

AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO DO GLAUCOMA BASEADO EM MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

J. A. O. Luiz*, M. A. Marques*, R. T. Soares*, G. Botura Jr.* e M. A. de Lemos*

*Engenharia de Controle e Automação/UNESP, Sorocaba, Brasil

e-mail: joaguto92@hotmail.com

Resumo: Este trabalho visa a implementação de um software, utilizando instrumentação virtual – LabVIEW que possibilite, através de técnicas de processamento digital de imagens, processar fotografias do disco óptico e da camada de fibras nervosas com o objetivo de quantificar o glaucoma, identificando e segmentando a imagem em regiões de interesse, analisando a dimensão da escavação do nervo óptico e, conseqüentemente, fornecendo subsídios aos médicos para auxiliá-los no diagnóstico e terapêutica desta patologia, e também no acompanhamento da evolução do tratamento. Resultados preliminares mostram que os algoritmos utilizados estão conduzindo aos objetivos propostos.

Palavras-chave: Glaucoma, Processamento de Imagens, Instrumentação Virtual, Imagens Intraoculares, LabVIEW.

Abstract: This project aims to implement a software using virtual instrumentation - LabVIEW that allows, through techniques of digital image processing, process photographs of the optic disc and nervous fiber layer in order to quantify the glaucoma. The process involves identifying and segmenting the image into regions of interest, analyzing the size of the excavation of the optic nerve and thus providing subsidies to physicians to assist them in the diagnosis and treatment of this pathology, and also in monitoring the progress of treatment. Preliminary results show that the algorithms used are leading to the proposed objectives.

Keywords: Glaucoma, Image Processing, Virtual Instrumentation, Intraocular Images, LabVIEW.

Introdução

O glaucoma é uma neuropatia óptica crônica progressiva, caracterizada por alterações típicas do disco óptico e da camada de fibras nervosas da retina, com repercussões características no campo visual [1]. Ele designa um grupo de afecções oftalmológicas que se caracterizam pela presença de pressão intraocular elevada com ou sem doença degenerativa do nervo óptico. Esta pressão que é a diferença entre a produção e a drenagem do humor aquoso, mantém o tônus do globo ocular, mas pode causar sérios danos ao nervo óptico, destruindo progressiva e irreversivelmente suas fibras nervosas, e quase sempre ela vem acompanhada de alterações típicas na papila óptica e do campo visual.

Algumas alterações semelhantes são, às vezes, encontradas em pacientes cuja pressão intraocular jamais se apresentou alta (glaucoma de pressão baixa) [2], [3], [4]. No glaucoma, a perda de tecido neural leva à mudanças estruturais típicas na aparência do disco óptico e da camada de fibras nervosas durante o exame clínico pela oftalmoscopia ou através do exame de estereofotografias. Entre essas mudanças estão o afilamento progressivo da rima neural e aumento da escavação do disco óptico (Figura 1).

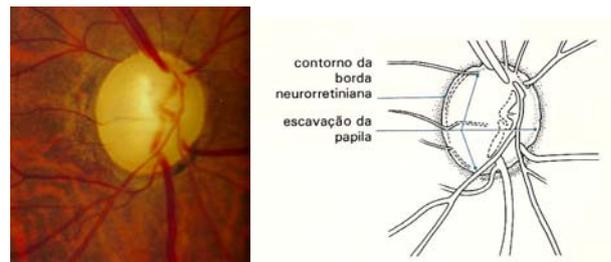


Figura 1: Fotografia de um caso de glaucoma crônico simples avançado do olho direito com o acentuado aumento da escavação da papila [4].

Em Oftalmologia, muitos exames são analisados qualitativamente e não quantitativamente, isso implica em dificuldades para avaliar a progressão ou a regressão de uma doença ou identificar o seu estágio inicial. A avaliação subjetiva de fotografias, de estereofotografias do disco óptico e da camada de fibras nervosas para avaliar e separar olhos normais de olhos glaucomatosos e acompanhar a progressão da doença depende muito da habilidade do médico. Mensurar a escavação do nervo óptico para acompanhar a evolução da doença facilita o diagnóstico e fornece maior precisão. Diante desse panorama, através do emprego de técnicas de processamento digital de imagens nas fotografias do disco óptico e da camada de fibras nervosas, é possível auxiliar o Oftalmologista na detecção, avaliação e seguimento do glaucoma, contornando assim, o problema atual do alto custo dos equipamentos disponíveis até o momento no mercado.

