

ANÁLISE COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO DE OSTEOARTRITE DE COLUNA LOMBAR BASEADO EM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

COMPUTATIONAL ANALYSIS BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR AIDING IN DIAGNOSING OSTEOARTHRITIS OF THE LUMBAR SPINE

Carlos Cassiano Denipotti Veronezi¹, Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões², Robson Luiz dos Santos³, Edroaldo Lummertz da Rocha⁴, Suelen Melão⁵, Merisandra Côrtes de Mattos⁶, Cristian Cechinel⁷

RESUMO

Objetivos: Conhecer as vantagens da utilização das redes neurais artificiais no reconhecimento de padrões em radiografias de coluna lombar na incidência perfil para auxiliar no diagnóstico da osteoartrite primária. **Método:** Estudo transversal, descritivo, analítico, de abordagem quantitativa e com ênfase diagnóstica. O conjunto de treinamento foi composto por imagens coletadas no período de janeiro a julho de 2009 de pacientes submetidos a radiografias digitais de coluna lombar na incidência em perfil provenientes de um serviço de radiologia localizado no município de Criciúma (SC). Das 260 imagens coletadas, foram excluídas: as radiografias distorcidas, as patologias que alteram a arquitetura da coluna lombar e os padrões de difícil caracterização, resultando em um total de 206 imagens. O banco de imagens (n = 206) foi subdividido, resultando em 68 radiografias para a etapa de treinamento, 68 para testes e 70 para validação. Foi utilizada uma rede neural híbrida baseada em mapas auto-organizáveis de Kohonen e redes *Multilayer Perceptron*. **Resultados:** Após 90 ciclos, foi realizada a validação com o melhor teste, alcançando acurácia de 62,85%, sensibilidade de 65,71% e especificidade de 60%. **Conclusão:** Apesar da demonstração de uma eficácia mediana, por se tratar de estudo de caráter inovador, seus valores mostram um futuro promissor da técnica utilizada, com sugestão para trabalhos futuros com abrangência na metodologia de processamento das imagens e ciclos com uma quantidade maior de radiografias.

Descritores – Osteoartrite; Inteligência Artificial; Informática Médica; Diagnóstico por Computador

ABSTRACT

Objective: To ascertain the advantages of applying artificial neural networks to recognize patterns on lumbar column radiographs in order to aid in the process of diagnosing primary osteoarthritis. **Methods:** This was a cross-sectional descriptive analytical study with a quantitative approach and an emphasis on diagnosis. The training set was composed of images collected between January and July 2009 from patients who had undergone lateral-view digital radiographs of the lumbar column, which were provided by a radiology clinic located in the municipality of Criciúma (SC). Out of the total of 260 images gathered, those with distortions, those presenting pathological conditions that altered the architecture of the lumbar column and those with patterns that were difficult to characterize were discarded, thus resulting in 206 images. The image data base (n = 206) was then subdivided, resulting in 68 radiographs for the training stage, 68 images for tests and 70 for validation. A hybrid neural network based on Kohonen self-organizing maps and on *Multilayer Perceptron* networks was used. **Results:** After 90 cycles, the validation was carried out on the best results, thereby reaching accuracy of 62.85%, sensitivity of 65.71% and specificity of 60%. **Conclusions:** Even though the effectiveness shown was moderate, this study is of innovative nature. Hence, the values show that the technique used has a promising future, thus pointing towards further studies covering the image and cycle processing methodology with a larger quantity of radiographs.

Keywords – Osteoarthritis; Artificial Intelligence; Medical Informatics; Diagnosis, Computer-Assisted

1 – Graduando em Medicina – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), SC, Brasil.

2 – Doutoranda em Ciências da Saúde – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC); Mestre em Ciência da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Professora de Informática Médica na Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), SC, Brasil.

3 – Médico; Especialista em Ortopedia e Traumatologia – Hospital Regional de São José; Especialista em Cirurgia de Mão e Microcirurgia pela Universidade de São Paulo (USP); Professor de Ortopedia na Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), SC, Brasil.

4 – Mestrando em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Catarina. Bacharel em Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), SC, Brasil.

5 – Graduanda em Medicina – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

6 – Doutoranda em Engenharia Biomédica – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Mestre em Ciência da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Professora de Inteligência Artificial na Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), SC, Brasil.

7 – Doutorando em Informação, Documentação e Conhecimento - Universidade de Alcalá (UAH) – Espanha. Mestre em Ciências da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), SC, Brasil.

