

SOFTWARE ESPECIALISTA APLICATIVO COM REDE LÓGICA DE DECISÕES PARA LABORATÓRIOS DE HEMODINÂMICA E ANGIOCARDIOLOGIA

MAURO RÉGIS S. MOURA, MARCO ANDRÉ LUCCHESI
Porto Alegre, RS

Um laboratório de Hemodinâmica apresenta um marcante ambiente de contraste de tecnologias. De um lado, a sala de exames com equipamentos sofisticados e constantemente aprimorados. De outro, a sala de interpretação, onde se aplicam os seguintes métodos: 1) laudo manuscrito; dactilografia com várias cópias; correção e assinatura do laudo, arquivamento; 2) laudo manuscrito; digitação em computador; impressão; correção e assinatura do laudo; cópia em disquete; arquivamento do disquete; arquivamento do laudo; 3) laudo por dicionário (cada número significa uma frase ou palavra); digitação; impressão; correção e assinatura; cópia em disquete; arquivamento do disquete; arquivamento do laudo; 4) laudo por preenchimento de fichas correspondentes às telas do programa; digitação; impressão; correção e assinatura; cópia em disquete; arquivamento do disquete; arquivamento do laudo; 5) laudo digitado, gravado em fita.

Em todos, três constantes estão presentes em maior ou menor extensão: grande perda de tempo do médico hemodinamicista; dificuldade de levantamento de dados para fins científicos; heterogeneidade de critérios nos itens 1 e 2.

Entendendo como inexorável o avanço e a aplicação de sistemas computadorizados dentro da área médica^{1,2}, voltamos nossa atenção a este ambiente, partindo das seguintes constatações: 1) os dados de pressão, oximétricos, de fluxos e outros dados numéricos, são passíveis de serem interpretados frente a tabelas e cálculos já universalmente aceitos; 2) os dados cineangiográficos, sofrem uma interpretação prévia do hemodinamicista tanto no diagnóstico, quanto na quantificação; 3) a linguagem utilizada caracteriza uma sublinguagem por ser técnica, e essencialmente a mesma, podendo sofrer padroni-

zação³; 4) a definição da conduta para um caso, usualmente não é baseada no laudo, mas sim na discussão do caso frente aos achados cineangiográficos; 5) a uniformização de critérios da equipe do Laboratório de Hemodinâmica é ponto almejado de qualificação.

Partimos então, para a organização de um sistema computacional específico com extensa base de conhecimento que abrangesse todos os dados passíveis de obtenção num laboratório de Hemodinâmica. Eles foram entrelaçados dentro de uma rede de lógica Booleana (se isto, então aquilo), Bayesiana (fichas de entrada de dados específicas para isquêmicos, reumáticos, congênitos etc.) e de álgebra ternária (fator presente, ausente ou desconhecido)¹ que permite conclusões emitidas pelo próprio programa, quando solicitados. Mas que também admitisse a contestação do hemodinamicista e sua intervenção definitiva sobre o laudo final.

O fato de ser um Sistema de Apoio à Decisão é irrelevante, numa área que conta com profissionais do mais alto gabarito e especialização. A perspectiva de ser um sistema aplicável na Educação Médica, também não é o objetivo principal. Os objetivos primários prendem-se a: valorização do trabalho do hemodinamicista pela possibilidade de armazenamento de todos os dados obtidos num estudo hemodinâmico, através da uniformização de critérios, da facilidade de levantamentos estatísticos destes dados, e da rapidez na emissão de laudos, permitindo uma troca vantajosa de tempo perdido dentro dos tradicionais sistemas citados acima por tempo ganho, para fins de estudo e pesquisa dentro do próprio sistema, ao se utilizar o módulo de estatística.

