



## Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería

[www.elsevier.es/rimni](http://www.elsevier.es/rimni)



### Estudo biomecânico da coluna cervical com patologia

T. Teixeira<sup>a</sup>, L.C. Sousa<sup>a,\*</sup>, M. Parente<sup>a</sup>, R. Natal<sup>a</sup>, J.M. Gonçalves<sup>b</sup> e R. Freitas<sup>c</sup>

<sup>a</sup> IDMEC, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal

<sup>b</sup> Serviço de Ortopedia, Hospital da Arrábida, Praceta Henrique Moreira, 150, 4400-346 Vila Nova de Gaia, Portugal

<sup>c</sup> Departamento de Cirurgia da Coluna, Serviço Ortopédico, Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia, Rua Doutor Francisco Sá Carneiro, 4400-129 Vila Nova de Gaia, Portugal

#### INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 28 de outubro de 2014

Aceite a 6 de outubro de 2015

On-line a xxx

Palavras-chave:

Método de elementos finitos

Coluna cervical

Fusão cervical anterior

Fusão cervical posterior

Fusão cervical anterior e posterior

#### R E S U M O

O conhecimento da cinemática da coluna cervical é uma ferramenta muito importante, dado que esta região é uma das estruturas mais complexas do esqueleto humano e porque a incidência de incapacidade que pode resultar de traumas ou doenças degenerativas é relativamente elevada. O principal objetivo deste estudo consiste na análise e comparação da fusão cervical anterior e/ou fusão cervical posterior como possíveis tratamentos para uma fratura do tipo C2.2, segundo a classificação da AO spine injury classification system, sendo que este estudo poderá auxiliar os profissionais de saúde na escolha do melhor método de fusão. Para o efeito, foi construído um modelo 3 D de elementos finitos do segmento cervical C4-C5-C6. Foram modelados os respetivos discos intervertebrais (IV) e os seus componentes, nomeadamente o núcleo pulposo, o anel fibroso, as fibras lamelares e as placas cartilaginosas. Os 6 conjuntos de ligamentos (longitudinais anteriores, longitudinais posteriores, interespinhosos, supraespinhosos, amarelos e capsulares) foram também modelados, assim como as articulações intervertebrais.

A simulação de uma fratura foi realizada em 3 passos distintos: introdução de uma fratura na zona anterior da vértebra C5, o comprometimento (rompimento) dos ligamentos da região posterior e o deslizamento da vértebra C5. A instrumentação utilizada nos tratamentos em estudo e ainda a substituição dos discos lesados por um enxerto ósseo proveniente do íliaco foram também modeladas.

Com este estudo, concluiu-se que a fusão cervical anterior e posterior apresenta melhores resultados em comparação com os outros tipos de fusão cervical estudados em termos de deslocamento da unidade funcional.

© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

#### Biomechanical study of cervical spine with pathology

#### A B S T R A C T

The knowledge of the kinematics of the cervical spine is a very important tool, since this region is one of the more complex structures of the human skeleton and because the incidence of failure that may result from trauma or degenerative diseases is relatively high. The main objective of this study is the analysis and comparison of anterior cervical fusion and/or posterior cervical fusion as possible treatments for a fracture of type C2.2 according to AO spine injury classification system, and this study may assist health professionals in choosing the best fusion technique. To this end we built a 3 D finite element model of the cervical segment C4-C5-C6. Their intervertebral discs (IV) and its components, namely the nucleus pulposus, the annulus fibrosus, the fibers and the lamellar cartilaginous plates were modeled. Six sets of ligaments (anterior longitudinal, posterior longitudinal, interspinous, supraspinous, yellow and capsular) and the facet joints were also modeled.

The simulation of the fracture was performed in 3 different steps: introduction of a fracture zone in the previous C5 vertebra, rupture of the ligaments of the posterior region and the sliding of the C5 vertebra. The instrumentation used in the study treatments and even the replacement of the damaged disc by bone graft from the iliac bone, were also modeled.

