na forma de índice se anulam. Este índice provou ser reprodutível e independente de variáveis técnicas<sup>3</sup>. Desde então o IT tem sido amplamente utilizado como critério de retorno aos esportes de colisão após casos de neuropraxia da medula espinhal cervical.

Em seu artigo de 1986 Torg, Pavlov e colaboradores, através do estudo de série de casos no futebol americano, descreveram a neuropraxia da medula espinhal cervical (CCN – cervical cord neurapraxia) como uma entidade clínica distinta<sup>5</sup>. Neste estudo a estenose do canal vertebral cervical verificada na radiografia perfil cervical foi correlacionada com maior



risco de neuropraxia da medula espinhal cervical. As radiografias cervicais foram avaliadas por dois métodos diferentes: (a) medida do diâmetro sagital entre o ponto médio da superfície posterior do corpo vertebral ao ponto mais próximo da linha laminar correspondente, e (b) razão entre o diâmetro sagital do canal cervical e o diâmetro sagital do corpo vertebral (IT).

Um índice de Torg menor que 0,8 é altamente sensível para um maior risco de neuropraxia da medula espinhal cervical, porém não pode ser usado para contraindicar esportes de contato em atletas saudáveis devido ao seu baixíssimo valor preditivo positivo – menos de 2% dos atletas com índice menor que 0,8 sofrerão um ou mais episódios de CCN<sup>6</sup>. Devido a este baixo valor preditivo positivo do IT, Herzog estudou a geometria da coluna cervical de atletas da NFL (liga de futebol americano). Em seu estudo, Herzog demonstra que o corpo vertebral destes atletas é proporcionalmente maior que o da população geral, sugerindo o ponto de corte para diagnóstico de estenose do canal cervical um IT menor que 0,7 para atletas da NFL<sup>7</sup>.

Independentemente do valor de corte utilizado para IT, entretanto, este método não apresenta grande precisão para o diagnóstico de estenose do canal cervical uma vez que o coeficiente de determinação do diâmetro sagital do corpo vertebral para o IT é de 58% ( $r^2=.58$ ), enquanto o diâmetro do canal vertebral é responsável apenas por uma menor parte da variação deste índice<sup>8</sup>. Isto significa que a maior parte da variação do IT é dada pelo tamanho do corpo vertebral e não do canal cervical.

A RM magnética também é utilizada para o diagnóstico de estenose do canal cervical por meio da determinação do espaço disponível para a medula espinhal. Os valores para o espaço disponível para a medula podem ser obtidos pelo diâmetro médio-sagital do canal cervical subtraído o diâmetro da medula espinhal. Para o cálculo do espaço disponível para a medula, o diâmetro médio-sagital do canal cervical pode ser medido ao nível do corpo cervical (SAC) ou ao nível do disco intervertebral (SACD). O espaço disponível para a medula correlaciona-se melhor com o risco de lesões neurológicas e tem sido proposto na decisão de afastamento de esportes de contato em casos de sintomas neurológicos recidivantes<sup>9</sup>. O

diâmetro do canal cervical é responsável pela maior parte da variância do SAC, 66% ( $r^2=.66$ ), tendo o diâmetro da medula espinhal menor importância ( $r^2=.23$ )<sup>8</sup>.

Devido ao recente crescimento dos esportes de colisão no Brasil, o diagnóstico de estenose do canal cervical para uso nas decisões de retorno ao esporte após CCN ou neuropraxia do plexo braquial (NPB) deve tornar-se mais frequente. Entre os esportes de colisão com maior destaque em nosso país atualmente encontram-se o Rugby, esporte em que o número de clubes aumentou mais de 500% na última década. A popularidade deste esporte deve aumentar ainda mais devido aos investimentos e patrocínios que o esporte recebe por fazer parte do ciclo olímpico para as Olimpíadas de 2016 no Rio de Janeiro, ano em que o Rugby retorna aos jogos. Outros esportes de destaque no cenário nacional são os esportes de luta, como MMA, judô e jiu-jitsu. O futebol americano, embora ainda com pouco destaque no Brasil, também vem crescendo.

O crescimento de um esporte corresponde também a um maior número de praticantes expostos a lesões, especialmente tratando-se de esportes de colisão. No Rugby, por exemplo, a incidência de lesões pode ultrapassar 200 por 1000 horas de jogo<sup>10</sup> - cerca de 3 vezes a incidência de lesões da copa do mundo da FIFA de 2006<sup>11</sup> e 6 vezes a incidência de lesões na *UEFA Champions League* de futebol<sup>12</sup>.

Apesar do baixo risco de lesões cervicais debilitantes nestes esportes, programas de prevenção são necessários devido à gravidade destas. Entre diversas formas de prevenção de lesões cervicais, como técnica adequada de tackle, adaptações nas regras do esporte e fortalecimento da musculatura cervical, está o desaconselhamento à prática do esporte para indivíduos sob risco aumentado. A estenose do canal cervical, que pode ser identificada pelos exames de imagem, por si não contra-indica a prática de futebol americano, Rugby, ou outros esportes de colisão, porém deve ser considerada entre os critérios para decisão de retorno ao esporte após episódios de neuropraxia da medula cervical<sup>13,14,15,16</sup>.

Devido as dificuldades por mim encontradas, como médico da seleção brasileira de Rugby, nas decisões de retorno ao esporte após episódios de trauma cervical, senti a necessidade de buscar um método de imagem eficaz e de fácil acesso para determinação de estenose cervical. Com este estudo buscamos, por meio de um novo método radiográfico, eliminar os erros de magnificação e a influência de variações interpessoais do diâmetro do corpo vertebral na avaliação do diâmetro do canal cervical. Ao invés do uso de corpo vertebral como referência, sugerimos a utilização de uma pequena barra de metal de 100 mm fixada na linha média cervical verticalmente a partir do processo espinhoso de c7 até 100 mm no sentido cranial. Sabendo-se o comprimento real da barra, o comprimento da imagem da barra na radiografia e o diâmetro do canal cervical na radiografia, facilmente pudemos calcular o tamanho real do canal cervical. Este estudo comparou o método proposto, o diâmetro corrigido do canal cervical (DCCC), com o diâmetro sagital do canal cervical encontrado em estudos com medida direta em cadáveres, foi feita sua correlação com o SAC/SACD e verificada sua concordância com o diâmetro sagital do canal cervical medido pela ressonância magnética (DCRM). A correlação entre IT e SAC/SACD também foi realizada com intuito de verificar qual dos métodos radiográficos, DCCC ou IT, melhor se correlaciona com o SAC/SACD.

## 1.1 Objetivos

Objetivo principal:

Verificar qual dos métodos radiográficos, Índice de Torg ou Diâmetro Corrigido do Canal Cervical, melhor se correlaciona com SAC e SACD.

Objetivos secundários:

Verificar o Diâmetro Corrigido do Canal Cervical como método fidedigno para avaliação do diâmetro do canal cervical: comparando-o com valores da medida direta em estudos que avaliaram peças anatômicas, o

correlacionando com o SACD e SAC e verificando sua concordância com o DCRM.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

---

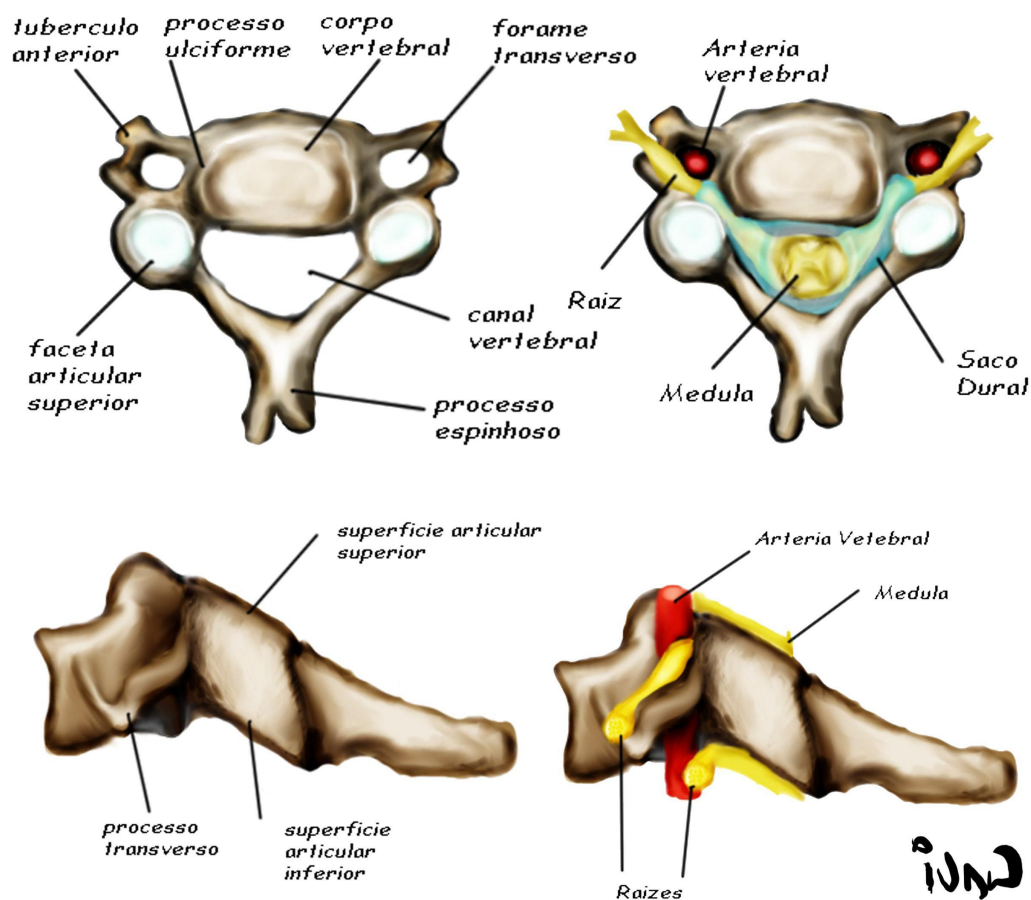
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Anatomia e Biomecânica da Coluna Cervical

A relativa maior espessura dos discos, a orientação aproximadamente horizontal das facetas articulares e a pequena quantidade de massa corporal circundante possibilitam à região cervical a maior amplitude e variedade de movimento de toda a coluna vertebral<sup>17</sup>.

Os corpos vertebrais cervicais são comparativamente pequenos, ligeiramente côncavos na sua superfície superior e convexos na superfície inferior. Dentro dos processos transversos existem os forames transversos, pelos quais passam as artérias vertebrais acima do nível C7. Os pedículos são orientados medialmente 15° a 40° com inclinação ligeiramente cefálica. A inclinação do pedículo diminui de 40 graus no plano sagital em C3 para 29 graus em C7<sup>18</sup>. O comprimento do processo espinhoso aumenta de C3 a C7, permitindo o incremento de torque necessário para resistir a cargas na cabeça. As facetas articulares inferiores e superiores de vértebras adjacentes formam as articulações, que são diartrodiais e orientadas 30° a 45° em relação à horizontal. Devido a esta menor angulação das facetas das vértebras cervicais, rotações da coluna vertebral entre C3 e C7 podem ser acompanhadas por uma maior amplitude de inclinação lateral<sup>19</sup>.