VEJA COMENTÁRIO EDITORIAL
PÁGINA 359

Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul Fundação Universitária de Cardiologia, Porto Alegre

Correspondência: Mauro Régis S. Moura—Instituto de Cardiologia do RS—Av. Princesa Isabel, 395—90000—Porto Alegre, RS

utilizado em computadores IBM PC compatíveis com no mínimo 640 Kb e um disco rígido de 29 Mb, o sistema é estruturado na linguagem "Clipper versão Summer 87". Tem, igualmente, configuração para ser utilizado em PC AT. Contém cerca de 20000 linhas de programação gerenciadas por 90 sub-programas. Destina-se a ser utilizado dentro da sala de interpretação de Laboratórios de Hemodinâmica, preferencialmente pelo próprio hemodinamicista, ou então por um operador.

A base de conhecimento parte de um único médico especialista que se utiliza de conceitos universais^{5,9}, organizados com intuito de atingir as seguintes metas: 1) uniformização de critérios de interpretação tanto hemodinâmicos quanto cineangiográficos; 2) agilidade de interpretação e emissão de laudos; 3) banco de dados abrangendo mais de 1000 itens constantes das opções de entrada de dados; 4) banco de dados das 228 conclusões que o próprio sistema emite; 5) conclusões oriundas de um processador ou gerador de inferência que se utiliza de métodos heurísticos; 6) interface de entrada e saída comunicando-se com o usuário em linguagem técnica habitual; 7) módulo de estatística simplex, propiciando levantamentos de somatórios e percentuais sobre expressões lógicas contendo quaisquer combinações de todos os elementos da entrada de dados e das conclusões. Permite ainda obtenção de somatória, média e desvio-padrão de diversos valores numéricos relevantes, medidos e calculados para o subconjunto definido anteriormente; 8) otimização da utilização do espaço em disco, já que o laudo gerado não é armazenado, uma vez que o sistema pode recriá-lo novamente em qualquer momento a partir dos dados de entrada que são armazenados; 9) cadastros de pacientes, médico assistente e médico hemodinamicista; 10) possibilidade de utilização simultânea pela secretaria do serviço no agendamento de exames.

O quadro I mostra em síntese cada ficha, seus dados numéricos ou qualitativos, e, em termos gerais, as conclusões que dela se originam.

A emissão de laudos e entrada de dados obedece a um projeto simplificado e a outro complexo. Como cerca de 80% dos exames visam o diagnóstico de doença isquêmica, aplicam-se telas de entrada de dados específicos e simplificadas. Já entrada de dados mais abrangente, aplicável tanto a pacientes valvulares, quanto a congênitos, permite toda espécie de medidas e cálculos. A emissão do laudo é coerente com a condição.

Em uma tela principal (quadro II), situam-se as fichas, abrangendo desde dados gerais do paciente, seu cadastro, cadastro dos médicos assistentes e hemodinamicista, além do número do exame. Um submenu no rodapé permite opções de incluir exame, remover exame, deslocar-se entre os diversos exames e escolher o exame que se quer trabalhar, entre outros.

A utilização das fichas é demonstrável pela frequência de distribuição de exames, dentro do Laboratório de Hemodinâmica. O quadro III permite-nos observar mais os itens mais frequentemente avaliados dentro dos estudos hemodinâmicos realizados no Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul. Foram lançados 56 laudos aleatórios dentro do sistema.

Encontramos a grande maioria (85%) dentre aqueles pacientes estudados com a finalidade de avaliar as coronárias e função ventricular, sendo obrigatória a menção de parâmetros relativos à dinâmica valvar aórtica e mitral. Em segundo lugar, 14,2% dos exames foram executados para estudo de cardiopatias congênitas, agrupadas como simples (um único defeito) ou complexa (associação de defeitos).

Ao se incluir um exame, o sistema abre uma série de arquivos essenciais como dados gerais, identificação do paciente e arquivos referentes aos procedimentos nele executados, propiciando assim maior rapidez, e especificação. Cada ficha é constituída por variável número de telas, ao todo, 268. O deslocamento dentro destas é facilitado por submenus. Seu preenchimento é rápido, por asteriscos, assinalando os dados qualitativos pertinentes (quadro IV) ou ao se digitar os números (p. ex. estenoses). Trinta e sete telas são operacionadas e 231 constam do módulo de conclusões.