Trabalho realizado no Curso de Medicina – Unidade Acadêmica de Ciências da Saúde – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

Correspondência: Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões, Curso de Medicina, UNASAU, Avenida Universitária, 1105 - Bloco S - Bairro Universitário - 88806-000 - Criciúma - SC. E-mail: pri@unesc.net

Trabalho recebido para publicação: 18/04/10, aceito para publicação: 07/06/10.

INTRODUÇÃO

A osteoartrite (OA) é um transtorno articular caracterizado por dor e limitações funcionais; o exame radiográfico apresenta osteófitos e estreitamento dos espaços articulares e no exame histológico nota-se alterações na integridade da cartilagem e do osso subcondral. Ela é uma das doenças mais comuns que acometem as articulações, incluindo a região lombar; tem uma grande importância econômica tanto de produtividade como de custo de tratamento⁽¹⁻³⁾. Nos Estados Unidos, é a segunda maior causa de incapacidade ocupacional em homens acima de 50 anos, superada apenas pela doença coronariana; no Brasil, responde por cerca de 18% dos benefícios concedidos pelo Instituto Nacional do Seguro Social (INSS)⁽³⁾. Embora sua etiologia ainda não esteja compreendida, já se conhece alguns fatores de risco, como a idade, peso e ocupação^(4,5); estudos sugerem pesquisas na área do tratamento que nos dias atuais visa apenas o alívio da dor e a melhora da função articular não viabilizando a reversão do processo patológico⁽⁶⁻⁸⁾.

Assim, buscando alternativas de auxílio ao diagnóstico, a informática médica visa auxiliar o médico no diagnóstico de rotina, e tem-se mostrado cada vez mais eficiente, auxiliando algumas tarefas clínicas, como: sinais de alerta, críticas terapêuticas, agentes de recuperação de informações, reconhecimento e interpretação de imagens, entres outros modelos⁽⁹⁻¹²⁾.

Entre as áreas de aplicação da informática médica, a inteligência artificial (IA) busca nas redes neurais artificiais (RNA) um modelo computacional baseado nos neurônios biológicos, em que por meio de modelos matemáticos gera um neurônio artificial e através de interconexões de vários neurônios artificiais gera uma RNA. Sua importância está na resolução de problemas que não são de fácil solução por técnicas e ferramentas convencionais, como é o caso do reconhecimento de padrões⁽¹³⁻¹⁵⁾, resolução de problemas de classificação, predição, aproximação, categorização e otimização; reconhecimento de caracteres e da voz, além de predições de séries temporais^(11,13,16-19).

Este estudo apresenta o treinamento, validação e teste de uma rede neural para o reconhecimento de padrões de imagens de osteófitos de coluna lombar, na incidência perfil, a fim de auxiliar o diagnóstico por imagem da osteoartrite primária de coluna lombar.

MÉTODOS

Foi realizado estudo transversal, descritivo, analítico, de abordagem quantitativa, com ênfase diagnóstica; aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos sob o protocolo número 355/2008.

O conjunto de treinamento foi composto por imagens de pacientes submetidos a radiografias digitais de coluna lombar na incidência perfil no período de 1º de janeiro a 1º de julho de 2009, provenientes de um serviço de radiologia localizado no município de Criciúma (SC). A amostra foi estimada por conveniência, totalizando 260 imagens, sendo excluídas as radiografias distorcidas, patologias que alteram a arquitetura da coluna lombar e padrões de difícil caracterização, resultando em 206 imagens, obtidas de um meio digital no formato jpg (não houve necessidade de digitalização), mediante autorização disponibilizada via termo de consentimento do responsável da empresa de origem das imagens. Assim, o banco de imagens (n = 206) foi subdividido, resultando na utilização de 68 radiografias no treinamento, 68 nos testes e 70 na validação.

Após a coleta, as imagens foram processadas uma a uma com os seguintes filtros: primeiramente aumento de contraste e, após a utilização do primeiro filtro, aplicou-se a distância euclidiana. Tal processo foi realizado para cada uma das imagens. A Figura 1 exemplifica os resultados obtidos com a utilização de cada filtro.

Terminado o processamento, passou-se à utilização da rede neural, etapa essa dividida em treinamento, teste e validação. Nesta fase, foi utilizado o aplicativo desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Inteligência Computacional Aplicada da Universidade do Extremo Sul Catarinense, cuja interface pode ser visualizada na Figura 2. Tal *software* oferece uma rede neural híbrida baseada em mapas auto-organizáveis de Kohonen^{(20)*} e redes *Multilayer Perceptron* (MLP).

