

Identificação Automatizada de Lesões Intracranianas

Identificação Automatizada de Lesões Associadas com Neurocisticercose em Pacientes Epilépticos

Neurocisticercose e Epilepsia

Cisticercose é a infecção causada pelo *Cysticercus cellulosae*, forma larvária da Tênia, também chamada de Solitária. Geralmente agregam-se ao

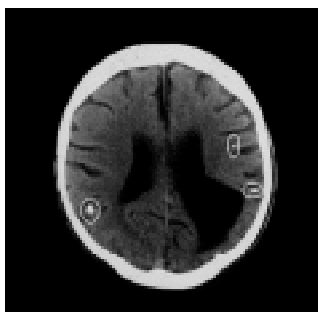


Figura 1: Tomografia com espessura de corte de 8,0mm mostrando três lesões (esq.) e espessura de corte de 2,0mm (dir.) mostrando uma lesão NCA

seu nome as expressões **solitium**, quando ela é de origem suína e **saginata** no caso de origem bovina. Seres humanos podem desenvolver teníase quando ingerem carne suína ou bovina contaminadas por

cisticercose, cujas lesões são folcloricamente conhecidas por *pipocas*, e que não foram devidamente *estouradas* durante o processo de cozimento. Uma vez ingerida, a larva, ainda viável, irá se fixar nos intestinos e, lentamente, irá progredir até seu estágio adulto, transformando-se na popular solitária. Nessa fase, humanos infectados são capazes de eliminar cerca de 5 mil ovos por dia. A *lama intestinal* contaminada, quando abandonada em locais impróprios acabará por infectar animais domésticos, como porcos, bois, cachorros, etc, e eventualmente, contaminar alimentos consumidos pelos humanos, que poderão se auto-infectar; isto é, o indivíduo com uma solitária adulta e eliminando ovos, poderá ingeri-los, no caso de uma precária higiene pessoal. Contudo, parece ser muito mais frequente a hetero-infecção; isto é, a ingestão de ovos colocados acidentalmente nos alimentos consumi-

dos.

Por outro lado, acredita-se que a capacidade de infectar o sistema nervoso dos seres humanos seja exclusividade dos ovos da *Taenia solium*. Todas as vezes que este envolvimento é percebido, nós chamamos de neurocisticercose (NC). A gravidade de NC é bastante variável, podendo ser, inclusive, assintomática em muitos casos. Porém, em alguns poucos indivíduos, o quadro poderá ser de tal forma dramático, que sequelas graves ou até mesmo o óbito, sobrevirão como consequência. Nos casos sintomáticos, crises epiléticas serão comuns; aliás, NC é uma das principais causas de epilepsia em qualquer sociedade. Ela tem difusão mundial e em algumas áreas do Brasil e em outros países em desenvolvimento tem caráter endêmico [1]. O diagnóstico de NC é usualmente suspeitado através da história clínica e posteriormente ratificado por meio de exames complementares, tais como a análise do líquido céfalo-raquidiano e neuroimagem [1]. Entre estes, a tomografia computadorizada de crânio (TC) tem se tornado cada vez mais um importante suporte para o diagnóstico. Entretanto, em trabalhos experimentais realizados com porcos [2], os achados relacionados com lesões císticas ou calcificadas associadas a neurocisticercose detectada através da análise visual de TC, incluindo-se aí a quantificação e a localização, não corresponderam, em muitos casos, aos achados anatomopatológicos. Isso se deve, muito provavelmente, a dificuldades em discriminar lesões que aparecem em mais de um corte tomográfico contíguo e também a lesões pequenas despercebidas. Tudo indi-

Aldo von Wangenheim

The Cyclops Project, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil. awangenb@inf.ufsc.br

Paulo Roberto Wille

Radiologische Gemeinschaftspraxis Blasinger, Buddenbrock und Benz, Mainz, Germany.

Eros Communello

The Cyclops Project, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Paulo César Bittencourt

Hospital Universitário, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Dirk Krechel

The Cyclops Project, Knowledge-Based Systems Group, University of Kaiserslautern, Germany.

