

ARTIGO ORIGINAL

Redes neurais no diagnóstico e terapêutica das artropatias da articulação temporomandibular (ATM)¹

Mário Maccari Filho²
 Claudio Roberto Palombo³
 Renato M. E. Sabbatini⁴
 Moustafa M. El-Guindy⁵

RESUMO

As diversas teorias empregadas na definição da etiologia das disfunções da ATM abrangem mecânicos, musculares, neuromusculares, psicológicos, psicofisiológicos, etc., como elementos desencadeadores dos desequilíbrios articulares. A grande diversificação dos sintomas das artropatias da ATM tais como cefaléia, otalgia, dor da nuca, hemi-face, subluxação, estalidos, e muitos outros, aumentam o grau de dificuldades em definir o diagnóstico e a consequente intervenção terapêutica nos referidos distúrbios. A redescoberta das redes neurais na década de oitenta, e o ressurgimento do conceito de memória associativa pelo qual o endereço de uma informação é o seu próprio conteúdo, isto é, a forma como o cérebro holograficamente armazena informações, veio oferecer a pesquisa um fundamental subsídio na área da saúde. Com a elaboração do Neuronet, um sistema binário, baseado em redes neurais, com retro propagação, capaz de treinar a rede neural, a percentagem de acertos nos estudos com pacientes, foi elevada a 95% em comparação com o máximo de 70% obtidos pelas estatísticas tradicionais.

Unitermos: rede neural, articulação temporomandibular-diagnóstico, artropatias, informática médica, diagnóstico por computador.

INTRODUÇÃO

A articulação temporomandibular (ATM), classificada como uma diartrose dupla e bilateral, é uma articulação sinovial que se estabelece entre o osso temporal e o côndilo da mandíbula, é a única articulação móvel do crânio e da face. Em indivíduos normais, devem apresentar um total equilíbrio entre a oclusão dentária e as superfícies articulares da ATM¹⁴.

A importância da avaliação do funcionamento da ATM na terapêutica das algias oto-temporais que muitas vezes, confundem o clínico, os cirurgiões dentistas, otorrinolaringologistas e neurologistas, foi relatado por SCHWARTZ¹¹. Este último autor resumizou o quadro dos distúrbios articulares, sob o termo: síndrome da dor e disfunção (PDS - Pain Dysfunction Syndrome).

De acordo com DWORKIN et al.², são diversas as teorias sobre a etiologia das disfunções da ATM, incluindo fatores mecânicos, musculares, psicológicos

e psicofisiológicos como elementos desencadeadores dos desequilíbrios articulares.

Dentre as artropatias temporomandibulares a que mais transtorno causa aos pacientes é a ancilose, MACCARI^{5,6,7}; porém as demais são geralmente severas na intensidade e na duração, muitas vezes se confundindo com as neuralgias.

São comuns nas artropatias da ATM dores diversas, como cefaléia, otalgia, dor na nuca, na hemiface, além de sub-luxação, luxação, estalidos, crepitação, pingamento articular, dentre tantos outros. Face a tais sinais e ou sintomas, que nem sempre são patognômicos, o cirurgião dentista envereda por dificuldades diagnósticas e terapêuticas, nem sempre fáceis de serem superadas, pois a sintomatologia pode levar a outros diagnósticos, como descreve SHAFER¹², a artrite traumática, osteoartrite degenerativa, disfunções mio-faciais, artrite reumatóide infecciosa, distúrbios funcionais, e, até mesmo, às neoplasias.

É neste particular que se coloca a questão principal, escopo deste artigo. Em que e quais pontos, a informática pode auxiliar a decisão do clínico no diagnóstico e terapêutica dessas artropatias? E porquê, especificamente, está se estudando atualmente a utilização das Redes Neurais para estes fins?

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no I Simpósio Brasileiro de Informática em Odontologia e Medicina Bucal, novembro 1994, Campinas SP.

⁽²⁾ Professor Adjunto de Patologia (ICB) e Propeidêutica Odontológica da PUCAMP.