Temos 2 fichas de cateterismo. A 1ª resumida (CtC) consta de uma tela onde se encontram os dados de pressão usualmente obtidos de um paciente submetido a coronariografia. A vantagem é a rapidez do preenchimento dos dados. A 2ª completa (CtC) consta de 2 telas com a mais ampla possibilidade de se assinalar dados numéricos. O sistema calcula débitos, fluxos, gradientes e outros valores, na medida que recebe as informações.

A ventriculografia (VE) consta de 3 telas, a 1ª delas demonstrada no quadro IV, todas com termos qualitativos para a descrição. O único termo numérico-fração de ejeção é lançado junto com os dados de cateterismo.

Os exames sobre valvulas (VAL) e sobre prótese (Pro) constam de 1 tela cada, também com

dados qualitativos usualmente empregados na sua descrição. Os dados pertinentes às pressões constam na ficha de cateterismo.

A ficha de exame de coronariografia (Cor) apresentou, face à diversidade de opções, muitas dificuldades para sua organização. Optamos pela divisão segmentar e numeral proposta pelo CASS¹⁰, permitindo perfeita localização dos achados (estenoses, places ulceradas, ponte miocárdica, recanalização, espasmo, circulação colateral e outros). O resultado distribui-se por 11 telas, contendo todas as opções possíveis.

Há ainda a ficha de aortografia (Ao) (3 telas) e a de cineangiocardiografia (Cine) (6 telas). Nesta, obedece-se à metodologia da abordagem seqüencial.

A parte de procedimento do sistema, onde se encontram os dados de operação interna e que propicia o intercâmbio entre a base de conhecimentos e a interface de entrada e saída, é o gerador de inferência.

Sua atuação sobre a base de conhecimento, gera a última ficha do menu, chamada de conclusões (Conc). Esta consta de 3 telas onde são apresentados os resultados numéricos e interpretativos de diversos cálculos feitos pelo sistema; 228 telas que apresentam as conclusões possíveis e as justificativas do sistema para chegar ou não até elas, tendo como característica comum a necessidade de serem abrangentes, gerais e menos específicas do que a descrição do laudo.

Cada conclusão detém seus parâmetros angiográficos ou numéricos conectados entre si segundo um processo heurístico e de acordo com a lógica Booleana e Bayesiana.

O módulo de conclusões: 1) lida com as informações fornecidas; 2) analisa dados numéricos calculados, superfície corporal, débito cardíaco, fluxo sistêmico, fluxo pulmonar, resistências e gradientes; confronta com valores padrão e agrupa em intervalos de classe; 3) dados numéricos integrados, com qualitativos; 4) base de conhecimento de um médico hemodinamicista; 5) média de conhecimento de 7 médicos hemodinamicistas. A média de conhecimento foi estabelecida da seguinte forma: 1) um especialista enumerou as conclusões possíveis; 2) para cada conclusão, o especialista estabeleceu todos os fatores capazes de a influenciar; 3) uma ou mais combinações de fatores capazes de levar àquela conclusão foram especificadas. Assim formamos a base de conhecimento inicial; 4) a lista das conclusões e dos fatores a considerar em cada uma delas foi enviada a 7 especialistas; 5) foi solici-

tado que cada um deles, separadamente, atribuisse um peso a cada fator para cada conclusão de acordo com a seguinte escala: peso 5 para o fator muito importante; peso 4 para o importante; peso 3 para o de média importância; peso 2 para o de baixa importância; peso 1 para o de nenhuma importância; 6) estipulou-se, segundo conceitos de álgebra ternária, os seguintes simbolismos: X para o(s) fator(es) com peso > 4; ? peso > 2; - peso até 2; 7) sobre a base inicial de conhecimento foram acrescentadas as opiniões dos demais especialistas; 8) por este processo Bayesiano, chegou-se a uma ou mais "máscaras" de elementos lógicos, ternários para cada conclusão. Neste sentido "X" significa um fator "sim, verdadeiro"; "?" "Não conhecido ou não informado", "-" "não, falso".