No treinamento da rede de Kohonen foram utilizadas 68 imagens, correspondentes a uma sub-região de 64 x 64 *pixels* selecionada diretamente no *software* a partir da imagem original, das quais 34 com a presença de osteoartrite e 34 sem essa característica. Tais proporções de imagens também foram utilizadas para os testes e validação.

A arquitetura da rede de Kohonen utilizada para treinamento foi de 64 neurônios na camada de entrada e um reticulado bidimensional de 8 x 8 neurônios na



Figura 1 – Processamento das imagens.



Figura 2 – Aplicativo utilizado.

camada Kohonen. A saída deste treinamento foi então utilizada como entrada na rede MLP treinada com o algoritmo *backpropagation* cujo propósito é classificar o mapa de características resultante como pertencente ao grupo de imagens que apresentam o padrão de osteoartrite (classe 1), ou ao grupo de imagens sem este padrão (classe 2).

A arquitetura da rede MLP utilizada para treinamento e classificação destes padrões foi definida com 64 neurônios na camada de entrada, 45 neurônios na camada intermediária e um neurônio na camada de saída, uma taxa de aprendizado igual 0,2 e um *momentum* igual a 0,8 com 500 iterações. A estruturação da rede Kohonen foi realizada com uma taxa de aprendizado inicial de 0,2 com um tamanho de vizinhança de 20, intervalo de decremento da vizinhança em 20 e um final de 0,10 com 300 iterações.

Na análise estatística, foi calculada a sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP), valor preditivo negativo (VPN), razão de verossimilhança positiva (RVP), razão de verossimilhança negativa (RVN), acurácia em relação à validação da RNA, utilizando o *software* Microsoft Excel® 2002.

RESULTADOS

O banco de imagens foi formado por 206 imagens que compõem o conjunto utilizando no treinamento, teste e validação. Para o resultado final da RNA, foram realizados 90 ciclos no treinamento, sendo a validação realizada com o teste de maior acurácia que foi de 62,85% com um desvio padrão de 4,04, cujos parâmetros da rede neural estão citados na metodologia.

A Figura 3 ilustra a variação da acurácia nos 30 melhores testes.

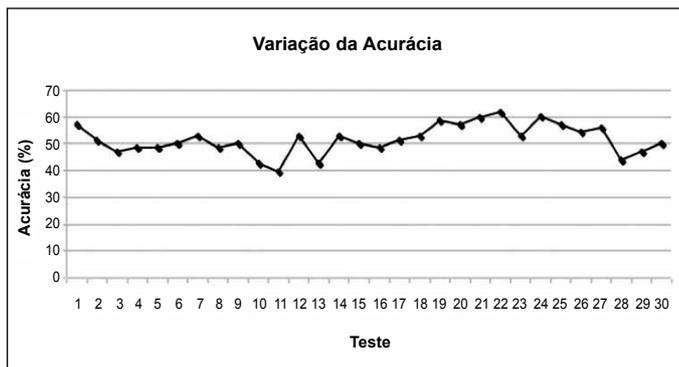


Figura 3 – Variação da acurácia.

Em uma comparação entre o teste de maior acurácia com a validação, verificou-se o aumento no número de acertos na validação (Figura 4).

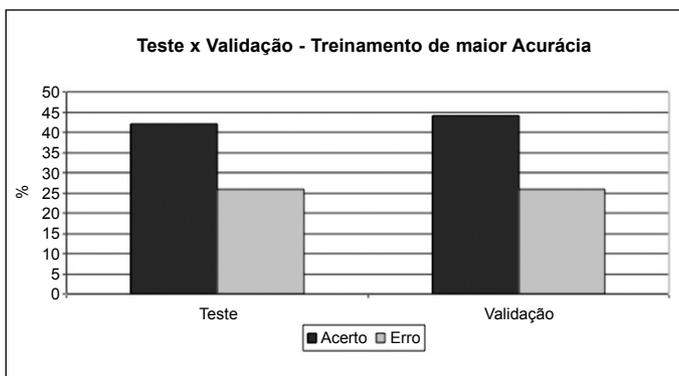


Figura 4 – Comparação do teste e validação da rede neural.

A sensibilidade da RNA ficou em 65,71% e a especificidade em 60%; já o valor preditivo positivo em 62,16% e o valor preditivo negativo em 63,63%. Os cálculos demonstraram uma razão de verossimilhança positiva de 1,62 e uma razão de verossimilhança negativa de 1,72.