Os processos uncinados, projeções póstero-laterais da porção superior do corpo vertebral, são formações ósseas peculiares das vértebras cervicais. Cada segmento da coluna vertebral subaxial permite rotação e inclinação lateral acopladas, devido à forma original das facetas e articulações uncovertebrais, o que aumenta a amplitude de movimento funcional cervical<sup>20</sup>. As vértebras C1 e C2 têm suas facetas no plano axial e não apresentam processos unciformes, possibilitando o movimento de rotação (50% da ADM de rotação cervical ocorre entre atlas e axis)<sup>21</sup>.



FONTE: <http://www.drivanrocha.com.br>

**Figura 1** – Anatomia das vértebras cervicais

A grande amplitude de movimento (ADM) que a coluna cervical apresenta é acompanhada de pouca estabilidade óssea, fazendo com que a coluna cervical dependa de estruturas ligamentares para evitar mobilidade excessiva. Os estabilizadores estáticos primários do pescoço incluem o ligamento longitudinal anterior, disco intervertebral, ligamento longitudinal posterior (PLL), ligamento amarelo, cápsulas facetárias, e ligamentos interespinhosos e supraespinhosos.

O diâmetro sagital do canal cervical atinge dimensões adultas por volta dos treze anos de idade<sup>22</sup>. O tamanho do canal permanece constante, enquanto as estruturas ósseas em torno dele continuam a crescer. A forma dos corpos vertebrais de C3 a C7 permanecem constante, porém seu

tamanho aumenta. A largura média do corpo vertebral aumenta para 17 mm até 23 milímetros de C3 a C7, a profundidade média aumenta para 16 mm a 18 mm, e a altura aumenta de 11 mm a 13 milímetros<sup>23</sup>. O diâmetro sagital do canal cervical permanece relativamente constante entre 14 mm a 15 mm de C3 a C7<sup>24,25,26</sup>.

A área da secção transversal do canal da coluna vertebral tem sido relatada como menor em C4, seguido por C5<sup>27,28</sup>. Na coluna cervical subaxial, a medula espinal ocupa aproximadamente 50% do canal. As médias da medula espinal são 8 a 9 mm de diâmetro sagital médio. A área da secção transversal da medula espinhal cervical tem sido relatada maior em C4, C5<sup>27,28</sup> e C6<sup>29</sup>. As raízes nervosas saem em um ângulo de 45 graus através do forame neural, que têm cerca de 9 mm de altura, 4 milímetros de largura e 5 mm de comprimento<sup>30</sup>. Os nervos que saem estão sob uma certa tensão, uma vez que retraem 10% a 20% do seu comprimento quando seccionados in vivo. A medula e o canal espinhal deslizam entre si durante movimentos de flexão e extensão cervical. O ponto neutro, no qual não há movimento relativo entre medula e vertebra, localiza-se em C5<sup>31</sup>.

## **2.2 Neuropraxia da medula cervical e estenose do canal cervical**

### **2.2.1 Neuropraxia da Medula Cervical (cervical cord neurapraxia, CCN)**

A neuropraxia da medula cervical é definida como um déficit neurológico provisório após trauma da medula espinhal cervical<sup>32</sup>. É uma lesão esportiva com prevalência entre 1,3 a 6 casos por 10.000 atletas, com poucos estudos que descrevem bem o fenômeno<sup>5,32</sup>. Em uma grande série de 110 pacientes com CCN, a grande maioria dos casos (87%) ocorreu durante futebol americano<sup>16</sup>. O mecanismo de lesão é tipicamente hiperextensão ou a hiperflexão cervical com carga axial<sup>5,33</sup>.

A perturbação temporária da permeabilidade axonal é a causa das manifestações neurológicas da CCN<sup>34</sup>. As lesões em hiperextensão ou



hiperflexão provocam uma sobrecarga mecânica que despolariza a membrana axonal, de forma reversível, porém sustentada. Isto ocorre devido ao influxo de cálcio, causando hiperpolarização e despolarização prolongada, durante a qual os axônios não são excitáveis. Além disso, a tensão anatômica que ocorre durante estas situações pode resultar em vasoconstricção microvascular e vasoespasmos. Como resultado, pode haver isquemia regional. A natureza transitória dessas alterações fisiológicas distinguem neurapraxia de danos neurológicos irreversíveis<sup>32</sup>.

Episódios de CCN podem ser classificados de acordo com o déficit neurológico, a distribuição anatômica e a duração dos sintomas (Quadros 1 e 2). Em relação aos déficits neurológicos, podem ser classificados como parestesia (envolvendo sintomas puramente sensoriais), paresia ou plegia. Quanto à distribuição anatômica, pode envolver os membros superiores, membros inferiores, membros superior e inferior ipsilaterais ou as quatro extremidades. A classificação da CCN de acordo com o tempo até a resolução dos sintomas é: grau 1 quando os sintomas duram menos de 15 minutos, grau 2 quando duram entre 15 minutos e 24 horas e grau 3 quando duram mais de 24 horas<sup>34</sup>.

**Quadro 1** - Classificação da CCN de acordo com a distribuição anatômica dos sintomas

<b>QUAD</b>	Acometimento das quatro extremidades
<b>UPPER</b>	Acometimento de membros superiores
<b>LOWER</b>	Acometimento de membros inferiores
<b>HEMI</b>	Acometimento de membro superior e inferior ipsilaterais

FONTE: Torg *et al* (1995)<sup>34</sup>.

**Quadro 2** – Graduação da CCN de acordo com a duração dos sintomas

Duração dos sintomas	Classificação
Até 15 minutos	Grau 1
15 minutos a 24 horas	Grau 2
Acima de 24 horas	Grau 3

FONTE: Torg *et al* (1995)<sup>34</sup>.

Alterações sensoriais incluem queixas de dor em queimação, dormência, formigamento ou perda de sensibilidade; alterações motoras consistem em fraqueza ou paralisia completa. Os episódios são transitórios, e a recuperação total geralmente ocorre em 10 a 15 minutos (grau 1), embora em alguns casos, a resolução gradual não ocorra por 36 a 48 horas. Exceto pela parestesia em queimação, não há dor cervical no momento da lesão<sup>15</sup>. Radiografias da coluna cervical não mostram evidência de fratura ou luxação, mas há, via de regra, grau demonstrável de estenose do canal cervical associado.

Os atletas que sofrem CCN podem ser divididos em dois grandes grupos, de acordo com o risco de retorno ao esporte de colisão. O primeiro grupo corresponde aos atletas sem evidências radiológicas de estenose do canal cervical. O segundo grupo é formado pelos atletas com estenose do canal cervical comprovada por exame de imagem, que representam um grande desafio clínico quanto à decisão de retorno ao esporte.

### 2.2.2 Estenose do canal cervical

A estenose do canal cervical, definida por seu diâmetro sagital médio ou área de secção transversal, retrospectivamente tem se demonstrado um fator de risco importante na ocorrência e gravidade da lesão neurológica após trauma cervical<sup>24,35,36</sup>. Foram demonstrados diâmetros significativamente menores do canal sagital em pacientes com lesões na medula espinhal, em comparação com controles normais<sup>21,36</sup>. Relatos

sugerem que jogadores de futebol americano com estenose do canal cervical apresentam maior risco para CCN recorrentes<sup>5,13,37</sup>. O diâmetro sagital médio de C3 até C7 é aproximadamente 14 milímetros a 15 mm<sup>24-26</sup>. Diâmetros acima de 15 mm são considerados normais, enquanto diâmetros inferiores a 13 mm são considerados estenose<sup>38</sup>.

Em medidas indiretas do diâmetro sagital médio podem variar de acordo com a técnica radiográfica, devido a erros de magnificação. Em 1986, Torg e Pavlov propuseram a utilização da relação entre o diâmetro médio-sagital do canal medular e o diâmetro do corpo vertebral para definir estenose<sup>5</sup>. Este método, que será melhor abordado adiante, elimina erros causados por diferentes distâncias entre o aparelho de radiografia, paciente e filme.

Torg *et al.* originalmente mediram o canal vertebral de C3 a C6 em 24 jogadores que sofreram tetraplegia transitória<sup>5</sup>. O índice de Torg médio de C3 a C6 foi de 0,63, com o menor nível individual variando entre 0,31 e 0,77. Apenas dois indivíduos apresentaram índices Torg acima de 0,82 em dois ou mais níveis cervicais. A definição original de estenose cervical como índice de Pavlov e Torg de 0,80 ou menos foi, portanto, baseada numa sensibilidade estatística para o valor médio entre C3 e C6<sup>3</sup>.

Na maior série de casos de CCN em atletas já publicada<sup>13</sup>, Torg *et al.* avaliaram 110 pacientes após um primeiro episódio. Nesta série, 80% apresentavam sintomas em todos os 4 membros, e 40% completamente plégicos. Os sintomas, em 74% dos casos, duraram 15 minutos ou menos (grau I). Na avaliação subsequente de 104 radiografias da coluna cervical destes atletas, 86% demonstraram estenose do canal cervical, com índice de Torg <0,8. Destes pacientes, 53 foram submetidos a RM, que evidenciou imagem compatível com protusão discal em 81% e evidência de franca compressão medular em 34%.

Na maior série de casos recente<sup>14</sup> 10 atletas que sofreram CCN foram submetidos à ressonância magnética, que demonstrou estenose cervical em todos pacientes e compressão da medula em 3 (33%).

Entre os atletas que sofrem CCN, o risco de recorrência desta lesão é claramente maior naqueles com estenose do canal cervical radiograficamente documentada. Na grande série de casos publicada por Torg *et al.*, os pacientes que sofrem recorrência da lesão apresentavam índice de Torg significativamente menor (média 0,65 +/- 0,1) em comparação os atletas que não sofreram recorrência da lesão (média 0,72 +/- 0,1). Pacientes que sofreram recorrência também apresentavam, pela ressonância magnética, menor diâmetro do canal ao nível disco (média de 8,7 +/- 1,7 milímetros) em comparação com aqueles que não tiveram recorrência (média de 10.1 +/- 1.2 mm)<sup>13</sup>.

Uma série de cinco casos<sup>39</sup> foi publicada apresentando jogadores de elite de futebol americano com hérnias de disco cervicais tratados cirurgicamente, após episódios de CCN. A técnica cirúrgica utilizada foi microdissectomia por via anterior associada à artrodese de um único nível. Todos os atletas retornaram ao esporte entre nove semanas e oito meses após a cirurgia. Entretanto, dois atletas com cirurgia ao nível C4-5 desenvolveram em curto espaço de tempo após a cirurgia hérnias de disco sintomáticas em nível adjacente. Após este diagnóstico, ambos atletas seguiram a orientação médica de se retiraram do esporte. Os outros três atletas não apresentaram complicações após retorno à prática esportiva (dois deles com segmento de 3 anos e o outro com segmento de 1 ano).