Harley Wagner

The Cyclops Project, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Fotos cedidas pelos autores



Figura 2.a: Corte CT original

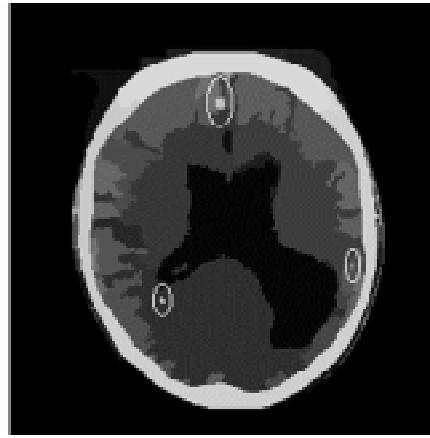


Figura 2.b: Segmentação com Mumford & Shah (as lesões NCA estão marcadas com círculos)

ca que a NC deva ser a etiologia principal da epilepsia secundária e a parasitose do sistema nervoso central mais comum em países em desenvolvimento [3,4].

Antes da disseminação da CT em países em desenvolvimento, acreditava-se que apenas 20% a 30% de todos os pacientes com epilepsia parcial possuíam uma etiologia intracraniana orgânica. O exame tomográfico sistemático desses pacientes, cada vez mais comum na atualidade, tem fornecido indícios de que a taxa de epilepsia secundária associada à NC deva na realidade ser muito mais alta, atingindo valores entre 55% e 70% [1,5], o que classifica a neurocisticercose como uma patologia com consequências sociais muito mais significativas do que se vinha suspeitando até agora.

Não existem estudos com levantamento de dados significativos e confiáveis que nos indiquem, com precisão, qual é a contribuição da NC para a etiologia da epilepsia em nosso país. A existência de achados de NC em um paciente epilético não necessariamente significa que a NC seja a etiologia da epilepsia deste paciente em particular. Para que se possa determinar, com razoável grau de certeza, se as lesões relacionadas com a NC apresentadas pelo paciente estão envolvi-

das na etiologia de seus sintomas epiléticos, é necessário que se determine com exatidão quais as áreas cerebrais foram afetadas por estas lesões e correlacioná-las com a sua epileptogenicidade e com os sintomas apresentados pelo paciente. Esta é uma tarefa muito difícil de se realizar por meio da inspeção visual de material radiológico ou pela utilização de softwares encontrados nas workstations radiológicas fornecidas com equipamento a hospitais. Para que se possa adquirir estes dados para uma grande quantidade de pacientes, de forma confiável, é necessário que se desenvolva uma metodologia capaz de quantificar e localizar acuradamente lesões associadas à

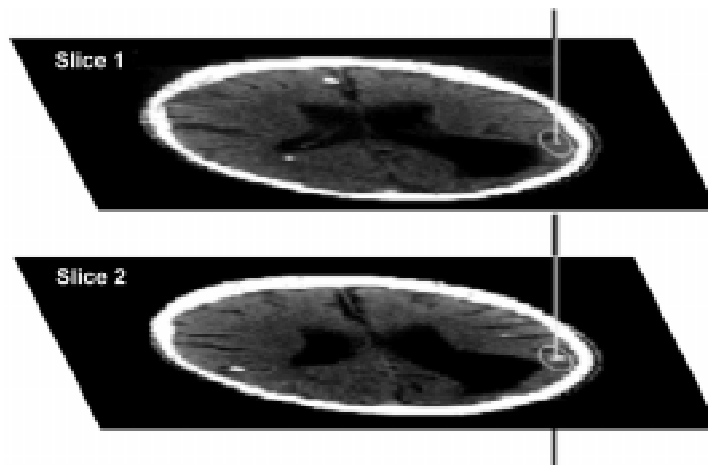


Figura 3: O processo de correlação automatizada de lesões encontradas em diferentes cortes tomográficos é realizado por um algoritmo específico especialmente desenvolvido

NC e correlacioná-las com precisão com as áreas cerebrais afetadas pelas mesmas.

Foi então desenvolvido um método de Visão Computacional para identificação, contagem, mensuração e localização de calcificações relacionadas à neurocisticercose (NCA) em imagens de CT de crânio, de forma a prover análises de dados mais confiáveis do que a inspeção visual, além de prover dados quantitativos e de localização dos NCA com acuidade muito superior à dos métodos tradicionais ou através de software de workstations radiológicas atualmente no mercado.