⁽³⁾ Coordenador do Grupo de Informática Odontológica do Núcleo de Informática Biomédica - UNICAMP.

⁽⁴⁾ Coordenador do Núcleo de Informática Biomédica - UNICAMP.

⁽⁵⁾ Professor Titular de Bioquímica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP.

Redes neurais

Os modelos conexionistas, modelos neuromórficos ou simplesmente, redes neurais artificiais tiveram seus primórdios com RASHEVSKY⁹, antes mesmo dos anos quarenta e foram continuados por BROWN¹, McCULLOCH & PITS⁸, VON NEUMANN¹⁵, e WINER¹⁶, até o fim dos anos cinquenta.

Estes estudos, desde o início baseados nos estudos clássicos da organização do tecido neural, levaram ao fato de que redes neurais não precisam ser programadas, pois se auto-organizam, aprendendo ou adquirindo a capacidade de realizar tarefas associativas e classificatórias através de treinamento repetitivo, supervisionado ou não, usando exemplos ou conjunto de dados.

Apesar de considerado importante instrumento de armazenamento e processamento da informação, a partir da analogia feita com a arquitetura dos computadores binários, os modelos conexionistas foram abandonados nos anos sessenta, para ressurgir vigorosamente na década dos anos oitenta. Tal inibição de quase duas décadas deveu-se muito ao surgimento das linguagens de inteligência artificial, nos anos setenta, como o LISP e o PROLOG, bem como aos estudos que avançaram em direção aos sistemas lógicos e heurísticos.

Não obstante, o conceito de *memória associativa*⁴, pelo qual o endereço de uma informação é o seu próprio conteúdo, isto é, a forma como o cérebro holograficamente armazena informação, bem como o surgimento, em 1984, da Rede Kohonen e o seu Mapa Auto Organizável (SOM - Self-Organizing Map) deram novo impulso ao renascimento das redes neurais. Igualmente, a Rede de Hopfield, que formulava novos algoritmos, veio a contribuir para o desenvolvimento da área.

De acordo com SIMPSON¹³, uma Rede Neural consiste de:

- *Neurodos*, ou *Nodos*, interconectados como uma rede, eles recebem sinais binários ou contínuos do exterior ou de outros nodos.

- *Sinapses*, que são conexões diretas, processam estes sinais de alguma forma e enviam o produto processado a outros neurodos ou para o exterior.

Na prática, em uma base de dados com casos clínicos de artropatias da ATM, os sinais ou os sintomas constituem os sinais binários ou contínuos que vão ser recebidos por um ou mais neurodos. O produto do processamento a outros neurodos ou para o exterior é o diagnóstico.

Os sinais de entrada formam um vetor $A = a_1, a_2, \dots, a_i, a_n$ com um nível de atividade que pode ser excitatória ou inibitória. Associada a cada conexão a_i , há um valor ajustável chamado peso, formando um outro vetor $W = W_{1j}, W_{2j}, \dots, W_{ij}, \dots, W_{nj}$. O parâmetro extra θ_j modulado pelo peso W_{0j} ativa o neurodo. A soma ponderada de todos $a_i w_{ij}$ é o resultado de saída b_j , que é uma função

não-linear (por exemplo, sigmóide), equivalente a limiar de ativação do neurodo (Figura 1).

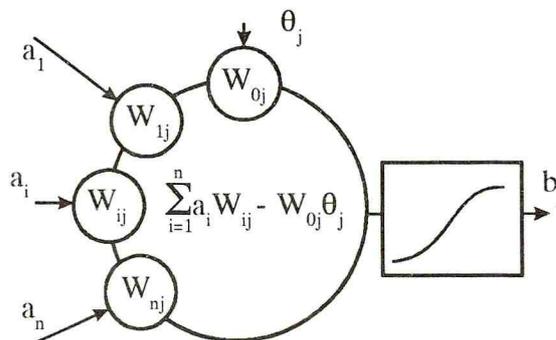


Figura 1. Modelo matemático de um neurodo

- uma arquitetura de interconexão entre os neurodos da rede, como, por exemplo, na Rede Hopfield, em que cada neurodo se conecta com os outros, eles podem ser estratificados e formados por duas ou mais camadas, internas, medianas, ocultas ou externas (Figura 2).