Desta forma para o diagnóstico de VE normal, existem os seguintes fatores:

	Máscaras	
1. Volume VE normal	X	X
2. Resíduo sistólico VE normal	X	X
3. Contratilidade das paredes VE normal	X	X
4. pd2 VE < 14	X	?
5. fração de ejeção > 60%	X	X
6. Débito cardíaco 2,7 a 4,3	?	?
7. P sistVE ³ 90mmHg	X	X
8. P média CP ou AE \leq 14 mmHg	?	X

Além disso, admite-se que o sistema utilize-se das informações que gera por si próprio. Por exemplo: conclui por estenose valvular aórtica, mas só emite esta conclusão se a conclusão insuficiência aórtica não existir. Se sim, preenche os critérios para emitir a conclusão, dupla lesão aórtica e inibe as outras duas (EAo e IAo).

Em maio de 1989 iniciamos a checagem do gerador de inferência através da introdução no sistema dos primeiros 56 laudos aleatórios oriundos do Instituto de Cardiologia do RS. Cada parâmetro foi analisado segundo concordância ou discordância do laudo emitido pelo ARGUS tendo o laudo original como "padrão". Encontramos elevado perceptual de concordância dentro das conclusões referentes às coronárias (c = 96%). Menor na ventriculografia (69%), o que se devia ao grande número de fatores envolvidos na conclusão de disfunções ventriculares. Planos valvulares são freqüentemente analisados neste grupo (isquêmico), daí o elevado grau de concordância (96%). No grupo submetido à angiografia também a concordância foi baixa apesar de o número de pacientes estudados ter sido pequeno (n = 8).

QUADRO I—Organização geral do ARGUS			
	Qualitativos	Numéricos	Conclusões
Dados Numéricos	—	Cat Resumido Cat Completo	Dependente dos Dados Fornecidos
Ventriculografia E	Descrição	FE	VE Normal Disfunção D, M, S
Válvulas	Descrição	—	Normal Disfunções
Próteses	Descrição	—	Competente Disfunções
Coronariografia	Descrição	Estenoses Cass	Coronárias normais Aterom. Coron. não Sign. Aterom. Coron. Sign.
Aortografia	Descrição	—	Ao Normal Ruptura/Dissecção
Cineangiografia	Descrição	—	Aneurisma Abordagem Sequencial Conceitos Universais

FE = Fração de ejeção D = Discreta; M = Moderada; S = Severa

QUADRO II—Menu principal														
ARGUS 89.1 Nome do usuário			001			Seleciona exame								
Todos os exames														
Exame	Data	Pacien	CRMHem	CRMmass	CtR	CtC	VE	Val	Pro	Cor	Ao	Cine	Trt	Conc
000001	01/01/1989	000001	5009	5009	*		*			*				*
000002	02/02/1989	000002	5009	5009		*						*		*
F1 > help F3 > nova visão F5 > inclui exam F9 > exam ant ALT F9 > pag ant														
F2 > escolhe exame F6 > remove exam F10 > exam seg Alt F10 > pag sea Esc > encerra														

CtR = Cateterismo resumido; CtC = Cateterismo completo; VE = Ventriculografia esquerda; Val = Válvulas; Pro = Prótese; Cor = Coronariografia; Ao = Aortografia; Cine = Cineangiocardiografia; Trt = Tratamento; Conc = Conclusões; * = fichas utilizadas em cada exame.

QUADRO III—Parâmetros avaliados em 56 exames no Instituto de Cardiologia do RS									
	Angiocardio							Hipert	
	VE	Coron	Valv	ProtValv	Simpl	Compl	Revasc	Arter	
	f	49	48	49	01	03	05	01	
01									
fr	87.5%	85.7%	87.5%	1.7%	5.3%	8.9%	1.7%	1.7%	

VE = Ventriculografia esquerda; Coron = Coronariografia; Val = Válvulas
Prot Valv = Próteses valvulares; Simpl = Simples; Compl = Complexas; Revasc = Revascularização Hiper. Arter. = Hipertensão arterial.