Substituindo a Lupa e o Negatoscópio pelo Computador

Em um trabalho conjunto realizado entre o Grupo de Sistemas Baseados em Conhecimento da Universidade de Kaiserslautern, da Alemanha, o Departamento de Informática da UFSC, o Ambulatório de Epilepsia de Florianópolis e a Clínica Radiológica Budedenbrock, Blasinger e Benz, da Alemanha, está sendo testado um método computacional para a análise automatizada de calcificações simples e múltiplas em tomografias computadorizadas de crânio (CT) associadas à neurocisticercose (NC). Este método foi implementado como uma ferramenta de software e testado em 18 pacientes do Ambulatório de Epilepsia de Florianópolis.

O sistema segmenta imagens de tons de cinza obtidas através de tomógrafos computadorizados e submete os segmentos resultantes a uma classificação através de redes neurais artificiais. O sistema marca as calcificações consideradas como relacionadas à neurocisticercose (NCA), substituindo automaticamente áreas consideradas como sendo afetadas por NC por marcadores em cores especiais. Depois disso, o sistema passa a correlacionar achados considerados NCA em diferentes cortes tomográficos e por fim realiza uma reconstrução tridimensional com base nas áreas relacionadas a NCA consideradas como pertencentes

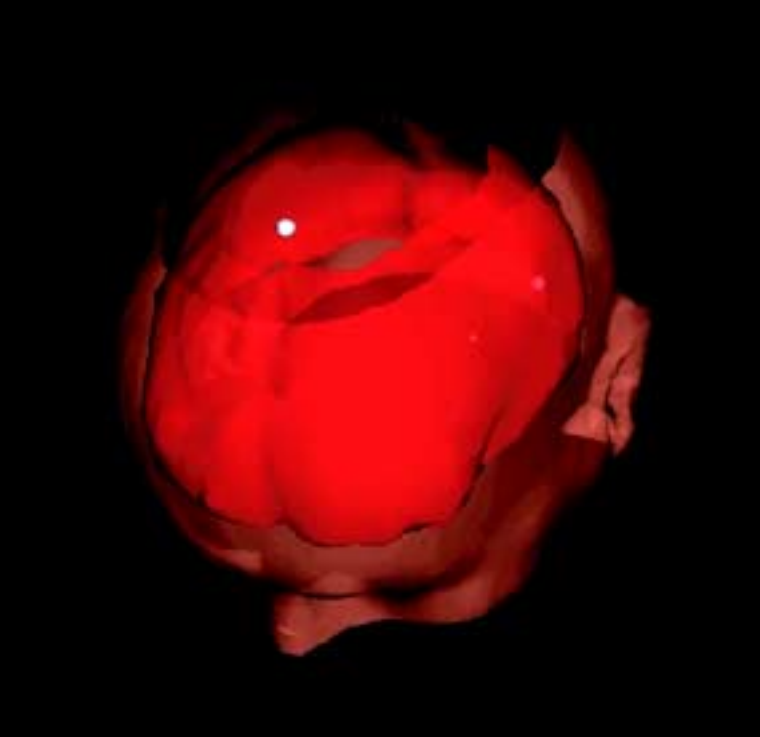


Figura 4: Reconstrução tridimensional de cabeça do paciente nº11, com representação do crânio, da massa encefálica (em vermelho) e da localização e tamanho das lesões NCa (em branco)

a um mesmo achado, realizando uma mensuração aproximada do volume de cada lesão. Por fim, o sistema realiza a reconstrução tridimensional do crânio e da massa encefálica do paciente, gerando uma representação 3D da cabeça do paciente e da localização das lesões consideradas NCa.

Em estudos preliminares de validação do sistema, as mesmas tomografias foram examinadas por pessoal médico independente (dois radiologistas e um neurologista). Não foram encontradas discrepâncias significantes entre o número total de lesões NCa-relacionadas encontradas pelos especialistas e pelo sistema, porém discrepâncias entre os especialistas e entre o software e os especialistas foram observadas sempre que o paciente possuía mais de duas lesões NCa-relacionadas por corte tomográfico. Em uma análise retrospectiva, os especialistas aceitaram os resultados fornecidos pelo software como sendo os melhores. Estudos posteriores comparando os resultados obtidos através do uso do software com achados anatomopatológicos serão necessários para confirmar estes resultados.