DISCUSSÃO

Temos na osteoartrite a importância da imagiologia em seu diagnóstico, considerando que as radiografias convencionais se apresentam como um método simples, barato e bastante adequado para seu reconhecimento, determinando a extensão e a gravidade da patologia, além de monitorizar sua progressão⁽⁴⁾. Para a discussão, foram utilizados estudos de redes neurais em variadas aplicações médicas, incluindo estudos realizados em eletroencefalogramas (EEG), planejamento cirúrgico, radiografias de tórax, mamas entre outros.

A acurácia demonstrada pela RNA deste estudo foi de 62,85%, ficando abaixo da média encontrada na literatura, que foi em torno de 85%^(16,21-25); como exemplo, temos o estudo realizado em São Luiz (MA)⁽²⁵⁾ sobre o planejamento cirúrgico de estrabismo no ano de 2009, que apresentou uma acurácia igual a 83%. Tal característica talvez ocorra devido à caracterização das imagens, pois, tratando-se de radiografias digitais, encontramos uma grande variação em seus padrões.

A sensibilidade (65,71%) e a especificidade (60%) também se apresentaram inferiores em comparação a outros estudos prévios com RNA; citamos como exemplo o trabalho realizado na Universidade Federal do Paraná em 2009⁽²⁶⁾, que apresentou uma sensibilidade e especificidade média de 90% em padrões de EEG. Pode se explicar o alto índice de falsos-positivos (14) e falsos-negativos (12) pelo número limitado de imagens utilizadas para o treinamento da rede (n = 68), apesar de alguns trabalhos

apresentarem uma maior acurácia com esse percentual de imagens⁽¹³⁾.

O VPP e o VPN foram de 62,16% e 63,63%, respectivamente, com valores inferiores aos da literatura, que resultou em uma média de 90% nesses cálculos⁽²⁶⁾.

A razão de verossimilhança avalia a qualidade de um teste diagnóstico; no entanto, até o momento não foram encontrados estudos que abordem este cálculo para reconhecimento de padrões em imagens a partir das redes neurais artificiais. O presente estudo mostra RVP de 1,62, o que significa que o resultado positivo obtido pela rede é de 1,62 vezes mais provável de ser realmente positivo quando comparado com os casos negativos.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a utilização de um sistema de apoio ao diagnóstico de osteoartrite de coluna lombar com base em imagens de radiografias digitais de coluna lombar na incidência perfil; a sensibilidade e a especificidade ficaram em torno de 63%, sendo, no entanto, necessário realizar testes com uma quantidade maior de imagens de pacientes que apresentem ou não a patologia da OA, além de aperfeiçoar a metodologia do processamento das imagens utilizada, buscando uma maior acurácia do sistema. Apesar de a rede neural ter apresentado uma eficácia mediana, por se tratar de um estudo de caráter inovador, seus valores mostram um potencial de utilização computacional a partir das redes neurais artificiais no auxílio ao profissional como um aliado.

Cabe salientar que o uso do computador para o auxílio à análise de imagens radiológicas tem se mostrado eficiente no auxílio ao diagnóstico em diversas especialidades médicas; assim, não necessita inicialmente de alta acurácia e, sim, obter um desempenho próximo ao do especialista para servir de apoio e não de substituto⁽¹²⁾, buscando, inclusive, auxiliar o processo de ensino médico.