Mensurar a intensidade da doença é importante para o acompanhamento da evolução do tratamento porém, somente com o auxílio de uma câmera fotográfica a identificação é imprecisa. Desta forma, o

desenvolvimento de um programa computacional que permita melhorar a visualização, identificação e quantificação do glaucoma, auxiliará e agilizará o tratamento médico.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um software que através de técnicas de processamento digital de imagens, analisa e processa imagens intraoculares com presença do glaucoma. O software desenvolvido baseado em instrumentação virtual - LabVIEW permite identificar e quantificar a área afetada pela patologia e assim, auxiliar o médico no seu diagnóstico e acompanhamento da evolução do tratamento.

Materiais e Métodos

A área de processamento digital de imagens (PDI) se refere à manipulação de imagens visando a melhoria da sua apresentação, o seu realce ou eliminação de certas características além da extração de informações. Após a aquisição de uma imagem digital, é importante realizar um pré-processamento antes de se aplicar qualquer tipo de técnica de processamento na mesma. A principal função do pré-processamento é melhorar a imagem de forma que após o processamento, os resultados obtidos sejam melhores do que se as imagens originais tivessem sido utilizadas.

Como exemplo, pode ser citada a manipulação dos histogramas das imagens, cujo objetivo do método é se obter um histograma uniforme de uma imagem digital a partir da redistribuição dos valores de intensidade de níveis de cinza dos seus pixels [5].

Neste trabalho, a imagem original é colorida e foi obtida através de uma câmera fotográfica. Assim, foi necessário primeiro transformar a imagem para níveis de cinza (8 bits) para que as técnicas de processamento de imagem pudessem ser utilizadas. Além disso, com essa conversão, é observada uma diferença nos tons de cinza, melhorando o contraste entre as áreas com mais ou menos brilho.

Em seguida, foram utilizadas funções do LabVIEW para implementar algoritmos para realizarem a equalização do histograma de uma imagem e também para ajustarem o brilho e o contraste. Como exemplo, podemos destacar a função *Power X*, onde as regiões de baixa frequência (escuras) e as de alta frequência (claras) da imagem se diferenciam ainda mais para destacar regiões de interesse da imagem.

A seguir, a imagem deve ser segmentada em regiões de interesse. Para isso, podem ser utilizados vários métodos tais como encontrar fronteiras entre as regiões baseadas nas descontinuidades de intensidade, fazer a limiarização de acordo com propriedades de distribuição dos pixels (como intensidade ou cor) e ainda utilizar técnicas baseadas diretamente na descoberta das regiões, como o crescimento de regiões a partir de pixels sementes [5]. Métodos híbridos para a segmentação de imagem também são utilizados. Estes métodos empregam diversos procedimentos e

ferramentas de PDI em conjunto para se chegar ao resultado esperado [6].

Métodos para remoção de objetos foram implementados para segmentar a imagem em regiões de interesse e depois, funções do LabVIEW foram utilizadas para realizar a quantificação da patologia (glaucoma) que foi expressa em termos do número de pixels, ou seja, através do número de partículas detectadas em uma imagem binária. Este resultado foi obtido através da utilização da técnica de quantificação de área em imagens no formato binário.

O software desenvolvido - Para o desenvolvimento e implementação do programa, foi utilizado o software LabVIEW e os métodos de processamento de imagem implementados através de funções do *toolkit National Instruments Vision Development Module (NI Vision)* [7].

Foi elaborada uma interface gráfica com o usuário, o que permite selecionar uma imagem intraocular obtida através de uma câmera fotográfica e com diagnóstico de glaucoma.

Inicialmente, a imagem é transformada em tons de cinza (8 bits) pois, todo o processamento do software é feito com imagens em escala de cinzas. Em seguida, foram realizadas conversões na imagem para realçar as diferenças de tonalidade e com isso, facilitar e auxiliar a visualização da área comprometida pelo Oftalmologista.