Keywords:

Finite Element Method

Cervical Spine

Anterior Cervical Spine

Posterior Cervical Spine

Anterior and Posterior Cervical Fusion

\* Autor para correspondência.

Correios eletrónicos: [tatiana.fsc.teixeira@gmail.com](mailto:tatiana.fsc.teixeira@gmail.com) (T. Teixeira), [lcsousa@fe.up.pt](mailto:lcsousa@fe.up.pt) (L.C. Sousa), [mparente@fe.up.pt](mailto:mparente@fe.up.pt) (M. Parente), [rnatal@fe.up.pt](mailto:rnatal@fe.up.pt) (R. Natal), [maiaigoncalves@gmail.com](mailto:maiaigoncalves@gmail.com) (J.M. Gonçalves), [rolando.freitas@chvng.min-saude.pt](mailto:rolando.freitas@chvng.min-saude.pt) (R. Freitas).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rimni.2015.10.004>

0213-1315/© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Analyzing the displacements of the functional unit it was concluded that the anterior and posterior cervical fusion provides the best results compared to other types of cervical fusion studied in terms of displacement of the functional unit.

© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introdução

A coluna cervical todos os dias é sujeita a movimentos repetidos e à ação de diferentes cargas, quer por forças musculares quer pela gravidade. Desta forma, é importante o conhecimento pormenorizado da coluna cervical, a fim de compreender a transferência das cargas através dos discos IV, dos ligamentos e das articulações intervertebrais. Este conhecimento facilita o diagnóstico e o tratamento, o desenvolvimento e a evolução de implantes cervicais, e permite a análise dos movimentos da coluna, de forma a evitar intervenções cirúrgicas [1]. Apesar de já existirem algumas técnicas de imagem que ajudam a adquirir mais conhecimento sobre a coluna, nomeadamente a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), estas não permitem determinar o estado de tensão nem prever o comportamento da coluna. Assim, surgiu a necessidade de se efetuarem estudos através de análises numéricas, por exemplo com o recurso a estudos biomecânicos. Estes permitem quantificar a ação e distribuição das forças que atuam sobre a coluna vertebral, os movimentos desta, o estudo de mecanismos de lesão, auxiliam na prevenção e diagnóstico, no apoio à decisão clínica, no desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas, na otimização das existentes e no desenvolvimento de novos implantes e instrumentos cirúrgicos. Assim, são um instrumento valioso na compreensão do comportamento dinâmico da coluna vertebral em diversas situações patológicas, como fraturas da coluna cervical [2-4].

No passado, foram criados vários modelos, constituídos por um conjunto de vértebras ligadas pelos discos IV e pelos ligamentos modelados como molas [5-7]; outros modelos mais detalhados na representação da anatomia da coluna apresentam as fibras lamelares que conferem anisotropia ao anel fibroso [8,9]. No entanto, estes tipos de modelo apresentam algumas desvantagens, pelo facto de não ser possível prever com precisão a resposta mecânica dos discos IV, e são limitados pela dependência dos parâmetros do modelo que são difíceis de determinar. Mais recentemente, têm surgido modelos mais realistas para simular o comportamento da coluna vertebral e, alguns deles, para estudar os resultados cirúrgicos da fusão cervical anterior e/ou fusão cervical posterior [10,11].