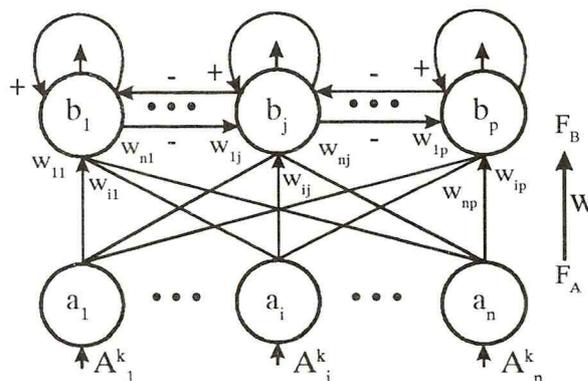


Figura 2. Topologia da rede SOM (Kohonen)

- um método de codificação - armazenamento - e de decodificação da informação na rede.

O aprendizado das redes

Como já foi mencionado, o fato de que redes neurais não precisam ser programadas, pois se auto-organizam, aprendendo tarefas associativas e classificatórias através de treinamento repetitivo, supervisionado ou não, usando exemplos ou conjunto de dados, nos leva ao que venha a ser o aprendizado da rede.

Aprendizado é a modificação realizada na matriz W de uma rede neural de forma a mapear os padrões de entrada e de saída. O ideal é que por meio de um algoritmo, este processo seja realizado de uma forma auto-organizada auto-ajustando seus pesos. Mas uma rede pode ter um aprendizado supervisionado, em que a rede computa uma função de erro entre os padrões de entrada e de saída simultaneamente apresentados. Em um dos mais conhecidos algoritmos de aprendizado, a retro-propagação, uma quantidade delta proporcional

ao erro é aplicada retroativamente a cada um dos pesos, da camada de saída para a de entrada. A retro-propagação é menos eficiente, mormente em sua velocidade de aprendizado, do que os outros algoritmos publicados na literatura, mas é muito utilizado.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a presente pesquisa estão sendo utilizados:

- Uma base de dados, em dBASE III Plus, com cerca de 100 casos clínicos de artropatias da ATM. Casos estes com sinais e sintomas variados e com diagnósticos diversos. Usamos a classificação de TOMMASI¹², para os diagnósticos. São pacientes de ambos os sexos e de todas as raças, e de idades diversas. Nesta base, os sinais e ou sintomas, constituindo-se nos sinais binários ou contínuos de entrada são recebidos por um ou mais neurodos. E o produto do processamento a outros neurodos ou para o exterior se constituindo nos diagnósticos.

- Um software, o NEURONET, tem um sistema especialista binário baseado em redes neuronais com retro-propagação, capaz de treinar a rede neural; SABBATINI¹⁰, foi capaz de um acerto de 95% com relação ao tempo de vida de 100 pacientes com insuficiência cardíaca, enquanto que estatísticas tradicionais conseguem um máximo de 70% de acerto. Foi capaz ainda de cruzar 13 informações básicas para a avaliação da saúde dos pacientes.

O NEURONET está sendo usado nesta pesquisa, com metodologias semelhantes, como um sistema para apoio às decisões aos diagnósticos e terapêuticas das artropatias temporomandibulares, levando-se em conta seu sucesso comprovado em cardiologia.

Isto, de forma alguma, relega a um outro plano a utilização das técnicas de Inteligência Artificial convencional, através dos sistemas baseados em heurística. Uma tendência particularmente interessante em nossos dias é a utilização cada vez maior de *sistema híbridos*, que incorporam as técnicas de Inteligência Artificial convencional e Redes Neurais³.