Considerando estes resultados insatisfatórios para as metas pretendidas, trabalhamos passo a passo dentro da rede heurística, e aprimorando os pesos dos fatores. Também nos utilizamos de amostras seletivas, introduzindo, por exemplo, exclusivamente resultados de exames de cardiopatias congênitas (65 casos), prótese valvulares (13 casos) e de pacientes revascularizados (7 casos). Considerando a distribuição de frequências do quadro III, por extrapolação, podemos afirmar que este número de casos de congênitos seria encontrado em uma amostra-

gem de 433 exames naquele laboratório; os 13 valvulares em 764 exames; os 7 revascularizados em 411.

Em dezembro de 1989, reiniciamos as conclusões dos laudos. Temos no quadro V os resultados de um total de 176 laudos.

Temos um elevado grau de concordância com os laudos originais o que significa que a intervenção pessoal do hemodinamicista é pouco necessária poupando-lhe tempo.

Pode-se deduzir que, ao desconhecer completamente os parâmetros do sistema, o hemodi-

QUADRO IV—1ª Tela de Ventriculografia Esquerda					
ARGUS 89.1 Nome do usuário	001	Ventriculografia	Tela 1/3		
Exame: 000002	Data: 02/02/1989	Paciente:			
O VE é ou está com:					
Volume		Normal	Aum. discret.	Aun. moderad.	Aun. sever.
Resíduo sistólico		Normal	Aum. discret.	Aun. moderad.	Aun. sever.
Contratilidade das paredes comprometidas		Normal	Pouco comprometida	Moderadamente comprometida	Severamente
Hipertrofia		Não há	Discreta	Moderada	Severa
Morfologia de hipertrofia concêntrica		Não há	Discreta	Moderada	Severa
Hipertrofia de via de saída de VE		Não há	Obstrutiva	Não obstrut.	
Trombo intracavit.		Não há	Presença		
Hipocinesia difusa		Não há	Discreta	Moderada	Severa
F1 > help	F3 > remove	F5 > ins	F7 > cursor esq.	F9 > ant Alf	F9 > tela ant
F2 > grave	F4 > submenu	F6 > del	F8 > cursor dir	F10 > seg Alf	F10 > tela seg Esc. > canela

QUADRO V—Concordância e discordância dentro de cada parâmetro dos 176 laudos finais																
	VE	%	Cor	%	Val	%	Prot%	Angiocardiografia		Rev	%	Has	%			
								S	%	C	%					
n	108	100	109	100	107	100	13	100	20	100	45	100	07	100	02	100
C	100	92	107	98	103	96	11	85	19	95	39	86	07	100	02	100
D	08	08	2	02	04	04	02	15	01	05	06	14	0	0	0	0

C = Concorda; D = Discorda;
VE = Ventriculografia esquerda; Cor = Coronárias; Val = Válvulas; Prot = Próteses; S = Simples; C = Complexo; Rev = Revascularização
Has = Hipertensão arterial sistêmica

QUADRO VI—Análise das discordâncias						
	VE	Cor	Valv	Angiocardiografia		
				Prot	S	C
Falha do sistema	05	—	02	01	01	03
Falta de informações	03	02	02	02	—	03

VE = Ventriculografia esquerda; Cor = Coronárias; Val = Válvulas; Prot = Próteses; S = Simples; C = Complexo.

namicionista seria obrigado, considerando a extrapolação da amostra, a intervir em 6,3% (8/126) da avaliação de VE; em 1,6 (7/433) dos congênitos; em 1,6% (2/127) das coronárias; em 3,3% (4/122) das válvulas; em 0,26% (2/764) dos laudos com apreciação de próteses; e (considerando-se a pequena amostragem), em nenhum dos laudos referentes à revascularização (Rev) e à hipertensão arterial (HAS). As discordâncias poderiam ser diminuídas caso as informações fossem mais adequadas (quadro VI).