O software está sendo desenvolvido para que se torne uma ferramenta

confiável capaz de possibilitar a correlação entre localização de lesões NCa-relacionadas e sintomas apresentados por pacientes epilépticos através do uso de atlas cerebrais digitais deformáveis. O objetivo é permitir a elaboração de estatísticas confiáveis acerca da participação da NC na etiologia da epilepsia secundária no Brasil e em outros países.

Metodologia Automatizada de Identificação de Lesões

Dados de tomografia computadorizada de crânio (CT) e de prontuário de dezoito pacientes do Ambulatório Multidisciplinar de Epilepsia do SUS em Florianópolis, foram utilizados neste estudo. Todos os pacientes tinham como diagnóstico presumido a epilepsia parcial como secundária à neurocisticercose. As tomografias computadorizadas utilizadas foram provenientes de diferentes fontes. Parte delas foram adquiridas em um tomógrafo marca Toshiba, bastante antigo, existente no Hospital Celso Ramos, de Florianópolis, com espessuras de cortes de aproximadamente 8,0 mm. Outras foram adquiridas em tomógrafos helicoidais GE na Clínica DMI de São José, SC, com espessuras de cortes variando entre 1,5 e 3,0 mm. Este método de análise de imagens foi desenvolvido para ser capaz de processar dados adquiridos nas mais variadas condições de forma estável e confiável.

As imagens são processadas pelo sistema em quatro passos: (a) segmentação das imagens, realizada corte a corte, por meio de uma técnica de crescimento de regiões específica, (b) os resultados de segmentação são classificados através de redes neurais [6] para a determinação de NCa, (c) os segmentos classificados como NCa provenientes de diferentes cortes

considerados como pertencentes a uma mesma lesão são automaticamente associados e (d) os dados resultantes são utilizados para a realização de uma reconstrução 3D cujo objetivo é a visualização de lesões que atravessam mais de um corte e também possibilitar o cálculo do volume de cada lesão, além da visualização do crânio e massa encefálica do paciente possibilitando uma melhor identificação das áreas afetadas pelas lesões.

Diferentes algoritmos de segmentação foram testados para se obter a separação das áreas candidatas a NCa e os melhores resultados foram obtidos com o algoritmo de Mumford & Shah [7]. Uma segmentação baseada em um modelo de energia elástica, como o método de Mumford & Shah possui fortes vantagens em relação a técnicas mais utilizadas baseadas em divisores de águas na segmentação de áreas cerebrais candidatas a NCa, principalmente em função do fato de que a técnica de limites elásticos permite uma melhor coesão de área relacionadas a NCa, as quais tendem a ser redondas e são muito difíceis de serem segmentadas de forma confiável por outros métodos. Formas clássicas de segmentação, baseadas unicamente em valores de Hounsfield “típicos” para lesões calcificadas, como os encontrados em *workstations* radiológicas, apresentaram resultados inferiores.

Os segmentos de imagem obtidos são submetidos a uma pré-classificação baseada em critérios simples como tom médio de cinza de cada segmento (que refletem os valores de unidades radiológicas Hounsfield), onde somente fortes candidatas a NCa permanecem para análise posterior. Após esta pré-classificação, os segmentos restantes são submetidos a uma classificação através de redes neurais back-propagation [8]. Experimentos realizados demonstraram que mesmo uma rede bastante simples com somente uma camada intermediária de 10 neurônios e função de ativação semilinear padrão é capaz de realizar uma classificação confiável após um período de treino adequado.

Para os primeiros testes do sistema descritos aqui, as redes neurais foram treinadas utilizando-se resultados de classificação provenientes de diferen-

tes neurologistas, os quais forneceram de forma independente classificações manuais (a partir da inspeção visual) para cada um dos segmentos candidatos a NCa provenientes dos diferentes pacientes. Para minimizar erros nesta primeira fase de fornecimento de dados às redes neurais, foi criado um formulário especial para guiar os neurologistas nesta classificação. Estes dados serão agora refinados através de resultados obtidos a posteriori e corroborados por observações clínicas, de forma que a performance das redes neurais seja constantemente incrementada.