SUMMARY

Neural networks in the diagnosis and therapeutics of the arthropathies on the temporomandibular joint (TMJ)

The several theories used to define the etiology of the TMJ disfunctions comprehend mechanical, muscular, neuromuscular, psychological, psychophysiological, and other factors as trigger elements of the articular disfunctions. The great diversification of the symptoms, of the arthropathies, such as headache, otalgias, nape pain, hemi-face pain, sub-luxation, clickings, and many others, increase the difficulty degree to define the diagnosis and the consequent therapeutic intervention in the disturbances. The rediscovery of the neural networks in 80's, and new raise of the concept of associative memory by which the address of the information

is its own content. That is, the way how the brain holographically stores information, offered to the research a fundamental support in Health area. With the development of Neuronet, a binary system based in neural networks, with backpropagation, able to train the neural network, the percentage of accuracy in the studies with patients, raised to 95% in comparison with the maximum of 70% obtained by the traditional statistics.

Keywords: neural networks, temporomandibular joint-diagnosis, joint diseases, medical informatics, computer-assisted diagnosis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, T.H., KAINISS, E.W., KEENAN, C.L. Hebbian synapses mechanisms and algorithms. *Anual Review of Neurology*, Michigan, v.13, p.451-475, 1990.
- DWORKIN, S.P., HUGGINS, K.H., LE RECHE, L., VON KORF, M., HOWARD, J., TRVELOVE, E., SOMMERS, E. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and control. *Journal of American Dental Association*, Chicago, v.120, p.273-280, 1990.
- COHEN, M.E., HUDSON, D.L., ANDERSON, M.D. A neural network learning algorithm with medical applications. In: SYMPOSIUM THE COMPUTER APPLICATION IN THE MEDICAL CARE, 13., 1989, New York. *Proceedings...* New York: IEEE Press, 1989. p.307-311.
- KOHONEN, T. *Selforganization associative memory*. Berlin: Springer Verlag, 1984. p.132.
- MACCARI FILHO, M. Estudo genético clínico e correção cirúrgica da anclóse temporomandibular. *Revista da Tribuna Médica*, Rio de Janeiro, v.384, n.3, p.16-23, 1972.
- MACCARI FILHO, M. Estudo genético clínico e correção cirúrgica da anclóse temporomandibular associada a outras malformações. *Revista da Universidade Católica de Campinas*, v.15, n.34, p.229-341, 1971.
- MACCARI FILHO, M. *Estudo da incidência da subluxação, luxação do estalido, e da crepitação temporomandibular em crianças na faixa etária de 7 a 15 anos entre indivíduos brancos, negros e mestiços (mulatos)*. Piracicaba: UNICAMP, 1991, p.1-8. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, 1991.
- MCCULLOCH, W., PITTS, W. A logical calculus of the ideas emanant in nervous activity. *Bulletin Mathematics Biophysics*, Chicago, v.7, p.115-133, 1993.
- RASHEVSKY, N. *Mathematical biophysics*. Chicago: University of Chicago Press, 1938.
- SABBATINI, R.M.E. *Redes neurais em medicina: uma introdução*. 4. ed. Campinas: UNICAMP, 1993. p.1-80. (Núcleo de Informática Biomédica)
- SCHWARTZ, L. *Disorders of the temporomandibular joints*. Philadelphia: Saunders, 1959. p.167-171.
- SHAFFER, W.G., HINE, M.K., TOMICH, C.E. *Tratado de patologia bucal*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987. p.650-661.
- SIMPSON, P.K. *Artificial neural systems: foundation paradigms, applications and implementations*. London: Pergamon Press, 1990. p.209.
- TOMMASI, A.F. *Diagnóstico em patologia bucal*. São Paulo: Artes Médicas, 1992. p.501-535.
- VON NEUMANN, J. *The computer and the brain*. New York: W.W. Norton, 1958. p.92.
- WIENER, N. *Cybernetics*. New York: Wiley, 1948.