Enquanto o risco aumentado de recorrência da CCN em atletas com estenose do canal cervical é bem documentado, os riscos para lesão catastrófica nesta população não estão bem definidos. O estudo de 110 atletas realizado por Torg *et al.* não demonstrou nenhum caso catastrófico durante seguimento dos atletas por pelo menos um ano. Séries de casos menores mais recentes<sup>39</sup> também não apresentam relatos de lesão permanente após episódio de CCN.

Apesar destes seguimentos de atletas que retornaram ao esporte após CCN não demonstrar um risco aumentado para lesão medular permanente, é preciso salientar que muitos atletas são afastados pela equipe médica ou decidem se retirar do esporte após um episódio de CCN<sup>13,16,39,40</sup>. Desta

forma, os casos que retornam ao esporte são, via de regra, os considerados sem risco aumentado de lesões catastróficas após a avaliação médica.

Não existe nenhum protocolo bem definido ou universalmente aceito para o afastamento definitivo dos esportes de contato após um episódio de CCN. O principal fator para esta tomada de decisão é a estenose do canal cervical, porém entre os atletas com estenose (a maioria dos casos) alguns outros dados são considerados.

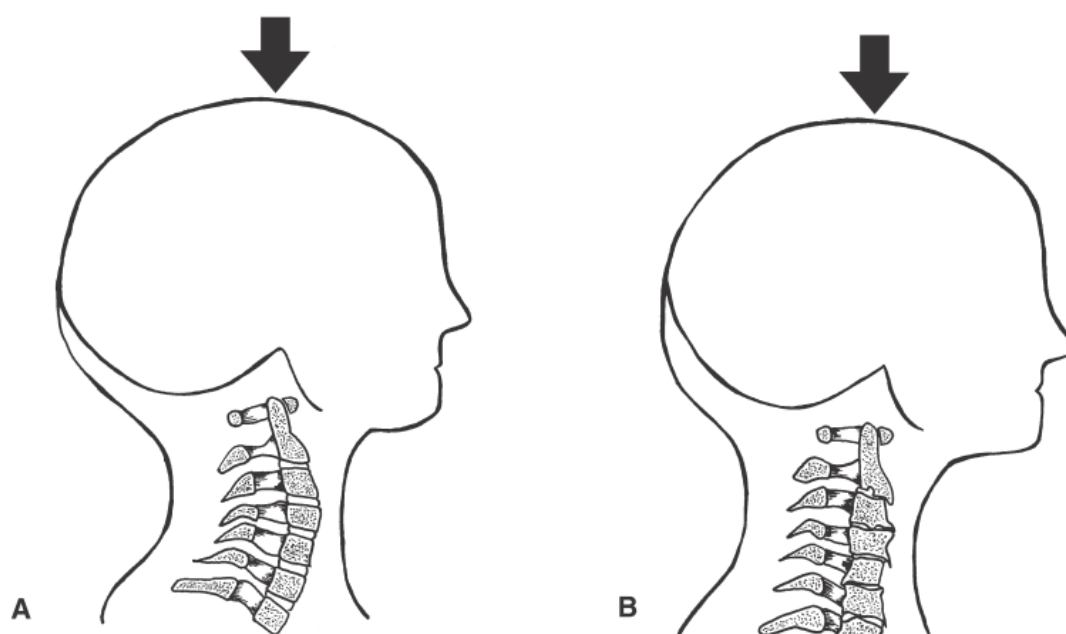
Segundo alguns autores<sup>14,15,16,21</sup>, contraindicações absolutas para a participação em esportes se aplicam àqueles com estenose cervical que experimentam um episódio documentado de CCN associado a qualquer das seguintes condições: instabilidade ligamentar, evidências de defeitos ou edema na medula em exame de ressonância magnética, sintomas ou sinais neurológicos de mais de 36 horas de duração, ou mais de uma recidiva (Quadro 3).

Alguns atletas apresentam uma condição conhecida como *Spear tackler's Spine*, definida por: (a) estenose do canal cervical, (b) perda da lordose cervical fisiológica documentada em radiografia perfil em posição neutra, em pé, (c) anormalidades pós-traumáticas radiológicas da coluna cervical e (d) histórico de utilização de técnicas de tackle com o vértex craniano (*spear tackle*). Na presença de todos estes fatores é definida a condição *Spear Tackle Spine*, considerada contraindicação absoluta para esportes de colisão<sup>15</sup> (Figura 2).

**Quadro 3** – Contraindicações a esportes de contato em atletas com estenose do canal cervical

	CONTRAINDICAÇÃO		
	NENHUMA	RELATIVA	ABSOLUTA
<b>Estenose Cervical (1 ou mais vértebras com índice de Torg &lt;0.8)</b>			
... e nenhum sintoma	X		
... e episódio de CCN		X	
... e CCN associado à instabilidade ligamentar, RM demonstrando lesão medular, sintomas > 36 horas de duração, múltiplas recorrências.			X
<b>Spear Tackler's Spine</b>			X

FONTE: Torg (2009)<sup>15</sup>.



FONTE: Torg (2009)<sup>15</sup>.

**Figura 2** – A: Coluna cervical normal com lordose fisiológica; B Achados típicos de *Spears Tackler's Spine*: retificação da coluna cervical, diminuição de espaços disciais e formação de osteófitos. Isto impede a coluna de absorver cargas axiais efetivamente.

A estenose funcional do canal cervical<sup>16</sup> é atualmente muito utilizada como critério de retorno aos esportes de colisão após episódio de CCN<sup>14,16,41,43</sup>. A estenose funcional considera as dimensões ósseas do canal, espessura da medula e potencial de amortecimento do líquido

cefalorraquidiano. Para a avaliação de estenose funcional do canal cervical a RM tem sido utilizada. Com a RM é possível calcular o espaço disponível para a medula (*space available for the cord*, SAC). O SAC corresponde à subtração do diâmetro da medula do diâmetro do canal cervical e é considerado superior aos métodos radiográficos. Porém, também não existem guidelines definitivos para seu uso na decisão de retorno aos esportes de colisão.

Em 2000 Cantu publicou um caso de atleta com estenose do canal cervical que desenvolveu quadriplegia permanente ao retornar ao esporte após um episódio de CCN<sup>19</sup>. Vale, porém, ressaltar que este atleta apresentava estenose funcional do canal cervical. A partir deste caso foi estimado um aumento de risco para lesão quadriplégica 3225 vezes maior em atletas que sofreram CCN. Isto, somado ao fato de que não existem estudos com longo follow-up após casos de CCN, leva alguns autores a considerar contraindicação absoluta o retorno aos esportes de contato após episódio único de CCN<sup>19</sup>.

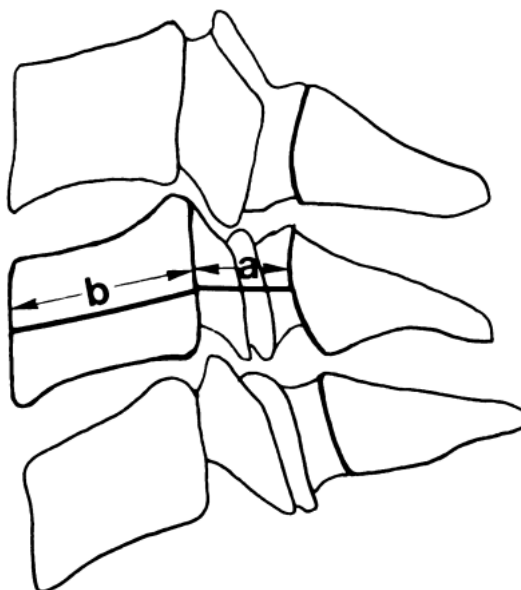
A presença de um canal estenótico influencia a morbidade e prognóstico quando há lesão medular, sendo que pacientes com o menor diâmetro do canal ântero-posterior apresentam mielopatia mais grave após a lesão<sup>43</sup>. Em um estudo avaliando 98 pacientes com fraturas e/ ou luxações cervicais demonstrou que o diâmetro sagital do canal cervical está correlacionado com a extensão da lesão neurológica<sup>35</sup>. Nos relatos de fratura-luxação cervicais em atletas, não há registro de nenhum caso de recuperação neurológica completa em atletas com estenose do canal cervical, sendo que a recuperação completa ocorre em 21% dos casos em que não há estenose do canal cervical<sup>37</sup>. Estes dados reforçam a recomendação de alguns autores de contraindicar esportes de colisão para atletas avaliados como portadores de estenose do canal cervical após CCN, independentemente de outros fatores.

### 2.3 Medição por Imagem da Estenose do Canal Cervical

Métodos para medição do grau de estenose espinhal continuam a evoluir com a evolução das tecnologias de imagem. Em 1956, Wolfe *et al.* descreveram a medida do espaço para a medula espinhal em radiografias laterais da coluna cervical por meio da medição da distância a partir do ponto médio da superfície posterior do corpo vertebral até o ponto mais próximo na linha espino-laminar para as vértebras C3 a C7. A variação normal neste estudo foi 14,2 - 23 mm. Uma medição inferior a 13 mm foi considerada estenose<sup>2</sup>. Os valores obtidos pela análise de radiografias simples, entretanto, poderiam ser distorcidos devido a erros de magnificação ou variações nas técnicas radiográficas utilizadas. O tamanho real do canal, portanto, pode ser melhor avaliada por tomografia computadorizada.

Em 1986 Torg, Pavlov e colaboradores, com seu estudo de série de casos no futebol americano, correlacionaram a estenose do canal cervical verificada em radiografia perfil cervical com maior risco de neuropraxia da medula espinhal cervical. Neste estudo as radiografias cervicais foram avaliadas por dois métodos diferentes: (a) medida do diâmetro sagital entre o ponto médio da superfície posterior do corpo vertebral e o ponto mais próximo da linha laminar correspondente, e (b) índice de Torg<sup>5</sup>. Este índice é uma medida do diâmetro sagital de um dado forame vertebral na radiografia em perfil da coluna cervical dividido pelo diâmetro sagital do correspondente corpo vertebral (Figura 3). Um valor inferior a 0,8 foi considerado estenose cervical e importante fator de risco para lesão neurológica em esportes de contato (Figura 4).