A fim de ser classificados pelas redes neurais, os segmentos resultantes da pré-classificação devem ser descritos de forma adequada em termos de um conjunto de parâmetros.

mente desenvolvidos para a classificação de NCa. Para o desenvolvimento destes critérios de descrição, tomou-se por base trabalhos anteriores, realizados também no campo da classificação de regiões em imagens radiológicas [9,10]. Após o término da classificação, o sistema marca os achados NCa, substituindo automaticamente todas as áreas nas imagens originais dos cortes tomográficos que foram classificadas como NCa por marcadores especiais, cada qual com uma cor diferente, o que permite ao usuário uma rápida identificação das áreas classificadas como NCa pelo sistema.

Após o término da classificação de lesões NCa em todos os cortes do volume tomográfico, o sistema inicia uma reconstrução 3D de cada acha-

pais componentes da cabeça do paciente afim de permitir uma visualização melhor da posição e do volume das lesões. Para isso, são reconstruídas as superfícies do crânio e da massa encefálica do paciente, ambos de forma a ser representados como volumes transparentes. As lesões NCa são reconstruídas opacas e posicionadas corretamente no interior da massa encefálica (veja figura 4). Esta reconstrução 3D é gerada através da utilização da linguagem de representação de realidade virtual VRML [10]. Isto permite que as reconstruções 3D resultantes possam ser visualizadas em qualquer browser em um computador comum, evitando a necessidade de se utilizar software ou hardware especiais para esta tarefa. Esta tecnologia também permite que médicos e pesquisadores compartilhem seus dados através da internet de uma forma extremamente simples, o que é muito importante para a disseminação de conhecimento médico nesta área. Para a reconstrução 3D está sendo atualmente utilizado um método de triangulação especialmente desenvolvido para este fim (veja a figura 5). Metodologias de reconstrução 3D baseadas em raycasting e representação volumétrica interna foram descartadas por não serem adequadas para compartilhamento via internet e por necessitarem de software específico para a sua visualização.

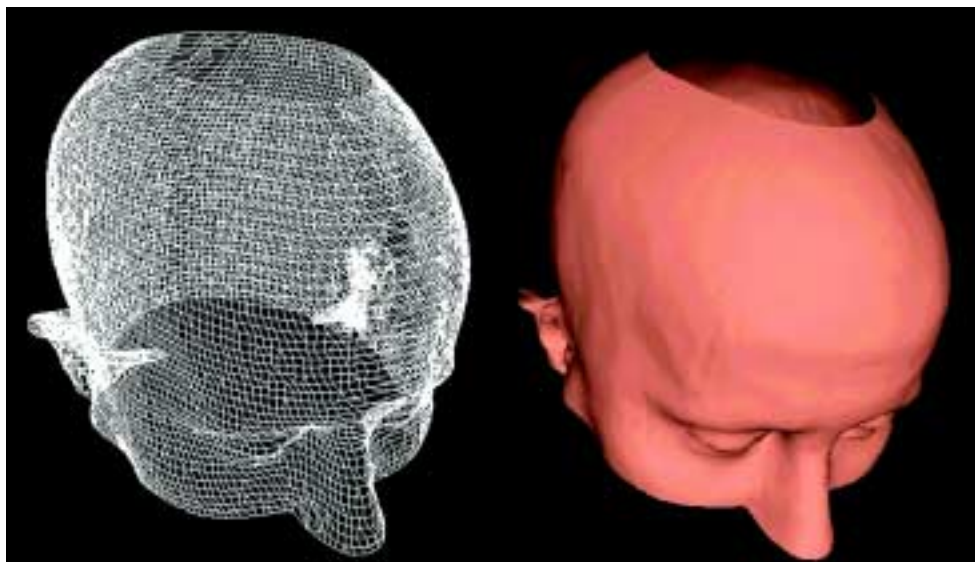


Figura 5: Diferentes passos na reconstrução em 3D do crânio da paciente nº18: Resultado da triangulação da superfície do crânio (esq.) com segmentos supérfluos eliminados e resultados após a geração da superfície final representada aqui de forma opaca (dir.)

Os dados utilizados para a descrição da cada segmento candidato a NCa foram representados como um vetor de padrões consistindo de parâmetros de cada segmento de imagem como (a) valor médio de Unidades de Hounsfield (HU), equivalendo ao tom médio de cinza do segmento, (b) coeficiente de variação de HU, (c) desvio padrão de HU, (d) centro de gravidade do segmento e (e) área do segmento (ambos em coordenadas de tomógrafo), além de alguns parâmetros de forma e textura especial-

do. Para isto, o sistema realiza uma pesquisa através dos cortes utilizando um algoritmo especial que identifica áreas NCa pertencentes à mesma lesão localizadas em cortes adjacentes (veja a figura 3). Na interface de usuário, para visualização 2D, as cores atribuídas às diferentes lesões são modificadas de forma a refletir a identidade de lesões através dos cortes, deixando as mesmas com a mesma cor em todos os cortes.

