

Característica de Euler-Poincaré para Estimar a Conectividade da Estrutura do Osso Trabecular

Waldir L. Roque Katia Arcaro*

Programa de Pós-Graduação em Matemática Aplicada

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

91501-970, Porto Alegre, RS

E-mail: roque@mat.ufrgs.br, karcaro@hotmail.com

RESUMO

A osteoporose é uma doença silenciosa caracterizada pela perda de massa óssea e pela deterioração da microarquitetura do osso trabecular, que levam à fragilidade óssea e aumento do risco de fratura. Com o aumento da expectativa de vida, a osteoporose tornou-se um problema de saúde pública. Embora a massa óssea seja importante na determinação da resistência mecânica, sabe-se que outros fatores também são importantes para estabelecer o risco de fratura de um paciente. A perda da massa óssea é caracterizada em todo o mundo pela medição da densidade mineral óssea (DMO), o padrão-ouro para o diagnóstico da osteoporose. Porém, a DMO reflete a quantidade de osso por área, e esse é apenas um aspecto da qualidade óssea. Vários outros fatores são importantes como, por exemplo, a microarquitetura trabecular. Os tecidos ósseos são compostos principalmente de um osso compacto externo chamado cortical e um osso poroso interno, chamado trabecular ou canceloso. O aspecto poroso oferece uma similaridade com um meio esponjoso, onde as trabéculas estão incrustadas em uma medula. Assim, podemos ver as trabéculas como grãos e as cavidades da medula como poros, seguindo a nomenclatura de meios porosos. Sob esse aspecto, a conectividade das trabéculas é um fator muito importante para estabelecer a qualidade do osso e o conseqüente risco de fratura.

A conectividade é uma propriedade geométrica que oferece informações sobre a estrutura do espaço de poro; e a característica de Euler-Poincaré (CEP) é uma medida geométrica que pode oferecer uma estimativa do grau de sua conectividade. A CEP é invariante sob deformação ou sob mudança de escala do objeto. Para uma estrutura em 3D, a CEP é definida pelo número de partes isoladas menos a conectividade. Como é uma quantidade de dimensão zero, esta deve ser estimada usando um dispositivo 3D. Porém, foi demonstrado que, para fins práticos, este dispositivo pode ser aproximado por um conjunto de seções paralelas 2D. O par destas seções forma um *disector*[1].

Neste estudo, quatro vértebras lombares *in vitro* foram clinicamente selecionadas e adequadamente preparadas, representando um osso saudável (L1), outro com osteoporose (L4), e os demais com osteopenia (L2, L3), de acordo com as medidas da DMO padrão. A Tabela 1 mostra os valores da DMO para essas quatro vértebras.

Tabela 1. Valores da Densidade Mineral Óssea para cada vértebra.

Vértebra	L1	L2	L3	L4
DMO	1,219	1,119	0,940	0,668

As vértebras foram tomografadas usando o equipamento *Siemens Cardiac Sensation 16*. As imagens foram registradas com espaçamento de $1.000\mu\text{m}$ entre elas. Uma sequência de 20 imagens adjacentes foi selecionada com base em uma análise clínica cuidadosa, formando um

*Aluna do Mestrado Acadêmico, Bolsista CAPES.

conjunto de 19 *disectors*. Para cada vértebra, a região de interesse (ROI) foi escolhida com 65 x 55 pixels. A ROI foi selecionada sob projeção e extraída a partir do corpo vertebral interior, próximo ao osso cortical, já que são partes clinicamente significantes, que constituem a porção do corpo vertebral que primeiro exhibe a perda mais acentuada da massa óssea e fissuras.

Em termos simples, para uma estrutura poro-espaço em 3D, a CEP é dada em termos de elementos naturais da estrutura[2], como: $CEP = D_v - C_v$, onde D_v é o número de partes desconexas do espaço de poro por unidade de volume, e C_v é a conectividade por unidade de volume. O número de partes desconexas corresponde ao número de objetos isolados (ilhas), $\#I$, e a conectividade está expressa em termos do número de túneis (ramos), $\#B$, e o número de cavidades fechadas (orifícios), $\#H$. O valor da CEP é alto para objetos com baixa conectividade e baixo para objetos com alta conectividade.

A CEP pode ser estimada para um objeto 3D com base em observações de alterações topológicas das intersecções de um plano que varre o objeto, sendo essa estimativa independente da direção e orientação da varredura. Por isso é possível calcular-se a CEP a partir de um conjunto de *disectors*, observando os perfis de uma fatia e comparando com os perfis das fatias seguintes. Sob esse aspecto, a CEP é dada por: $CEP = 1/2(\#I + \#H - \#B)$, onde o fator 2 é devido ao fato de que a contagem dessas quantidades é feita nas duas direções, simultaneamente.

O algoritmo[3] para calcular os valores da CEP foi implementado em um sistema computacional e os resultados estão exibidos na Figura 1.

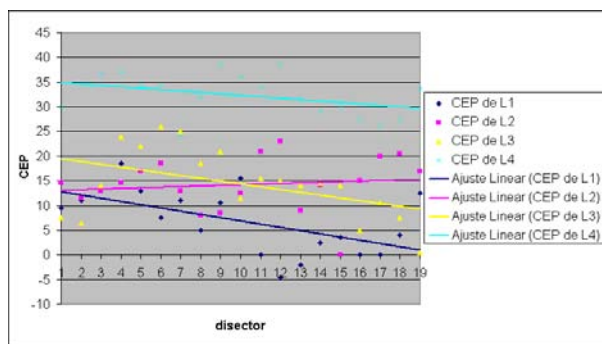


Figura 1: Gráficos da distribuição dos valores da CEP para cada vértebra.

Os resultados da CEP são compatíveis com as medidas da DMO mostradas na Tabela 1: L4 corresponde ao caso de osteoporose e L1, ao caso de um osso sadio. De fato, podemos observar que L4 apresenta a menor conectividade, enquanto L1 apresenta a maior. Em princípio, uma menor conectividade pode decorrer da perda mais acentuada de massa óssea, enquanto uma maior conectividade pode decorrer de perda menor. Os cálculos das espessuras trabeculares das vértebras ao longo dos *disectors* corroboram estes achados. Tais resultados ainda são preliminares, porém promissores. Um estudo mais detalhado está em andamento com um número estatisticamente significativo de vértebras.

Palavras-chave: *Característica de Euler-Poincaré, Osteoporose, Microarquitetura trabecular*

Referências

- [1] D. C. Stereo, The unbiased estimation of number and sizes of arbitrary particles using the disector, *J. Microscopy*, 134 (1984) 127-136.
- [2] W. P. Thurston, “Three-Dimensional Geometry and Topology”. Princeton University Press, Princeton, USA, 1997.
- [3] H.J. Vogel and A. Kretzchmar, Topological characterization of pore space in soil - sample preparation and digital image-processing, *Geoderma*, 73 (1996) 23-38.