Neste estudo, numa fase inicial, foi criado um modelo da unidade funcional C5-C6, o qual foi validado através de resultados experimentais encontrados na literatura [12-14]. Posteriormente, os componentes correspondentes à unidade funcional C4-C5 foram acrescentados, e a fratura do tipo C2.2 foi modelada. Por último, adicionando a correspondente instrumentação, os modelos relativos à fusão cervical anterior e/ou fusão cervical posterior foram criados. Estes modelos foram sujeitos a 5 diferentes tipos de carga, compressão, extensão, flexão, flexão lateral e rotação axial, tendo-se analisado o deslocamento da unidade funcional.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Detalhes do modelo

Este trabalho iniciou-se pela construção de um modelo de elementos finitos (EF) da unidade funcional C4-C5-C6. Esta unidade funcional representa um segmento saudável, sem qualquer sinal degenerativo. A geometria das 3 vértebras foi obtida a partir de

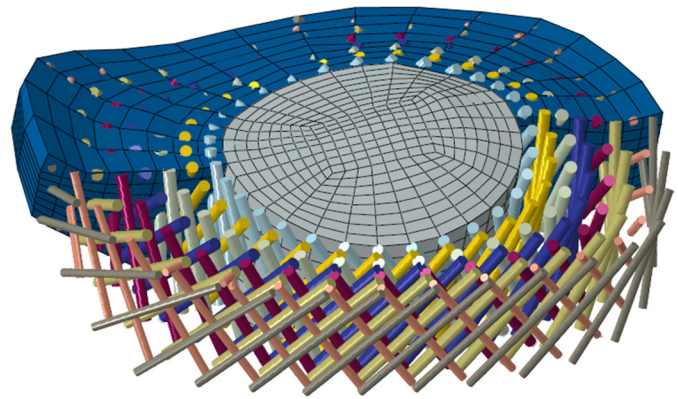


Figura 1. Camadas de fibras de colagénio do anel fibroso.

imagens de TC de uma coluna cervical. Estas geometrias foram suavizadas em algumas regiões, a fim de evitar problemas durante a conceção da malha de EF. Relativamente aos discos IV, estes foram desenvolvidos no espaço intervertebral entre os corpos das vértebras, com a camada radial mais interna denominada de núcleo pulposo e com a camada radial mais externa designada de anel fibroso, reforçado com uma camada de fibras de colagénio. As 2 regiões do disco IV foram criadas tendo em conta que o núcleo pulposo ocupa 30-50% da área total. As fibras de colagénio foram criadas exibindo um ângulo de 30° entre elas e com direções opostas, como ilustra a figura 1.

Os discos IV são ainda cobertos axialmente pelas placas cartilaginosas. Estas foram desenvolvidas utilizando a primeira e a última camada de elementos dos discos IV.

Todos os ligamentos foram modelados, nomeadamente os longitudinais anteriores (ALL), os longitudinais posteriores (PLL), os amarelos (LF), os interespinhosos (ISL), os supraespinhosos (SSL) e os capsulares (CL). As articulações intervertebrais entre as vértebras também foram consideradas, tendo sido estabelecidos pares de contacto nesta zona. A primeira etapa para a criação das articulações intervertebrais passou pela análise dos locais onde ocorria o contacto entre as vértebras C4 e C5 e entre as vértebras C5 e C6. Após este passo, foram criadas superfícies em cada um destes locais. Estas superfícies foram executadas de forma semelhante à criação do disco, isto é, projetaram-se alguns pontos quer no lado direito quer do lado esquerdo da vértebra C4; mais tarde, estes foram estruídos até à vértebra C5, tendo assim uma espessura de acordo com o local de encaixe. Este procedimento foi executado da mesma forma para as vértebras C5 e C6. As articulações foram modeladas com elementos híbridos hexaédricos tridimensionais de 8 nós, C3D8H. Para que não ocorra a penetração das vértebras nas articulações intervertebrais, foi necessário criar uma interação do tipo «Surface to surface contact». Este tipo de contacto permite então que as vértebras deslizem sobre as articulações intervertebrais. Assim, foi escolhido um comportamento tangencial nesta interação de contacto das superfícies, onde uma delas funciona como mestre e outra como escrava.

A discretização da geometria foi obtida recorrendo ao software comercial Abaqus® [15]. As vértebras foram discretizadas com uma malha de elementos tetraédricos lineares de 4 nós,

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050772>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050772>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)