Como passo final, o sistema realiza uma reconstrução 3D dos princi-

Competência durante a Classificação

Em um primeiro estudo de validação da acurácia do sistema, foram analisadas as discrepâncias na classificação entre resultados da contagem de NCa por três especialistas independentes (dois radiologistas e um neurologista), entre as contagens destes especialistas e os resultados da aplicação do sistema. Para estas comparações, o teste de múltipla variância de ANOVA foi utilizado.

A rede neural, treinada com dados de classificação manual de parte dos pacientes, foi capaz de classificar corretamente 100% dos dados restantes

em todas as áreas NCa-suspeitas e em todos os CT estudados. Calcificações relacionadas a outras etiologias (p.ex. calcificações do plexo coróide) foram também corretamente classificadas como não-NCa pelo sistema, em 100% dos casos.

A reconstrução tridimensional da anatomia dos pacientes e das áreas afetadas também foi efetuada corretamente e de forma estável, em todos os casos. Atualmente o sistema mostra uma reconstrução tridimensional da cabeça do paciente com as lesões NCa-suspeitas indicadas (vide figuras 4 e 5).

O exame da acurácia dos resultados mostrou os seguintes erro médio e erro padrão entre os especialistas: **especialista 1** (2,5 +/- 1,23), **especialista 2** (3,16 +/- 1,41), **especialista 3** (3,22 +/- 1,32) e o **software** (3,3 +/- 11,17). Estes erros foram considerados sem significância estatística, com ($p > 0.9$). Houve discrepâncias entre os especialistas sempre que casos apresentaram 2 ou mais lesões por corte.

Estes resultados foram discutidos com todos os especialistas em uma sessão de feedback. Todos os especialistas aceitaram os resultados do software como os melhores em função de uma melhor correlação realizada entre diferentes achados pertencentes à mesma lesão em cortes tomográficos contíguos.

Este estudo preliminar, realizado com 18 pacientes, demonstrou que o sistema executou uma análise de NCa levemente melhor em comparação com inspeções visuais realizadas por especialistas. Estudos posteriores serão necessários através da utilização de grandes volumes de dados a da comparação entre resultados providos pelo software e achados anatomopatológicos para que se possa validar, de forma definitiva, os resultados até agora obtidos com a classificação automatizada de NCa.