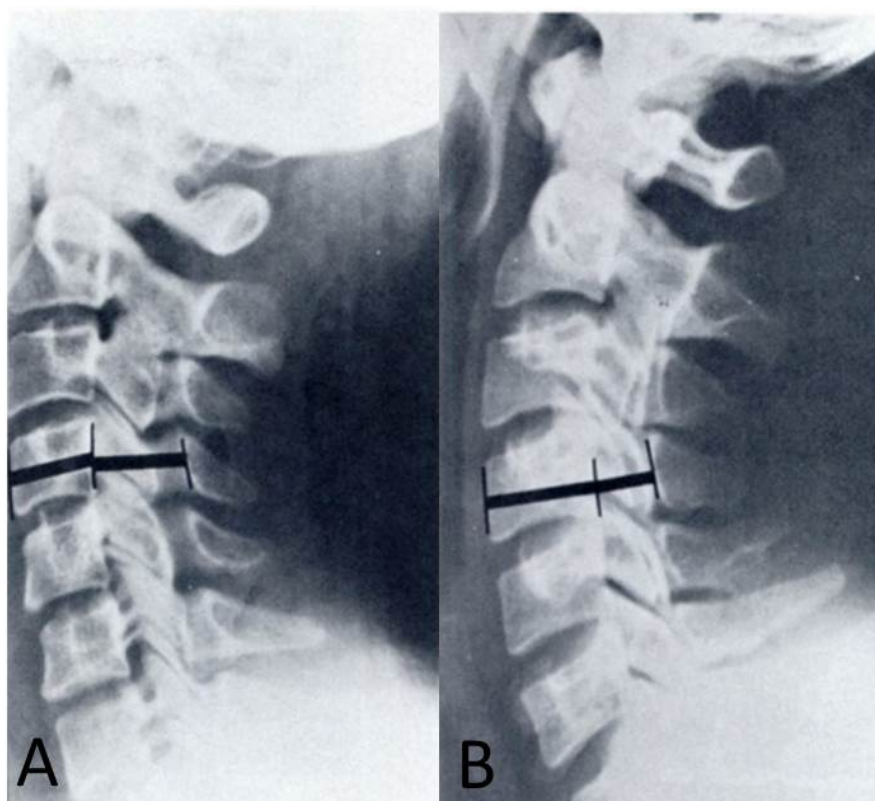




FONTE: Coelho *et al.* (2000)<sup>44</sup>.

**Figura 3** – O índice de Torg é obtido pela relação entre o diâmetro sagital do canal vertebral (a) e o diâmetro sagital do corpo vertebral (b) em dada vértebra. O diâmetro sagital do canal vertebral é aferido entre o ponto médio do bordo posterior do corpo vertebral e o ponto mais próximo da linha espino-laminar correspondente. O diâmetro sagital do corpo vertebral é obtido pela medida do ponto médio do bordo anterior até o ponto médio do bordo posterior do corpo vertebral.

Entre os diversos estudos que utilizam a medida direta do canal cervical na incidência perfil da radiografia há grande variação nos valores normativos. Isto acontece devido a variações no método de obtenção das radiografias, em especial pelas diferentes distâncias utilizadas até a lâmina da radiografia<sup>3,4</sup>. Por este motivo, o índice de Torg passou a ser preferido, uma vez provou-se reprodutível e independente de variáveis técnicas<sup>3</sup>.



FONTE: Torg *et al.* (1986)<sup>5</sup>.

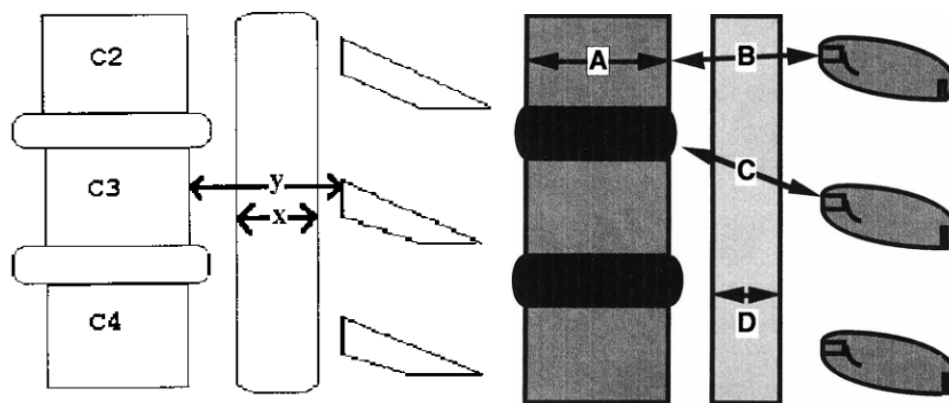
**Figura 4** – Exemplos de radiografias de um canal cervical normal (A), com índice de Torg de cerca de 1.00, e de canal estenótico (B) com índice de Torg em torno de 0.50.

Um índice de Torg menor que 0,8 é altamente sensível para um maior risco de CCN, porém não pode ser usado para contraindicar esportes de contato em atletas assintomáticos devido ao seu baixíssimo valor preditivo positivo – menos de 2% dos atletas com índice menor que 0,8 sofrerão um ou mais episódios de CCN<sup>6</sup>. Herzog demonstrou que 70% dos jogadores de futebol americano com índice de Torg abaixo de 0,8 apresentavam canal cervical de tamanho normal na tomografia computadorizada<sup>7</sup>. Estes resultados são explicados pelo fato de que os jogadores de futebol americano apresentavam corpos vertebrais anormalmente grandes, o que alterava o índice de Torg independentemente da existência de estenose do canal cervical.

Devido à baixa especificidade do índice de Torg, foi proposto que a relação entre o canal cervical e o espaço ocupado pela medula apresenta uma melhor correlação com risco de lesões neurológicas cervicais<sup>9</sup>. A

medida do canal cervical pela RM também se mostra superior ao índice de Torg na predição de recorrências de CCN<sup>13</sup>. Cantu defende a definição funcional de estenose do canal cervical<sup>16,37</sup>. A estenose funcional está presente quando o tamanho do canal é diminuído ao ponto que o amortecimento do líquido espinhal em torno da medula está obliterado. Atletas com estenose cervical funcional estão sob um maior risco para quadriplegia e devem ser proibidos de participar em esportes de contato.

Por meio da RM pode-se medir tanto o diâmetro do canal cervical quanto o diâmetro da medula espinhal, tornando possível calcular o espaço disponível para a medula espinhal (*Space Available for the Cord -SAC*). Esta medida (Figura 05) correlaciona-se melhor que o IT com risco de lesões neurológicas<sup>9</sup> e tem sido proposta na decisão de afastamento de esportes de contato em casos de neuropraxia da medula cervical e de plexo braquial. Em atletas com CCN o SAC encontra-se em torno de 1,6 +- 1,4 mm, sendo que atletas com recorrência de CCN apresentam SAC em torno de 1.1 +- 1,4 mm<sup>5</sup>. O valor médio do SAC entre os níveis C3 a C6 (MSAC) em atletas de futebol americano sem sintomas neurológicos é de 5,8 +- 0.9 mm, já valores abaixo de 4.3 mm estão relacionados com neuropraxia/axoniotmese recorrente de raízes nervosas cervicais<sup>9</sup>.



FONTE: Torg *et al.* (1997)<sup>4</sup>.

**Figura 5** – Duas formas de obtenção do SAC. A primeira utiliza o diâmetro do canal ao nível do corpo vertebral (y-x, figura da esquerda) e a segunda (SACD) utiliza o diâmetro do canal ao nível do disco intervertebral (c-d, figura da direita), levando em conta a possibilidade de compressão medular por disco herniado/protuso.

Um estudo, utilizando medidas do índice de Torg e SAC, demonstrou que variações do tamanho do corpo vertebral podem explicar 58% dos resultados obtidos pelo índice de Torg ( $r^2=.58$ ), enquanto o diâmetro do canal vertebral apresenta menor implicação nos resultados desse índice<sup>14</sup>. Em contrapartida o diâmetro do canal cervical explica a maior parte dos resultados obtidos para o SAC, 66% ( $r^2=.66$ ), tendo o diâmetro da medula espinhal menor importância ( $r^2=.23$ )<sup>8</sup>.

Desta forma, usar o corpo vertebral como parâmetro na medição do canal vertebral pode evitar os erros de magnificação comuns nas medidas em radiografias, porém não leva em consideração as diferenças individuais do diâmetro do corpo vertebral – que tende a ser maior em atletas de esportes de colisão<sup>7</sup>. Esta variação do tamanho do corpo vertebral pode levar a um erro considerável a respeito da predição do espaço real disponível para a medula espinhal quando o IT é utilizado e, também por este motivo, a utilização do DCRM e SAC mostra-se mais fidedigna.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

---

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 População**

Participaram do estudo 20 voluntários do sexo masculino, de pele branca, com idade entre 16 e 35 anos. A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa – CAPPesq do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (Anexo). Todos os voluntários assinaram termo de consentimento livre e esclarecido antes do início da pesquisa.

##### **3.1.1 Critérios de inclusão**

Para participação neste estudo foram selecionados os voluntários que preenchiam os seguintes critérios:

- Sexo masculino.
- Raça caucasiana.
- Idade entre 16 e 35 anos.

##### **3.1.2 Critérios de não-inclusão**

Não foram incluídos no estudo sujeitos que apresentavam qualquer dos seguintes:

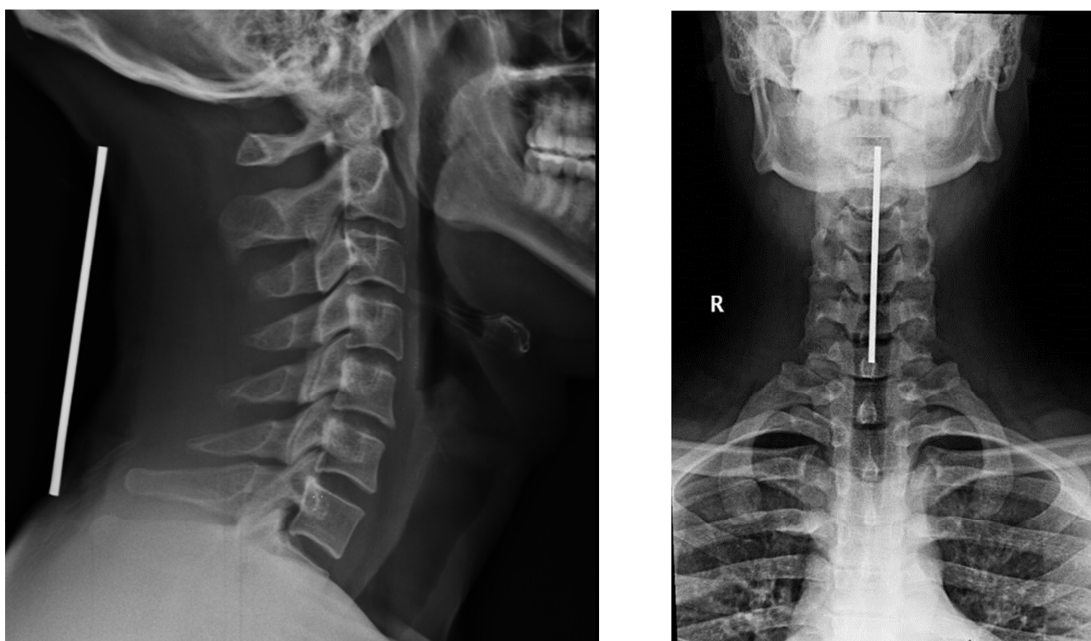
- Doença reumática.
- Lesão cervical prévia.
- Doença ortopédica sintomática com comprometimento cervical.