Um dos aspectos de importância no sucesso de um sistema especialista, é a escolha do domínio de aplicação. Domínios muito amplos e pouco estruturados, impõem maiores dificuldades na elaboração da base de conhecimento¹¹⁻¹². Apesar do domínio ser amplo dentro da hemodinâmica e angiocardigrafia, é muito estruturado, com critérios e parâmetros muito bem definidos.

O sistema ARGUS atinge 3 características dos sistemas especialistas: 1) emprega processos bastantes plausíveis e inferência de dedução lógica; 2) explica e justifica as conclusões a que chegou; 3) comunica-se de forma inteligível com médicos especialistas. Desta forma suplanta os problemas já descritos de interface homem-máquina, que dificulta o acesso do médico ao computador¹³.

Apesar de que não “aprende” com o uso nem “adquire” novos conhecimentos, pode ser considerado inteligente na medida em que simula a função lógica do raciocínio do especialista e pode ser sua inteligência expandida pela adição de novos modelos associativos.

Trata-se de um projeto inédito, já em operação, com alta eficiência e que é enquadrado como um Sistema de Apoio à Decisão ou mesmo de Aplicação no Ensino Médico. Seu grande objetivo é o Banco de Dados de Laboratórios de Hemodinâmica e Angiocardiografia, podendo ser manuseado pelo próprio médico ou então por um operador.

Assim, ao se lançar 50 laudos diariamente e, sabendo-se que se ocupa, em média, 2,5kb por laudo, levar-se-á um ano para se preencher um disco rígido de 30 Mb. O subsistema ARGCOP permite que se copie ou tranfira do “winchester”

para os disquetes e vice-versa propiciando reutilização da memória do primeiro.

Os autores consideram o ARGUS um sistema poderoso que necessita toda a memória disponível do hardware (mínimo de 640 Kb), exclusivamente para sua utilização e concluem pela importância de seu emprego na sala de interpretação de um Laboratório de Hemodinâmica já que se mostra importante instrumento de auxílio e valorização do trabalho do médico, propiciando seu melhor aproveitamento em estudo e pesquisa e favorecendo a realização de inúmeros trabalhos científicos sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

1. Barnett GO—The computer and clinical judgement (editorial). *N Engl J Med*, 1982; 307: 493-4.
2. Ziporyn T—Computer-assisted medical decision making: interest growing. *Jama*, 1982; 248: 913-8.
3. Sager N—Computer processing of narrative information. In: Sager, Friedman, Lager—*Medical Language Processing*. New York, Addison-Wesley, 1987; 3.
4. Salomon R—Medical decision making. In: *Anais do Seminário de Informática em Saúde*. Porto Alegre, 1987; 35.
5. Aloian LA—*Hemodinâmica e Angiocardiografia*, Rio de Janeiro, Atheneu, 1982; 3.
6. Barbosa F□ J—*Interpretação e Atlas de Hemodinâmica*, Rio de Janeiro, Cultura Médica, 1983; 1.
7. Grossman W—*Cardiac Catheterization and Angiography 3rd Ed*. Philadelphia, Lea/Febriger, 1986.
8. Abrams HL—*Coronary Arteriography 1st ed* Boston, Little Brown, 1983; 1.
9. Freedom R, Culham J, Mose CAF—*Angiocardiography of congenital heart disease*. New York, MacMillan, 1984.
10. Kennedy JW, Kaiser GC, Fisher LD et al—Clinical and angiographic predictors of operative mortality from the collaborative study in coronary artery surgery (CASS). *Circulation* 1981; 63: 793-802.
11. Leão BF, Rocha AF, Lucchese FA—Aspectos metodológicos na aquisição do conhecimento médico. In: *Anais do Seminário de Informática em Saúde*. Porto Alegre, 1987.
12. Miller RA, Pople HE, Myers JD—Internist-I, an experimental computer based diagnostic consultant for general internal medicine. *N Engl J Med*, 1982; 307: 468-76.
13. Leão BF, Lucchese FA, Rocha AF—Apoio à decisão em medicina. *Arq Bras Cardiol*, 1989; 52: 239-41.