Identificação das Áreas Cerebrais Afetadas pelas Lesões por Neurocisticercos

Para que a detecção e mensuração

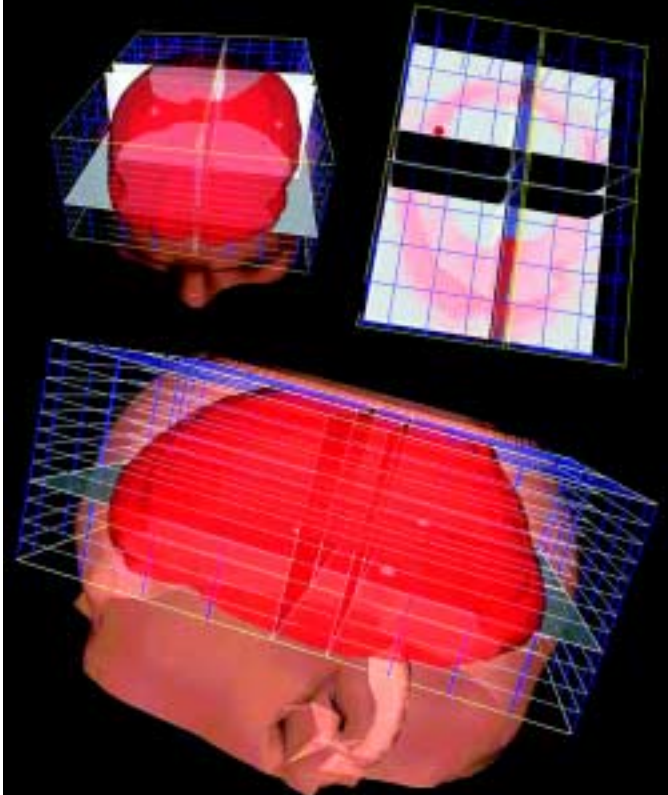


Figura 6: Reconstrução tridimensional do paciente nº11 com o protótipo do Atlas de Thalairach adaptado à cabeça do paciente. As 3 lesões desse paciente são visíveis como esferas e os quadrantes do atlas que ocupam podem ser visualizados com facilidade. Para uma observação mais detalhada, é possível navegar por dentro da reconstrução

automatizada de lesões NCa-associadas seja de real utilidade para a elaboração de estatísticas confiáveis acerca da contribuição da NC na etiologia da epilepsia, é necessário que o sistema seja capaz de fornecer informações acerca da localização das lesões em coordenadas intracranianas e de correlacionar estas lesões com as áreas cerebrais afetadas. Este é um campo onde, atualmente, não existem dados estatísticos confiáveis e é extremamente necessário que se possa coletar grande quantidade de dados correlacionando a posição de lesões NCa, as áreas cerebrais afetadas e os sintomas e a forma de epilepsia apresentada por pacientes epiléticos apresentando achados NCa-associados.

Para isto está sendo desenvolvido um atlas cerebral digital deformável baseado no Atlas de Thalairach, para que se possa realizar a correlação

automatizada de lesões com áreas cerebrais afetadas. Este atlas será adaptado automaticamente à massa encefálica do paciente, sendo os ajustes finais feitos manualmente. O Atlas de Thalairach é um modelo de atlas cerebral simples, que divide o cérebro humano em quadrantes, associando áreas cerebrais a cada quadrante e que devido à sua simplicidade e estrutura volumétrica recursivamente representável, é extremamente indicado para uma implementação computacional. Para o posicionamento do atlas em um cérebro específico são utilizados como landmarks alguns planos básicos da anatomia cerebral, como o Plano CA-CP

[11].

Através da implementação deste atlas, será possível realizar, automaticamente, a localização de cada achado em termos de áreas cerebrais afetadas, permitindo uma correlação automática entre os achados e estas áreas cerebrais e suas funções correlatas. Somente assim, será possível coletar dados estatísticos mais acurados acerca da localização de lesões NCa e de sintomas epiléticos. Uma primeira implementação-protótipo deste atlas, baseada em uma estrutura de octree anisotrópica deformável, que permitirá a adaptação elástica do atlas a um cérebro específico, encontra-se em fase de testes preliminares [12]. Os primeiros resultados da utilização deste enfoque podem ser visualizados na figura 6. Atualmente esta parte da ferramenta de software ainda não foi desenvolvida de uma forma mais simples para o usuário e a adaptação elástica do atlas a um cérebro particular tem de ser realizada, em grande parte, manualmente, passo a passo.

O Software

A ferramenta de software está atualmente sendo refinada para um melhor uso, que permita a sua disseminação no meio médico e acadêmico (vide figura 7). Atualmente o sistema pode ser executado em todas as plataformas, UNIX, Linux e MS Windows,

podendo comunicar-se diretamente, via rede de computadores, com Bancos de Imagens DICOM 3.0 e tomógrafos computadorizados em conformidade com o padrão DICOM 3.0.

Concluindo, foi desenvolvida uma ferramenta de software que reduz erros durante a inspeção visual de NCa, provendo melhores dados quantitativos através da mensuração automatizada dos volumes de lesões NCa [13,14,15]. O sistema também provê dados acerca da posição das lesões. Estes dados posicionais são atualmente providos em termos de coordenadas de CT, espera-se para breve possuir uma versão que possa prover estes dados em termos de coordenadas intracranianas através da utilização de um atlas digital deformável baseado no modelo de Thalairach.

Finalmente, gostaríamos de enfatizar que o sistema desenvolvido discrimina automaticamente entre calcificações intracerebrais NCa-associadas e não-NCa-associadas, além de poder ser utilizado também com TCs provenientes de equipamentos obsoletos; mas, de utilização ainda comum em nosso país e em outros países, onde NC é endêmica e sua prevenção possui grande relevância econômico-médico-social [16]. Esta metodologia é uma ferramenta promissora para que se possa, finalmente, determinar com exatidão o inter-relacionamento entre neurocisticercose e a etiologia da epilepsia e suas manifestações.