## 3.2 Coleta dos dados

Os voluntários responderam um breve questionário que incluía os itens idade, sintomas cervicais, lesões cervicais e história mórbida pregressa. Após o preenchimento do questionário os voluntários foram submetidos a radiografia em incidências frente e perfil da coluna cervical e ressonância nuclear magnética da coluna cervical.

### 3.2.1 Radiografia perfil da coluna cervical

As radiografias da coluna cervical em perfil foram realizadas em ortostase com o raio central direcionado horizontalmente a C4 (nível da margem superior da cartilagem tireóidea) e receptor de imagem perpendicular ao raio central e com seu bordo superior ao nível do meato auditivo externo. Antes da realização de cada radiografia, era fixada com esparadrapo uma barra de metal de 100 mm na linha média a partir do processo espinhoso C7 e em sentido cranial. Esta barra foi produzida em aço com a utilização de um torno, sendo seu comprimento confirmado por paquímetro de precisão. Radiografias na incidência anteroposterior da coluna cervical foram realizadas para confirmar o posicionamento perpendicular da barra de metal ao raio central (Figura 6).



**Figura 6** - A radiografia cervical em perfil foi utilizada para cálculo do IT e DCCC. A radiografia cervical antero-posterior foi utilizada para confirmar o posicionamento correto da barra de metal acoplada à região cervical.

Esta radiografia foi usada para o cálculo do índice de Torg e do método proposto neste estudo, o diâmetro corrigido do canal cervical (DCCC). O índice de Torg foi calculado pela razão entre o diâmetro sagital do canal vertebral e o diâmetro antero-posterior do corpo vertebral (Figura 7). O diâmetro sagital do canal vertebral foi estabelecido pela menor distância entre o ponto médio do aspecto posterior do corpo vertebral até a linha espinolaminar correspondente. O diâmetro antero-posterior do corpo vertebral foi medido em seu ponto supero-inferior médio.





**Figura 7** – O Índice de Torg foi obtido pela razão entre diâmetro sagital do canal vertebral (a) e diâmetro sagital do corpo vertebral (b).

O DCCC foi calculado a partir de três variáveis conhecidas: o diâmetro sagital em milímetros do canal cervical na imagem da radiografia, o comprimento em milímetros da imagem da barra de metal na radiografia e o comprimento real (100 mm) da barra de metal (Figura 8). Com estes três valores foi possível realizar o Teorema de Tales e obter os valores para o diâmetro corrigido do canal cervical. DCCC e índice de Torg foram calculados para os níveis C3 a C7. Foram calculados também as médias de C3 a C6 para DCCC (MDCCC) e índice de Torg (MTorg).



**Figura 8** - O DCCC foi obtido pelo Teorema de Tales, uma vez conhecido o tamanho real da barra de metal acoplada ao pescoço do sujeito, utilizando as medidas radiográficas do diâmetro sagital do canal vertebral (a) e da barra de metal fixada à região cervical (y).

#### Passos para a determinação do DCCC:

Passo 1:

$$\text{DCCC} \rightarrow a$$

$$100 \rightarrow y$$

Passo 2:

$$\text{DCCC} = \frac{100 \cdot a}{y}$$

**Exemplo de cálculo do DCCC em radiografia com diâmetro sagital do canal cervical (a) de 12.5 mm e comprimento radiográfico da barra de 89 mm:**

Passo 1:

$$\text{DCCC} \rightarrow 12,5$$

$$100 \rightarrow 89$$

Passo 2:

$$\text{DCCC} = \frac{100 \cdot 12,5}{89} = 14,04 \text{ mm}$$

- \* DCCC: diâmetro corrigido do canal cervical; a: diâmetro sagital radiográfico do canal cervical; y: comprimento radiográfico da barra de metal.
- \* Todos os valores em milímetros.

Todas as medidas radiográficas foram realizadas com a utilização do software Bit Rule. O Bit Rule é um software que pode ser obtido gratuitamente pela internet e permite mensurar, em milímetros, imagens na tela do computador. Para determinação do IT e DCCC as radiografias foram gravadas em DVD e suas imagens abertas na tela do computador para aferição, com o Bit Rule, do diâmetro sagital do canal vertebral aos níveis C3 a C7, diâmetro sagital dos corpos vertebrais de C3 a C7 e do comprimento radiográfico da imagem da barra de metal.

### **3.2.2 Ressonância Nuclear Magnética da Coluna Cervical**

A ressonância magnética (RM) da coluna cervical foi realizada em aparelho de 1,5 T, com o objetivo de calcular o diâmetro sagital do canal cervical (DCRM) e SAC/SACD, que foi usado como padrão ouro da estimativa do espaço disponível para a medula cervical. O SAC/SACD foi calculado no ponto médio sagital em T2 das imagens cervicais através da subtração do diâmetro da medula espinhal do diâmetro do canal cervical. O

diâmetro sagital do canal cervical para cálculo do SAC/SACD foi calculado tanto ao nível do corpo vertebral (SAC) quanto ao nível do disco intervertebral (SACD). Para o cálculo do diâmetro sagital do canal cervical ao nível do disco intervertebral foi utilizada a menor distância entre o disco intervertebral e a linha espinolaminar correspondente. O diâmetro sagital do canal cervical ao nível do corpo vertebral foi medido pela menor distância entre o ponto médio superoinferior da superfície posterior do corpo vertebral e a linha espinolaminar correspondente. DCRM e SAC/SACD foram calculados para os níveis C3 a C7, assim como as médias de C3 a C6 para o SAC/SACD (MSAC/MSACD) e DCRM (MDCRM).

### 3.3 Análise de dados

Foram calculadas as médias dos valores obtidos para IT, DCCC, SAC/SACD e DCRM nos níveis C3 a C7. Foram considerados sugestivos de estenose do canal cervical valores inferiores a 0.8 para IT e MTORG; inferiores a 4.3 mm para MSAC e MSACD; inferiores a 13 mm para DCRM, DCCC, MDCRM e MDCCC. Estes valores de corte estão de acordo com estudos prévios, citados anteriormente na revisão da literatura.

Os valores obtidos para DCCC e índice de Torg nos níveis C3 a C7 foram correlacionados com os valores obtidos pelo SAC/SACD utilizando o coeficiente de Pearson. O valor da média entre C3 a C6 obtidos pelas técnicas radiográficas (MDCCC e MTorg) foram correlacionados com MSAC/MSACD, também utilizando a correlação de Pearson.

Em estatística descritiva, o coeficiente de correlação de Pearson, também chamado de “coeficiente de correlação produto-momento” ou simplesmente de “ $\rho$  de Pearson” mede o grau de correlação (e direção dessa correlação – se positiva ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica.

Calcula-se o coeficiente de Pearson segundo a seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

onde  $x_1, x_2, \dots, x_n$  e  $y_1, y_2, \dots, y_n$  são os valores medidos de ambas as variáveis.

A análise de correlação indica a relação entre duas variáveis lineares e os valores sempre serão entre +1 e -1. O sinal indica a direção, se a correlação é positiva ou negativa, e o valor indica a força da correlação. Uma correlação, positiva ou negativa, acima de 0.7 indica uma forte correlação. Correlações entre 0.3 e 0.7 são consideradas moderadas e correlações abaixo de 0.3, fracas.

Foi realizado teste de concordância entre os valores obtidos pelo DCCC e diâmetro sagital do canal cervical obtido pela RM (C3 a C7) e entre os valores de MDCCC e MDCRM, utilizando-se o método de Bland-Altman.

O método de Bland-Altman não é um teste estatístico com um valor  $p$ , mas sim um processo utilizado para avaliar a concordância entre dois métodos de medida de uma mesma variável. É possível que duas medidas apresentem forte correlação utilizando o coeficiente de Pearson, porém tenham valores absolutos distintos, por isso o método de Bland-Altman é o indicado para avaliar a concordância entre dois métodos de medida. Um pré-requisito importante para o uso do método de Bland-Altman é que os dois métodos de medida da variável utilizem a mesma escala. Isto implica que, quando plotados, os pontos devem alinhar-se uns aos outros. Ao analisar os dados pelo método de Bland-Altman, diferenças entre os valores obtidos pelos dois métodos de medida devem ser interpretadas de acordo com a importância clínica.

## **4 RESULTADOS**

---

## 4 RESULTADOS

A tabela 1 mostra as médias do índice de Torg, SAC, SACD, DCRM e DCCC encontradas na amostra estudada, para os níveis cervicais C3 a C7. A média dos valores de C3 a C6 também foi calculada por estes métodos (respectivamente, MTORG, MSAC, MSACD, MDCRM, MDCCC) e estão apresentadas na mesma tabela.

**Tabela 1** – Médias dos valores encontrados de acordo com os diferentes métodos para avaliação de estenose do canal cervical

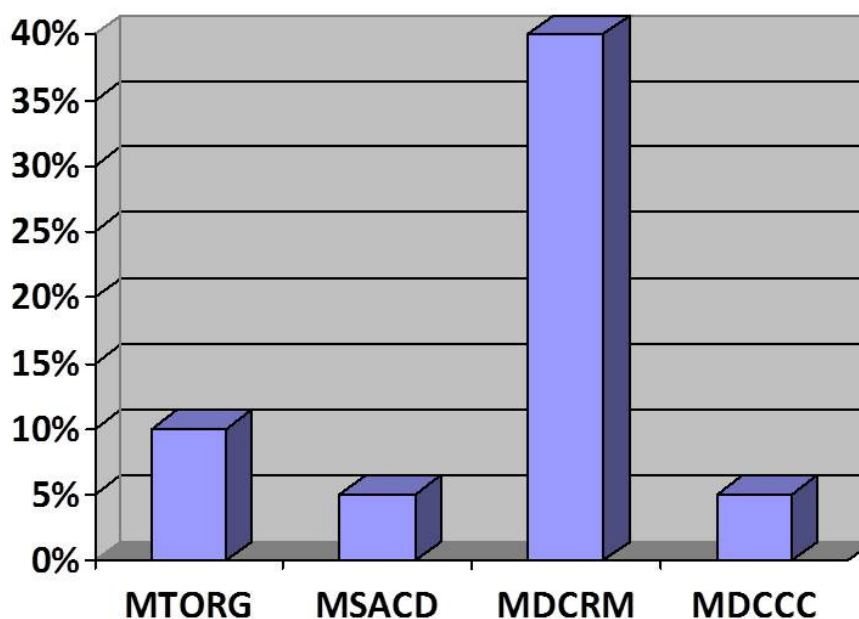
	IT	SAC	SACD	DCRM	DCCC
<b>C3</b>	1.01	6.16	6.93	13.53	15.61
<b>C4</b>	0.99	6.07	6.21	13.33	15.12
<b>C5</b>	1.00	6.14	6.14	13.36	15.22
<b>C6</b>	0.93	6.40	5.67	13.27	15.21
<b>C7</b>	0.93	7.34	6.36	13.71	15.11
<b>média C3-C6</b>	0.98	6.20	6.24	13.37	15.29

IT: índice de Torg, DCCC: diâmetro corrigido do canal cervical, SAC: espaço disponível para medula aferido ao nível do corpo vertebral, SACD: espaço disponível para medula aferido ao nível do disco intervertebral, DCRM: diâmetro sagital do canal cervical medido pela ressonância magnética.