Posteriormente, filtros foram usados para eliminar ruídos e melhorar o contraste da imagem. Assim, as regiões de baixa frequência (escuras) e as de alta frequência (claras) foram realçadas para destacar regiões de interesse da imagem, facilitando a visualização da área afetada pelo glaucoma.

Após a aplicação desses filtros, foi utilizada uma técnica de limiarização chamada *Threshold Clustering* onde as regiões que possuem intensidade característica da patologia são isoladas do restante da imagem para uma posterior quantificação. Filtros de remoção de objetos de borda e de objetos com área específica foram aplicados para retirar possíveis ruídos da imagem devido ao *flash* da câmera na hora da obtenção da mesma, ou seja, caso estes filtros não fossem utilizados, alguns ruídos da imagem poderiam ser, posteriormente, quantificados como glaucoma.

Por fim, a quantificação da patologia foi realizada, e sua área, expressa em pixels, mostrada próxima à região afetada pelo glaucoma, facilitando a visualização pelo Especialista.

Todas as técnicas foram implementadas para eliminar ruídos da imagem e auxiliar o médico na visualização do glaucoma. Por outro lado, no caso delas não serem utilizadas, poderiam comprometer a quantificação do glaucoma.

Resultados

A partir de fotografias do disco óptico e da camada de fibras nervosas capturadas pelo Oftalmologista, técnicas de pré-processamento como a equalização de histograma e ajuste nos níveis de cinza de uma imagem

foram aplicadas nas imagens a fim de melhorar a identificação e a visualização da patologia.

As Figuras 2(a) e (b), apresentam, respectivamente, a imagem original e após o pré-processamento, onde a imagem foi convertida para escala de cinzas (8 bits).

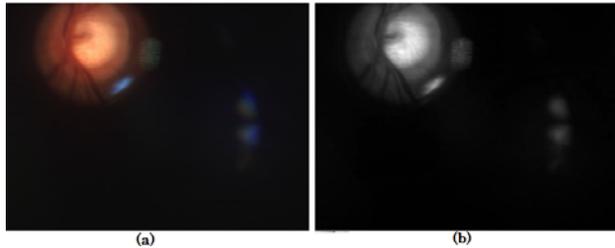


Figura 2: (a) Imagem original e (b) imagem convertida para escala de cinzas.

Após esta primeira etapa de pré-processamento, técnicas de ajuste nos níveis de cinza das imagens foram utilizadas e o resultado final pode ser visto na Figura 3, onde a região de interesse da imagem (ROI) está destacada.

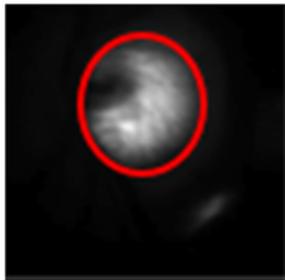


Figura 3: ROI da área afetada pela patologia após a utilização de técnicas de realce da imagem.

A Figura 4 mostra o resultado da aplicação de técnicas para eliminar ruídos e para segmentar a imagem em regiões de interesse.



Figura 4: Eliminação de ruídos e segmentação da imagem.

A quantificação da patologia representada através da quantidade de pixels presentes na área afetada pelo glaucoma é mostrada na figura 5.



Figura 5: Quantificação da área afetada pela patologia.

Todas as técnicas implementadas foram testadas nas imagens do acervo médico com diagnóstico de glaucoma e os resultados obtidos, avaliados pelo Oftalmologista que acompanhou o desenvolvimento de todo o software.

Já a Figura 6, mostra a interface gráfica com o usuário que foi implementada para ser intuitiva e de fácil compreensão e utilização pelo Especialista, onde é apresentada a imagem original, a imagem após o pré-processamento e a aplicação dos filtros para melhorar a visualização da patologia e por fim, a imagem quantificada.