Referências

1. Machado LR, Nobrega JP, Barros NG, Livramento JA, Bacheschi LA, Spina-Franca A. Computed tomography in neurocysticercosis: a 10-year long evolution analysis of 100 patients with an appraisal of a new classification. *Arq Neuropsiquiatr* 1990; 48:414-8.
2. Aluja AS, Gonzalez D, Rodriguez Carbajal J, Flisser A. Histological description of tomographic images of *Taenia solium* cysticerci in pig brains. *Clin Imaging* 1989; 13:292-8.



Figura 7: Interface de usuário atual do software que mostra uma seqüência de cortes tomográficos e a imagem piloto com a posição dos cortes

3. Trevisol-Bittencourt P.C., da Silva N.C., Figueredo R. Prevalence of Neurocysticercosis among epileptic in patients in the west of Santa Catarina-southern Brazil. *Arq Neuropsiquiatr*, 1998; 56:53-8.
4. Svetlana A, Yela DA, Gomes AE. Edema Cerebral crônico na Neurocisticercose *Arq Neuropsiquiatr* 1998; 56:369-76.
5. Carpio A., Escobar A. Hauser W.A. Cysticercosis and Epilepsy: a Critical Review. *Epilepsia* 1998; 39:1025-42.
6. v.Wangenheim, A.; Barreto, J. M.; Richter, M. M.; Krechel, D.: *Cyclops* - Expert System Shell for the Development of Applications in the Area of Medical Image Analysis, in: Jähni-chen; Lucena (Eds.): Proceedings of the 4th German-Brazilian Workshop on Information Technology. Edited by: DLR - German International Bureau for the Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology and CNPq - The National Council for Scientific and Technological Development, Porto Alegre/Berlin, 1997.
7. Munford D., Shah J.; Optimal Approximations by Piecewise Smooth Functions and Associated Variational Problems, *Comm. Pure Appl. Math.*, 1989.
8. Rummelhart, D.E., Hinton, D.E., Williams, R.J.: Learning Representati-

ons by Back-Propagation of Errors. *Nature* 323, pp. 533-536, 1986.

9. Krechel, D., Hess, F., Comes, F., v.Wangenheim, A., Blasinger, K.: *Mammalyzer II: A Decision Support System for Early Detection of Breast Cancer in Contrast Enhanced MRI*, in *Bildverarbeitung fuer die Medizin* 1998, Aachen, Germany, Springer Informatik Aktuell, 1998.
10. Marrin, C., Campbell, B.: *VRML 2*. Sams.Net Publishing, Indianapolis, USA, 1997.
11. Krechel D., von Wangenheim, A.; Automatic Registration of MRI Head Volumes in "Automatische Analyse von Tomographie-Daten", Institut für Medizinische Statistik und Epidemiologie der TU München, April, 1996.
12. D. Pedroso, A. von Wangenheim, D. Krechel: Automatic Registration of MRI Head Volumes using an Octree Anatomical Atlas. *CBMS99 - 12th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, Stamford, USA, 1999.
13. E. Comunello, A. von Wangenheim, J.M. Barreto, P.S. Borges, P.R. Wille, P.C. Bittencourt, D. Krechel, K.Faber: CT Scans with Neurocysticercosis in Epileptics Patients: a Computer-Based Method for Detection and Quantification. *CBMS99 - 12th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, Stamford, USA, 1999.
14. K. Faber, D. Krechel, E. Comunello, A. von Wangenheim: A detection and classification system for neurocysticercosis in CT scans using neural networks and computer vision. *CARS99 - Computer Assisted Radiology and Surgery - 13th International Congress and Exhibition*, Paris, France, 1999.
15. Wille PR, Walz R, Comunello E, Bittencourt PCT, von Wangenheim A. A computational method for detection and quantification of intracranial calcifications in epileptic patients due to neurocysticercosis. *Epilepsia (Suppl)*; 1999.
16. Rigatti M, Trevisol-Bittencourt PC. Causas de epilepsia tardia em uma clínica de epilepsia do Estado de Santa Catarina. *Arq Neuropsiquiatr* 1999, 57(3-B):787-792.