Quanto aos valores sugestivos de estenose do canal cervical (Gráfico 1), IT menor que 0.8, em pelo menos um nível, foi encontrado em dois dos 20 voluntários do estudo (10%). Estes dois sujeitos apresentaram também MTORG abaixo de 0.8. Nenhum sujeito apresentou MSAC abaixo de 4.3 e apenas um entre os voluntários apresentou MSACD abaixo deste *cutoff*. Na medida do DCRM, 14 entre os 20 voluntários (70%) apresentaram valor abaixo de 13 mm em pelo menos um nível cervical, sendo que oito deles (40%) apresentaram MDCRM abaixo deste *cutoff*. O DCCC abaixo de 13 mm em pelo menos um nível cervical foi encontrado apenas no voluntário

com MSACD sugestivo de estenose do canal cervical, este apresentando MDCCC também abaixo de 13 mm.

**Gráfico 1** - Prevalência de estenose do canal cervical calculada pela média dos níveis C3 a C6 de acordo com diferentes métodos de medida.



MTORG: média C3 a C6 do índice de Torg; MSACD: média C3 a C6 do espaço disponível para a medula ao nível do disco intervertebral; MDCRM: média C3 a C6 do diâmetro do canal cervical medido pela ressonância magnética; MDCCC: média C3 a C6 do diâmetro corrigido do canal cervical.

As correlações entre IT e SAC e entre DCCC e SAC foram realizadas em todos os níveis de C3 a C7. Também foi correlacionado MTorg com MSAC e MDCCC com MSAC. Todas estas correlações foram também realizadas utilizando-se o SACD ao invés do SAC.

#### 4.1 Correlações entre índice de Torg, DCCC, SAC e SACD

A correlação entre IT e SAC variou de 0.5003 ao nível C6 a 0.7552 em C4, sendo que a correlação entre MTorg e MSAC foi 0.6578. As correlações de IT com SACD variaram de 0.3719 em C5 a 0.7018 em C4, com MTorg e MSACD apresentando correlação de 0.5473. Houve significância estatística



( $p < 0.05$ ) para as correlações entre IT e SAC em todos os níveis cervicais. A correlação entre IT e SACD não foi estatisticamente significativa nos níveis C3, C5 e C7.

A correlação entre DCCC e SAC variou de 0.5628 ao nível C5 a 0.8297 em C4, sendo que a correlação entre MDCCC e MSAC foi 0.7635. As correlações de DCCC com SACD variaram de 0.4607 em C5 a 0.8026 em C4 com MDCCC e MSACD apresentando correlação de 0.7025. Todas as correlações entre DCCC e SAC foram estatisticamente significativas, assim como as correlações entre DCCC e SACD.

O DCCC apresentou uma melhor correlação com SAC e SACD, conforme mostra a tabela 2.

**Tabela 2** – Correlações de IT e DCCC com SAC e SACD.

	C3	C4	C5	C6	C7	Média C3-C6
<b>IT vs SAC</b>	0.7192*	0.7552*	0.5745*	0.5003*	0.5018*	<b>0.6578*</b>
<b>DCCC vs SAC</b>	0.7429*	0.8297*	0.5628*	0.6793*	0.629*	<b>0.7635*</b>
<b>IT vs SACD</b>	0.4124	0.7018*	0.3719	0.4636*	0.4293	<b>0.5473*</b>
<b>DCCC vs SACD</b>	0.4999*	0.8026*	0.4607*	0.662*	0.5059*	<b>0.7025*</b>

IT: índice de Torg, DCCC: diâmetro corrigido do canal cervical, SAC: espaço disponível para medula aferido ao nível do corpo vertebral, SACD: espaço disponível para medula aferido ao nível do disco intervertebral. \* $p < 0.05$

#### 4.2 Concordância entre DCCC e DCRM

Quando correlacionados, MDCCC e MDCRM apresentaram um coeficiente de Pearson quase perfeito,  $r=0.9059$ . O teste de Bland-Altman entre o DCCC e o DCRM, entretanto, demonstrou discordâncias. A média do diâmetro absoluto do canal cervical foi maior nas medidas do DCCC em todos os níveis cervicais, com um viés constante de cerca de 1,84 mm.

## **5 DISCUSSÃO**

---

## 5 DISCUSSÃO

Na população estudada, o método proposto para aferição do diâmetro sagital do canal cervical, DCCC, obteve médias de 15.11 mm em C7 a 15.61 mm em C3, com MDCCC médio de 15.29 mm. Estudos prévios em cadáveres encontraram médias semelhantes para o diâmetro sagital do canal cervical<sup>26,45,46</sup>.

Lee et al.<sup>45</sup> encontraram, em estudo utilizando medida direta de peças anatômicas, valores médios do diâmetro sagital do canal vertebral de C3 a C7 de 13.2 +-1.3 mm. Estes valores são inferiores à média encontrada no presente estudo, que utilizou o método DCCC, porém a pesquisa supracitada foi realizada em peças anatômicas de cadáveres coreanos. Já, em estudo que realizou medida direta em mais de mil cadáveres<sup>45</sup>, Bajwa et al. encontraram valores médios para o diâmetro sagital do canal cervical entre 14 e 15 mm entre C3 e C7. As médias foram 14.6 mm em C4 e C5, 14.7 mm em C6 e 14.8 mm em C3 e C7. Este estudo foi realizado em peças anatômicas de cadáveres norte americanos de ambos os sexos e raças caucasiana e africana.

Estudos realizados em cadáveres norte-americanos devem melhor representar os valores do diâmetro sagital do canal cervical da população de nosso estudo uma vez que todos os nossos voluntários eram caucasianos. O próprio estudo de Lee et al, apresenta os valores encontrados pela medida direta do diâmetro sagital do canal cervical de asiáticos como inferiores aos encontrados em estudos prévios realizados em cadáveres de raça caucasiana e africana. Os diâmetros sagitais do canal cervical encontrados por Francis e citados no estudo de Lee et al. variam entre 15.4 mm a 16.5 mm em caucasianos e 14.8 mm a 15.5 mm em exemplares de raça negra<sup>45</sup>.

O MDCCC médio em nosso estudo foi 15.29, valor apenas 0.61 mm maior que a média do diâmetro sagital aferido nas vértebras C3 a C6

encontrado no estudo com mais de mil cadáveres americanos, negros e brancos e de ambos os gêneros, realizado por Bajwa *et al.*<sup>26</sup>. A concordância entre os valores do DCCC e a medida direta torna-se ainda mais evidente quando considerados apenas cadáveres de homens brancos. No estudo de Francis *et al.*<sup>46</sup> a média de C3 a C6 em exemplares caucasianos do sexo masculino foi apenas 0.14 mm maior que o DCCC encontrado em nosso estudo. Essa proximidade entre os resultados apresentados sugere que o DCCC pode ser considerado um método fidedigno para estimar o diâmetro sagital do canal cervical, uma vez que seus valores estão de acordo com os valores obtidos pela medida direta em cadáveres de origem ocidental.

Em relação às medidas feitas por meio de ressonância magnética, o DCCC também demonstrou ser um método com grandes possibilidades de aplicabilidade. A correlação do MDCCC com MDCRM foi quase perfeita, superior à 0.9. A concordância entre os valores absolutos do DCCC e DCRM, entretanto, apresentou um viés constante de 1.84 mm. Desta forma as medidas do DCCC foram, em média, 1.84 mm maiores que as medidas do DCRM quando consideradas as aferições de todos os sujeitos da pesquisa entre C3 e C7 e 1.91 mm maiores no MDCC em relação ao MDCRM. Portanto, poderia ser utilizado um fator de correção, subtraindo 1.84 mm das medidas do DCCC para que houvesse concordância com as medidas do DCRM. Esta correção seria indicada caso as medidas feitas na ressonância magnética fossem as mais acuradas, porém não é isso que sugerem as comparações do DCRM com estudos que utilizaram a medida direta do diâmetro sagital do canal cervical.

As médias encontradas no presente estudo para o DCRM variaram entre 13mm e 14 mm em todos os níveis cervicais de C3 a C7, sendo a média do MDCRM 13.37 mm. O valor médio do MDCRM na população estudada foi 1.31 mm menor que o encontrado no estudo de Bajwa *et al.*<sup>26</sup>, que realizou a medida direta do diâmetro sagital do canal cervical em cadáveres americanos caucasianos e negros, de ambos os sexos. Em relação aos valores encontrados por Francis *et al.*<sup>46</sup>, também por meio da

medida direta do diâmetro sagital do canal cervical, o MDCRM foi 2.06 mm menor que os valores encontrados em cadáveres de homens brancos. Os valores do DCRM apresentam, portanto, uma sensível diferença nos valores absolutos do diâmetro sagital do canal cervical em relação aos estudos que realizaram medida direta.

A comparação entre os valores obtidos pelo DCCC e pelo DCRM com os estudos que utilizaram aferição direta do diâmetro sagital do canal cervical, portanto, sugerem que o DCCC seja um método mais fidedigno que a medição pela ressonância magnética para obtenção do diâmetro sagital do canal cervical.

A correlação entre o DCCC e SACD se mostrou superior à correlação entre IT e SACD. Esta melhor correlação com DCCC foi encontrada, também, quando utilizado o SAC ao invés do SACD. O MTORG apresentou moderada correlação com MSACD, considerado neste estudo o padrão ouro, com coeficiente de Pearson de 0.5473. Já o MDCCC e MSACD apresentaram forte correlação, com coeficiente de Pearson de 0.7025. Como alguns estudos prévios<sup>8,47,48</sup> utilizaram MSAC para definição de estenose cervical, também foi realizada a correlação com este método, que também apresentou forte correlação com MDCCC e apenas moderada correlação com MTORG.

Quando avaliadas as correlações entre DCCC e SAC, DCCC e SACD, IT e SAC e entre IT e SACD em cada nível cervical (C3 a C7), o DCCC foi superior ao IT em todas as quatorze avaliações, exceto na correlação com SAC em C5 (Tabela 2). Esta diferença pode estar relacionada a um maior diâmetro sagital da medula espinhal ao nível de C5 em um dos sujeitos de pesquisa. Devido a este abaulamento da medula espinhal no nível C5 do referido sujeito, pode ter ocorrido uma diminuição da correlação entre DCCC e SAC em C5. Se excluído o referido sujeito dos cálculos para correlação entre IT e SAC e para DCCC e SAC, o DCCC apresenta melhor correlação com SAC ( $r=0.6392$  vs  $r=0.5914$  para correlação com IT).

A superioridade encontrada pelo DCCC se deve, provavelmente, ao fato das variações do tamanho do corpo vertebral, diferente do que ocorre

com o IT, não influenciarem esta medida<sup>7,8</sup>. A hipótese é reforçada pela já citada correlação entre MDCCC e MDCRM ( $r=0.9059$ ).