REFERÊNCIAS

1. Pye SR, Reid DM, Lunt M, Adams JE, Silman AJ, O'Neill TW. Lumbar disc degeneration: association between osteophytes, end-plate sclerosis and disc space narrowing. *Ann Rheum Dis.* 2007;66(3):330-3.
2. Silva NA, Marczyk LR. Eficácia e tolerabilidade da nimesulida versus celecoxib na osteoartrite. *Acta Ortop Bras.* 2001;9(1):42-54.
3. Silva Junior FS. Osteoartrite experimental em ratos: efeito do sulfato de glicosamina e sulfato de condroitina sobre a incapacitação articular e a lesão da cartilagem articular [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2007.
4. Hinton R, Moody RL, Davis AW, Thomas SF. Osteoarthritis: diagnosis and therapeutic considerations. *Am Fam Phys.* 2002;65(5):841-8.
5. Hassett G, Hart DJ, Manek NJ, Doyle DV, Spector TD. Risk factors for progression of lumbar spine disc degeneration: the Chingford study. *Arthritis Rheum.* 2003;48(11):3112-7.
6. Faloppa F, Belloti JC. Tratamento clínico da osteoartrose: evidências atuais. *Rev Bras Ortop.* 2006;41(3): 47-53.
7. Coimbra IB, Pastor EH, Greve JM, Puccinelli MLC, Fuller R, Cavalcanti FS, et al. Osteoartrite (artrose): tratamento. *Rev Bras Reumatol.* 2004;44(6):450-3.
8. Coimbra IB, Pastor EH, Greve JMD, Puccinelli ML, Fuller R, Cavalcanti FS, et al. Consenso Brasileiro para o Tratamento da Osteoartrose. *Rev Bras Reumatol.* 2002;42(6):371-4.
9. Westphal JT. Modelagem Difusa de um Sistema Especialista Médico: Avaliação dos fatores de Interação em Crianças Queimadas [dissertação]. Florianópolis-SC: Universidade Federal de Santa Catarina; 2003.
10. Motta DN. Uma proposta para o ensino de Informática em Saúde na Residência Médica". *Brasília Médica;* 1999;36(3/4):110-7.
11. Dias CG, Radonsky V. Desenvolvimento de um sistema de auxílio ao diagnóstico em pediatria com o uso de redes neurais artificiais. *Rev Exacta (São Paulo).* 2003;1:89-95.
12. Azevedo-Marques PM. Diagnóstico auxiliado por computador na radiologia. *Radiol Bras.* 2001;34(5):285-93.
13. Tarallo AS. Segmentação e classificação de imagens digitais de úlceras cutâneas através de redes neurais artificiais [dissertação]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2007.
14. Rodrigues FA. Localização e reconhecimento de placas de sinalização utilizando um mecanismo de atenção visual e redes neurais artificiais [dissertação]. Universidade Federal de Campina Grande; 2002.
15. Bianchini AR. Arquitetura de redes neurais para o reconhecimento facial baseado no neocognitron [dissertação]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2001.
16. Souza MB, Tomikawa VO, Oliveira BF, Polati M. Uso da rede neural artificial no planejamento cirúrgico da correção do estrabismo. *Arq Bras Oftalmol.* 2004;67(5):459-62.
17. Goulart DA, Tacla MA, Marback PMF, Sole D, Paranhos Junior A, Perez HB, et al. Redes neurais artificiais aplicadas no estudo de questionário de varredura para conjuntivite alérgica em escolares. *Arq Bras Oftalmol.* 2006;69(5):707-3.
18. Penna MLF. Rede neural artificial para detecção de sobremortalidade atribuível à cólera no Ceará. *Rev Saúde Pública.* 2004;38(3):351-7.
19. Santos MA, Seixas JM, Pereira BB, Medronho RA. Usando redes neurais artificiais e regressão logística na predição da hepatite A. *Rev Bras Epidemiol.* 2005;2(8):117-26.
20. Rogers J. Object-oriented neural networks in C++. California: Academic Press; 1997.
21. Argoud FIM, Azevedo FM, Neto MJ. Sistema de detecção automática de paroxismos epileptogênicos em sinais de eletroencefalograma. *Rev Bras Controle Autom.* 2004;15(4):467-75.
22. Cunha FL, Franca JEM, Ortolan RL, Junior Cliquet A. O uso de redes neurais artificiais para o reconhecimento de padrões em uma prótese mioelétrica de mão. VIII Congresso Brasileiro de Redes Neurais; out 2007; Florianópolis-SC. Disponível em: http://www.sel.eesc.sc.usp.br/abciber/alunos_pos/ortolan/arquivos/p339.PDF
23. Glingani FA, Ambrósio PE. Sistema de análise computadorizada para auxílio à detecção de lesões de mama baseado em redes neurais artificiais. XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; Jul 2009; Bento Gonçalves-RS. Disponível em: <http://www.sbis.org.br/cbis9/arquivos/553.pdf>
24. Valini RA, Ambrósio PE, Azevedo-Marques PM. Redes neurais artificiais de Kohonen na caracterização de lesões intersticiais em radiografias pulmonares. VIII Congresso Brasileiro de Redes Neurais; out 2007; Florianópolis-SC. Disponível em: <http://www.sbis.org.br/cbis/arquivos/972.pdf>
25. Almeida JDS, Silva AC, Paiva AC, Teixeira JAM. Metodologia computacional para detecção e diagnóstico automáticos, e planejamento cirúrgico do estrabismo. XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; Jul 2009; Bento Gonçalves-RS. Disponível em: <http://bibliotecadigital.sbc.org.br/?module=Public&action=PublicationObject&subject=364&publicationobjectid=144>
26. Sovierzoski MA, Schwarz L, Azevedo FM. Identificação em Sinais de EEG de Eventos Epileptiformes e da Piscada Palpebral com um Classificador Neural Binário. XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; Jul 2009; Bento Gonçalves-RS. Disponível em: <http://portal.sbc.org.br/bibliotecadigital/?module=Public&action=SearchResult&author=2761>