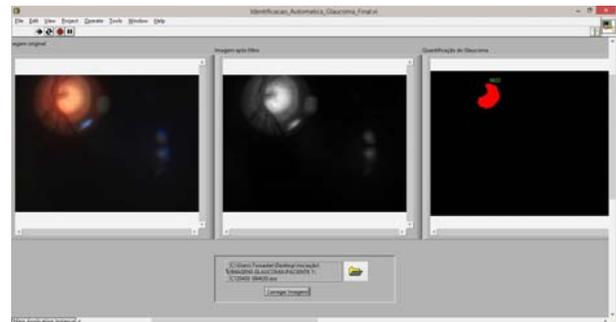


Figura 6: Interface do programa com o usuário, onde são exibidos os resultados da análise da imagem.

Discussão

Analisando a Figura 3, observa-se uma melhora no contraste da imagem, realçando as características do glaucoma, contribuindo assim, para a visualização e identificação da patologia.

Já a Figura 4, mostra a importância de se utilizar técnicas para eliminar ruídos e segmentar a imagem em regiões de interesse. Analisando esta imagem, pode-se observar que os “ruídos” presentes na imagem e que foram causados pela iluminação (*flash* da câmera fotográfica) no momento da aquisição da imagem foram eliminados.

A imagem da Figura 5 apresenta o resultado final da quantificação da patologia com o valor que representa a quantidade de pixels presentes na área afetada pelo glaucoma. De acordo com o Oftalmologista, este método foi considerado satisfatório para representar a quantificação do glaucoma.

Para validar os métodos implementados no programa, foram testadas e analisadas pelo Oftalmologista diversas imagens de vários pacientes com diagnóstico de glaucoma. De acordo com o Especialista, os métodos implementados auxiliam na

visualização do glaucoma e em todos os casos, a área afetada foi quantificada de forma satisfatória e precisa, mesmo para imagens que apresentaram “ruídos”.

[7] Klinger, T. Image processing with LabVIEW and IMAQ Vision. New Jersey: Prentice Hall; 2003.

Conclusão

O programa desenvolvido foi utilizado e testado em imagens de vários pacientes e cuja patologia se encontrava em diferentes estágios. As imagens foram analisadas pelo Oftalmologista que está colaborando com a pesquisa e mostram que os resultados são satisfatórios, pois houve melhora na visualização, na identificação e na quantificação do glaucoma. Pode-se concluir que a segmentação da região de interesse e a quantificação da patologia indicam que os métodos de processamento de imagem utilizados estão conduzindo a bons resultados.

Com a melhoria na visualização e identificação do glaucoma nas imagens, foi possível identificar casos de pacientes com regiões pouco afetadas pela patologia, possibilitando um auxílio ao diagnóstico da doença. O desenvolvimento de uma interface “amigável” foi implementada com sucesso e tornou o programa mais fácil de ser manuseado pelo Especialista. Assim, conclui-se que o software desenvolvido mostrou ser uma ótima ferramenta para identificação, visualização, análise e quantificação do glaucoma.

Novas técnicas para quantificar o glaucoma em termos de área (mm²) serão estudadas e implementadas a fim de se obter uma medida mais clara para o Oftalmologista. Fotos sequenciais de um mesmo paciente adquiridas em várias etapas do tratamento médico também estão sendo analisadas para permitir o seguimento da evolução do tratamento. Além disso, métodos automáticos para eliminar os “ruídos” da imagem também serão estudados e implementados futuramente.

Agradecimento

À UNESP pelo apoio financeiro através do programa RENOVE/PROPe-UNESP.

Referências

- [1] Review of Ophthalmol. 1999; VI(6):86-99.
- [2] Mello, PAA, Mandia JRC. 2º Consenso brasileiro de glaucoma primário de ângulo aberto. São Paulo: PlanMark; 2005.
- [3] Weinreb, RN, Khaw, PT. Primary open-angle glaucoma. Lancet 2004; 363(9422):1711-20.
- [4] Spalton, DJ, Hitchings, RA, Hunter, PA. Atlas de clínica oftalmológica. São Paulo: Editora Manole Ltda; 1992.
- [5] Gonzalez, RC, Woods, RE. Processamento de imagens digitais. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda; 2000.
- [6] Shiu, FY. Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques. New Jersey: IEEE Press; 2010.