Um corpo vertebral grande pode modificar significativamente o IT uma vez que é ele o principal determinante do valor do índice<sup>8</sup>. Quando o IT é usado para determinar estenose cervical em atletas de esportes de colisão o valor preditivo positivo para CCN é apenas 0,2%<sup>6</sup>, o que pode ser explicado pelo fato destes atletas apresentarem corpos vertebrais de tamanho maior que a média da população<sup>7</sup>. Uma vez que o DCCC não utiliza medidas dos corpos vertebrais para avaliar a presença de estenose do canal cervical, seu uso elimina este tipo de erro.

Além da comparação do diâmetro sagital absoluto do canal cervical de acordo com o método utilizado para sua aferição, é importante observar a sensibilidade e especificidade de cada um dos métodos na identificação de estenose do canal cervical. Entre os métodos utilizados neste estudo, o MSACD é o mais fidedigno na identificação de risco de comprometimento neurológico crônico ou recorrente relacionado à estenose cervical<sup>9</sup>. Valores de MSCAD abaixo de 4.3 mm apresentam uma grande especificidade (0.96) para neuropraxia/ axoniotmese em atletas de futebol americano, já valores abaixo de 5.0 mm apresentam alta sensibilidade (0.89) e podem ser indicados para *screening*<sup>9</sup>. Entre os 20 sujeitos de nosso estudo apenas um apresentou MSACD abaixo de 4.3 mm e outros dois entre 4.3 mm e 5.0 mm. Por este método, portanto, a prevalência de estenose do canal cervical foi 5% utilizando o ponto de corte de 4.3 mm, prevalência semelhante aos 6,7% descritos em um grande estudo com medida direta em cadáveres<sup>26</sup>.

Apesar de não haver na literatura valores normativos que definam estenose do canal cervical com o uso de MSAC, alguns estudos sugerem este método<sup>8,47,48</sup>. Utilizando os mesmos valores definidos para MSCAD, encontramos no estudo dois sujeitos com MSAC entre 4.3 mm e 5.0 mm. Estes sujeitos foram os que também tiveram os menores valores de MSACD. Esta menor sensibilidade do MSAC em relação ao MSACD é esperada, uma vez que o último identifica também diminuições do espaço

para a medula espinhal decorrentes de alterações de partes moles como as protusões discais.

O método proposto neste estudo, DCCC, quando comparado com o MSACD apresentou resultados concordantes. O único voluntário com MDCCC abaixo de 13 mm, valor que define estenose cervical em estudos com medida direta<sup>49</sup>, foi o mesmo com MSACD abaixo de 4.3 mm. Em semelhança com o MSACD, portanto, a prevalência de estenose cervical pelo MDCCC, utilizando como referência os valores sugeridos por estudos com medida direta do diâmetro sagital do canal cervical, foi de cinco por cento. Desta forma, o MDCCC demonstrou a mesma acurácia que o MSACD, exame padrão ouro na identificação de estenose do canal cervical clinicamente significativa.

Nossos achados sobre o IT corroboram as questões levantadas na literatura sobre a sua baixa especificidade<sup>7,8</sup>. Em nosso estudo, dois sujeitos apresentaram IT, em pelo menos um nível cervical, abaixo de 0.8. Ambos estes sujeitos apresentaram também MTORG abaixo de 0.8. Devido ao MTORG apresentar melhor aplicabilidade que o IT de níveis cervicais isolados, utilizamos o primeiro em comparação com MSAC, MSACD e MDCCC. Entre os dois sujeitos com MTORG abaixo de 0.8, um deles apresentou MSAC e MSACD entre 4.3 mm e 5.0 mm. Conforme discutido anteriormente estes valores apresentam boa sensibilidade para estenose cervical clinicamente significativa e podem ser utilizados para *screening*, porém são os valores abaixo de 4.3 mm que apresentam melhor especificidade. O MDCCC deste sujeito foi 13.31, um valor próximo ao limite inferior da normalidade de acordo com estudos de medida direta do canal cervical.

O segundo sujeito do estudo com MTORG abaixo de 0.8, não apresentou MSAC, MSACD ou MDCCC sugestivos de estenose. Este sujeito ilustra bem o baixo valor preditivo positivo do IT e MTORG descrito na literatura<sup>7</sup>. Estes índices sugestivos de estenose do canal cervical em um sujeito que apresentou valores normais em todos os outros métodos de avaliação corrobora a observação de diversos estudos<sup>4,6,7,8</sup> de que variações

no tamanho do corpo vertebral podem levar a valores sugestivos de estenose do canal cervical, quando utilizados IT e MTORG, mesmo na presença de canal cervical de tamanho normal.

Mais problemático que os falsos positivos encontrados pelo método MTORG, foi o fato de que este índice foi normal no único sujeito com MSACD abaixo de 4.3 mm e MDCCC abaixo de 13 mm. Este resultado demonstra que, devido a corpos vertebrais pequenos, um canal estenótico pode apresentar MTORG normal. Desta forma, conforme sugerido em outros estudos<sup>4,6-9</sup>, IT e MTORG não parecem ser os melhores critérios para retorno aos esportes de colisão em casos de neuropraxia recorrente ou crônica de raízes cervicais ou medula espinhal.

Considerando o MSACD como o exame padrão ouro para identificação de estenose cervical clinicamente significativa<sup>9</sup>, fica evidente a superioridade do MDCCC em relação ao MTORG neste estudo. Enquanto o MDCCC teve a mesma acurácia que o MSACD, IT e MTORG não apresentaram boa concordância com este método.

Ao compararmos os valores sugestivos de estenose cervical de acordo com o DCRM, obtivemos valores conflitantes com os outros métodos. Oito entre os 20 voluntários do estudo (40%) apresentaram MDCRM abaixo de 13 mm e, portanto, sugestivo de estenose. Apresentaram DCRM abaixo de 13 mm em pelo menos um nível cervical, 70% dos sujeitos de pesquisa (14 de 20). Estes números contrastam muito com a prevalência de 5% de estenose cervical obtida pelos métodos MDCCC e MSACD. Além disso, é improvável uma prevalência de estenose cervical desta magnitude em uma população de homens jovens assintomáticos, uma vez que estudos com medida direta sugerem prevalência de estenose cervical em torno de 6,7% na população geral norte-americana<sup>48</sup>. As medidas do diâmetro sagital do canal cervical realizadas neste estudo sugerem, portanto, que o DCCC seja superior a sua medida feita por meio da ressonância magnética.

De maneira geral este estudo corroborou as falhas do IT e MTORG, já apontadas por outros autores e demonstrou uma provável subestimação do diâmetro sagital do canal cervical quando utilizados softwares para sua



aferição nas imagens de ressonância magnética. Além disso, encontrou no DCCC e MDCCC métodos fidedignos para identificação de estenose do canal cervical.

O DCCC/MDCCC pode, portanto, ser uma opção lógica para estudo da morfologia cervical de atletas de esportes de colisão com lesões cervicais quando não for possível acesso a ressonância magnética, assim como para a complementação de seus achados. O uso da ressonância magnética continua sendo de extremo valor, pois possibilita a identificação de estenoses devidas a alterações de partes moles, sendo o MSACD o método mais eficiente para diagnóstico de estenose do canal cervical clinicamente significativo em atletas de esportes de colisão. Segundo os achados deste estudo, o método MDCCC deve ser preferido em relação ao MTORG por apresentar melhor concordância com MSACD no diagnóstico de estenose, uma vez que não sofre influências de variações individuais do tamanho dos corpos vertebrais.

A estenose do canal cervical é o principal fator a ser considerado para o retorno ao esporte após episódio de CCN e NPB<sup>14-16,19,21</sup>. Alguns autores sugerem que, em atletas de esportes de colisão que sofreram CCN, a estenose cervical é uma contra-indicação relativa para retorno ao esporte<sup>14-16,21</sup>. Outros advogam que a estenose do canal cervical deva ser uma contra-indicação absoluta nestes casos<sup>19</sup>. Atualmente, a estenose funcional do canal cervical e a medida do MSACD são utilizadas como padrão ouro pois identificam riscos devido a compressões medulares por partes moles e pouca quantidade de líquido cefalorraquidiano circundando a medula espinhal<sup>14,16,41,42</sup>.

O DCCC, apesar de não substituir as avaliações por RM, apresenta uma forte correlação com as medidas encontradas por este método. Neste estudo o MDCCC provou uma correlação com MSAC e MSACD superiores às encontradas pelo MTORG, método radiográfico atualmente utilizado na decisão de retorno ao esporte após CCN. Também foi demonstrado que é possível usar o novo método, com fator de correção, para concordância com o diâmetro sagital do canal cervical medido pela RM, com o qual apresenta

forte correlação. De acordo com os resultados deste estudo, entretanto, o DCCC apresenta valores mais próximos aos encontrados em estudos com cadáveres do que o DCRM.

Em nossa experiência profissional, no Brasil, a grande maioria dos atletas de esportes de colisão têm dificuldade de acesso ao exame de RM. Muitas vezes, portanto, não é possível utilizar este método e possivelmente decisões médicas tenham que ser tomadas tendo apenas como exame complementar a radiografia. Como o IT e MTORG  $< 0,8$  apresentam muitos resultados falso-positivos, o DCCC e MDCCC pode ser uma ferramenta útil na decisão de retorno aos esportes de colisão após CCN ou NPB recorrente. Uma vez que esportes de colisão, como o Rugby, são mundialmente difundidos, o DCCC pode vir a ser de grande utilidade em muitos locais em onde o acesso à RM seja difícil.

Sugerimos a utilização do DCCC em estudos epidemiológicos maiores, em atletas com e sem episódio de CCN, juntamente com avaliação pelo IT e SAC/ SACD. A partir destes estudos será possível confirmar os valores normativos de DCCC preditores de CCN e confirmar ou refutar sua superioridade clínica em relação ao IT. Confirmados estes valores, o DCCC/MDCCC poderá servir como método complementar à RM, uma vez que exames radiográficos não são capazes de identificar partes moles, sendo esta uma das limitações do DCCC, e ainda como alternativa em situações em que a RM não esteja disponível.

## **6 CONCLUSÃO**

---


## 6 CONCLUSÃO

O Diâmetro Corrigido do Canal Cervical apresentou-se superior ao índice de Torg na correlação com métodos por ressonância magnética para determinação de estenose do canal cervical. Os valores obtidos pelo novo método são compatíveis com os encontrados em estudos que realizaram medida direta do diâmetro sagital do canal cervical em cadáveres. Além disso, apresentou maior acurácia que o índice de Torg na identificação de estenose do canal cervical e, desse modo, pode ser considerado o método radiográfico de escolha para investigação de estenose do canal cervical quando a ressonância magnética não está disponível, ou para complementá-la.



## 7 ANEXO

### 7.1 Anexo A - Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa – CAPPesq do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

 **Hospital das Clínicas da FMUSP**  
Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq

**PROJETO DE PESQUISA**

**Título:** NOVO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO RADIOGRÁFICA DO DIÂMETRO DO CANAL CERVICAL E SUA CORRELAÇÃO COM MÉTODO POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E ÍNDICE DE TORG.

**Pesquisador Responsável:** Arnaldo José Hernandez      **Versão:**  
**Pesquisador Executante:** Gustavo Campelo Bornholdt      **CAAE:** 05613512.5.0000.0068

**Co-autores:**  
**Finalidade Acadêmica:** Mestrado  
**Instituição:** HCFMUSP  
**Departamento:** ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**Registro on-line:** 9291  
**Número do Parecer:** 121.004  
**Data da Relatoria:** 03/10/2012

**Apresentação do Projeto:** A apresentação do projeto é clara e objetiva, estabelecendo de modo conciso o histórico e o embasamento teórico para realização do estudo.

**Objetivo da Pesquisa:** Correlacionar dois métodos de imagem de avaliação do diâmetro do canal cervical em atletas.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:** Benefícios superam os riscos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:** Projeto de pesquisa factível, de aplicação prática e de custo baixo.


**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:** Termos de apresentação adequados e inseridos corretamente.

**Recomendações:** Sem recomendações a fazer.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:** Projeto aprovado tal como se apresenta.

**Situação do Parecer:** Aprovado.

São Paulo, 15 de Outubro de 2012

  
PROF. DR. ALFREDO MANSUR  
Vice-Coordenador  
Comissão de Ética para Análise de  
Projetos de Pesquisa - CAPPesq

## **8 REFERÊNCIAS**

---

## 8 REFERÊNCIAS

1. Fehlings MG, Farhadi HF. Cervical stenosis, spinal cord neurapraxia, and the professional athlete. *J Neurosurg Spine*. 2007 Apr;6(4):354-5.
2. Wolfe BS, Khilnani M, Malis L. The sagittal diameter of the bony cervical spinal canal and its significance in cervical spondylosis. *J Mount Sinai Hosp*. 1956;23:283.
3. Pavlov H, Torg JS, Robie B, Jahre C. Cervical spinal stenosis: determination with vertebral body ratio method. *Radiology*. 1987 Sep;164(3):771-5.
4. Castro FP, Jr., Ricciardi J, Brunet ME, Busch MT, Whitecloud TS, 3rd. Stingers, the Torg ratio, and the cervical spine. *Am J Sports Med*. 1997 Sep-Oct;25(5):603-8.
5. Torg JS, Pavlov H, Genuario SE, Sennett B, Wisneski RJ, Robie BH, et al. Neurapraxia of the cervical spinal cord with transient quadriplegia. *J Bone Joint Surg Am*. 1986 Dec;68(9):1354-70.
6. Torg JS, Naranja RJ, Jr., Pavlov H, Galinat BJ, Warren R, Stine RA. The relationship of developmental narrowing of the cervical spinal canal to reversible and irreversible injury of the cervical spinal cord in football players. *J Bone Joint Surg Am*. 1996 Sep;78(9):1308-14.
7. Herzog RJ, Wiens JJ, Dillingham MF, Sontag MJ. Normal cervical spine morphometry and cervical spinal stenosis in asymptomatic professional football players. Plain film radiography, multiplanar computed tomography, and magnetic resonance imaging. *Spine*. 1991 Jun;16(6 Suppl):S178-86.
8. Tierney RT, Maldjian C, Mattacola CG, Straub SJ, Sitler MR. Cervical spine stenosis measures in normal subjects. *J Athl Train*. 2002 Jun;37(2):190-3.
9. Presciutti SM, DeLuca P, Marchetto P, Wilsey JT, Shaffrey C, Vaccaro AR. Mean subaxial space available for the cord index as a novel method of measuring cervical spine geometry to predict the chronic stinger syndrome in American football players. *J Neurosurg Spine*. 2009 Sep;11(3):264-71.



10. Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. A prospective study of injuries and training amongst the England 2003 Rugby World Cup squad. *Br J Sports Med.* 2005 May;39(5):288-93.
11. Dvorak J, Junge A, Grimm K, Kirkendall D. Medical report from the 2006 FIFA World Cup Germany. *Br J Sports Med.* 2007 Sep;41(9):578-81; discussion 81.
12. Walden M, Hagglund M, Ekstrand J. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *Br J Sports Med.* 2005 Aug;39(8):542-6.
13. Torg JS, Corcoran TA, Thibault LE, Pavlov H, Sennett BJ, Naranja RJ, Jr., et al. Cervical cord neurapraxia: classification, pathomechanics, morbidity, and management guidelines. *J Neurosurg.* 1997 Dec;87(6):843-50.
14. Bailes JE. Experience with cervical stenosis and temporary paralysis in athletes. *J Neurosurg Spine.* 2005 Jan;2(1):11-6.
15. Torg JS. Cervical spine injuries and the return to football. *Sports Health.* 2009 Sep;1(5):376-83.
16. Cantu RC. Cervical spine injuries in the athlete. *Semin Neurol.* 2000;20(2):173-8. Review.
17. Moore KL, Dalley AF. *Anatomia orientada para a clínica.* 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.
18. Panjabi MM, Duranceau J, Goel V, Oxland T, Takata K. Cervical human vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions. *Spine.* 1993;16:861-74.
19. Castro FP Jr. Stingers, cervical cord neurapraxia, and stenosis. *Clin Sports Med.* 2003 Jul;22(3):483-92. Review.
20. Kim SH, Lee JH, Kim JH, Chun KS, Doh JW, Chang JC. Anatomical morphometric study of the cervical uncinat process and surrounding structures. *J Korean Neurosurg Soc.* 2012 Oct;52(4):300-5.
21. Chang D, Bosco JA. Cervical spine injuries in the athlete. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2006;64(3-4):119-29. Review.

22. Wang JC, Nuccion SL, Feighan JE, Cohen B, Dorey FJ, Scoles PV. Growth and development of the pediatric cervical spine documented radiographically. *J Bone Joint Surg Am.* 2001 Aug;83-A(8):1212-8.
23. Panjabi MM, Duranceau J, Goel V, Oxland T, Takata K. Cervical human vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions. *Spine.* 1991 Aug;16(8):861-9.
24. Matsuura P, Waters RL, Adkins RH, Rothman S, Gurbani N, Sie I. Comparison of computerized tomography parameters of the cervical spine in normal control subjects and spinal cord-injured patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1989 Feb;71(2):183-8.
25. Moskovich R, Shott S, Zhang ZH. Does the cervical canal to body ratio predict spinal stenosis? *Bull Hosp Jt Dis.* 1996;55(2):61-71.
26. Bajwa NS, Toy JO, Young EY, Ahn NU. Is congenital bony stenosis of the cervical spine associated with lumbar spine stenosis? An anatomical study of 1072 human cadaveric specimens. *J Neurosurg Spine.* 2012 Jul;17(1):24-9.
27. Inoue H, Ohmori K, Takatsu T, Teramoto T, Ishida Y, Suzuki K. Morphological analysis of the cervical spinal canal, dural tube and spinal cord in normal individuals using CT myelography. *Neuroradiology.* 1996 Feb;38(2):148-51.
28. Okada Y, Ikata T, Katoh S, Yamada H. Morphologic analysis of the cervical spinal cord, dural tube, and spinal canal by magnetic resonance imaging in normal adults and patients with cervical spondylotic myelopathy. *Spine.* 1994 Oct 15;19(20):2331-5.
29. Kameyama T, Hashizume Y, Ando T, Takahashi A. Morphometry of the normal cadaveric cervical spinal cord. *Spine.* 1994 Sep 15;19(18):2077-81.
30. Czervionke LF, Daniels DL, Ho PS, Yu SW, Pech P, Strandt J, Williams AL, Houghton VM. Cervical neural foramina: correlative anatomic and MR imaging study. *Neuroradiology* 1988;169:753-9.
31. Reid JD. Effects of flexion-extension movements of the head and spine upon the spinal cord and nerve roots. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1960 Aug;23:214-21.
32. Clark AJ, Auguste KI, Sun PP. Cervical spinal stenosis and sports-related cervical cord neurapraxia. *Neurosurg Focus.* 2011 Nov;31(5):E7.

33. Boden BP, Tacchetti RL, Cantu RC, Knowles SB, Mueller FO. Catastrophic cervical spine injuries in high school and college football players. *Am J Sports Med.* 2006 Aug;34(8):1223-32.
34. Torg JS, Thibault L, Sennett B, Pavlov H: The Nicolas Andry Award. The pathomechanics and pathophysiology of cervical spinal cord injury. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;(321):259-69.
35. Eismont FJ, Clifford S, Goldberg M, *et al.* Cervical sagittal spinal canal size in spine injury. *Spine.* 1984;9(7):663-6.
36. Moiel RH, Raso E, Waltz TA. Central cord syndrome resulting from congenital narrowness of the cervical spinal canal. *J Trauma.* 1970;10:502-10.
37. Cantu RC. Stingers, transient quadriplegia, and cervical spinal stenosis: return to play criteria. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(Suppl.7):S233-5.
38. Alexander MM, Davis CH, Field CH. Hyperextension injuries of the cervical spine. *Arch Neurol Psychiatr.* 1958;79:146-50.
39. Maroon JC, El-Kadi H, Abla AA, Wecht DA, Bost J, Norwig J, Bream T. Cervical neurapraxia in elite athletes: evaluation and surgical treatment. Report of five cases. *J Neurosurg Spine.* 2007 Apr;6(4):356-63.
40. Rich V, McCaslin E. Central cord syndrome in a high school wrestler: a case report. *J Athl Train.* 2006 Jul-Sep;41(3):341-4.
41. Cantu RC: Functional cervical spinal stenosis: a contraindication to participation in contact sports. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:316-17.
42. Cantu RC. The cervical spinal stenosis controversy. *Clin Sports Med.* 1998;17(1):121-6.
43. Epstein JA, Carras R, Hyman RA. Cervical myelopathy caused by developmental stenosis of the spinal canal. *J Neurosurg.* Sep 1979;51(3):362-7.
44. Coelho DG, Brasil AV, Ferreira NP. Risk factors of neurological lesions in low cervical spine fractures and dislocations. *Arq Neuropsiquiatr.* 2000 Dec;58(4):1030-4.
45. Lee HM, Kim NH, Kim HJ, Chung IH. Mid-sagittal canal diameter and vertebral body/canal ratio of the cervical spine in Koreans. *Yonsei Med J.* 1994;35(4):446-52.

46. Francis CC: Dimensions of the cervical vertebrae. *Anat Rec.* 1955;122:603-9.
47. Higgins M, Tierney RT, Driban JB, Edell S, Watkins R. Lacrosse equipment and cervical spinal cord space during immobilization: preliminary analysis. *J Athl Train.* 2010 Jan-Feb;45(1):39-43.
48. Tierney RT, Mattacola CG, Sitler MR, Maldjian C. Head position and football equipment influence cervical spinal-cord space during immobilization. *J Athl Train.* 2002 Apr-Jun;37(2):185-9.
49. Bajwa NS, Toy JO, Young EY, Ahn NU. Establishment of parameters for congenital stenosis of the cervical spine: an anatomic descriptive analysis of 1,066 cadaveric specimens. *Eur Spine J.* 2012 Dec;21(12):2467-74.