

## Avaliação após Implante de Stent Intracoronário. Ultra-Som Intravascular versus Angiografia Quantitativa

Luiz Carlos Bodanese, Emerson Carvalho Perin, Carlos A. M. Gottschall

Porto Alegre, RS

**Objetivo** - Avaliar os diâmetros residuais mínimos proximal e distal após implante da prótese intracoronária (*stent*) determinados pela angiografia quantitativa digital e pela ultra-sonografia intravascular.

**Métodos** - Foram estudados 20 portadores de aterosclerose coronária, com idades entre 40 e 77 ( $56,7\pm 10$ ) anos, sendo 13 (65%) homens. Os pacientes que apresentavam lesão aterosclerótica obstrutiva excêntrica  $\geq 70\%$  no terço proximal da artéria descendente anterior, artéria circunflexa ou artéria coronária direita foram submetidos a implante de *stent* para o tratamento da obstrução vascular.

**Resultados** - As medidas do diâmetro mínimo residual proximal pela angiografia digital foi  $3,32\pm 0,33\text{mm}$  e pela ultra-sonografia,  $3,08\pm 0,31\text{mm}$ , e diâmetros distais pela angiografia digital  $3,33\pm 0,37\text{mm}$  e pela ultra-sonografia  $3,05\pm 0,39\text{mm}$ , portanto, sempre menores as determinações feitas pelo método que utilizou o ultra-som ( $p < 0,05$ ). Existe correlação linear significativa entre as medidas obtidas pela angiografia e ultra-sonografia para o diâmetro proximal ( $r = 0,92$ ;  $p < 0,0001$ ) e diâmetro distal ( $r = 0,91$ ;  $p < 0,0001$ ). O coeficiente de determinação para o diâmetro proximal foi de 84% e o distal de 87%. Assim, os diâmetros proximais têm variação de 16% e os distais de 13% entre os métodos de medida utilizados.

**Conclusão** - As determinações feitas pelos dois métodos correlacionaram-se adequadamente. Os métodos de avaliação foram interdependentes, determinando com semelhante precisão os diâmetros intracoronários da maioria absoluta dos casos estudados. O ultra-som é um recurso técnico seguro e exequível para complementar a avaliação intravascular, tendo a potencialidade de contribuir para a análise direta no interior da estrutura vascular imediatamente após o implante de *stent* intracoronário.

**Palavras-chave:** angiografia quantitativa, ultra-som intravascular, *stent*

### Assessment of Post-intracoronary Stent Implant. Intravascular Ultrasound versus Quantitative Angiography

**Purpose** - To verify the minimal proximal and distal residual diameters by quantitative digital angiography and intravascular ultrasound, after the implantation of the intracoronary prosthesis.

**Methods** - We studied twenty patients with coronary atherosclerosis, ages ranging from 40 to 77 ( $56.7\pm 10$ ) years, 13 (65%) were male. Patients with eccentric obstructive atherosclerotic lesions of 70% or more in the proximal third of the anterior descending, circumflex, or right coronary arteries received a *stent* implant as treatment for the obstruction.

**Results** - The mean proximal minimal residual diameters assessed by digital angiography were  $3.32\pm 0.33\text{mm}$  and by ultrasound  $3.08\pm 0.31\text{mm}$  ( $p < 0.05$ ); the distal diameters by angiography were  $3.33\pm 0.37\text{mm}$  and by ultrasound  $3.05\pm 0.39\text{mm}$  ( $p < 0.05$ ). Therefore, the measurements by ultrasound were always smaller. There is a significant linear correlation between measurements by angiography and ultrasound for both proximal ( $r = 0.92$ ;  $p < 0.0001$ ) and distal diameters ( $r = 0.91$ ;  $p < 0.0001$ ). The determination coefficient was 84% for proximal diameters and 87% for distal diameters. Therefore, the proximal diameters variate 16% and distal diameters 13% between both methods, due to the peculiarities of each method.

**Conclusion** - Both methods correlate adequately, concerning to the measurements; the methods are interdependent, determining with the same accuracy intracoronary diameters in most cases studied; ultrasound is a safe and feasible technical resource for the evaluation of intravascular structures; the intravascular ultrasound system can contribute for the direct analysis inside the vascular structure, immediately after intracoronary *stent* implanting

**Key-words:** quantitative angiography, intravascular ultrasound, *stent*

Arq Bras Cardiol, volume 64 (nº5), 439-446, 1995

as investigações do sistema cardiovascular eram realizadas através da análise de silhuetas obtidas pela radio

grafia de tórax, fluoroscopia, angiografia e angiocardiografia, evoluiu-se para uma época em que estas avaliações podem ser complementadas por cortes tomográficos, cintilografia radioisotópica, tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultra-sonografia<sup>1-3</sup>.

A angiografia contrastada permanece como método de escolha para a avaliação das estruturas cardiovasculares, em especial da doença aterosclerótica coronária. Embora consiga definir alterações ou anormalidades vasculares significativas, este método de definição bidimensional do lúmen vascular apresenta algumas limitações para detectar a doença aterosclerótica inicial ou mínima<sup>4,5</sup>, para estimar a severidade da estenose e diâmetro do vaso de maneira acurada<sup>6-8</sup>, para diferenciar a placa concêntrica de excêntrica, para definir a composição da placa de ateroma, para detectar ulceração ou dissecação da lesão e para identificar trombo<sup>9-11</sup>. Durante a realização da angiografia o contraste radiodenso define as bordas do vaso, comparando-se com o segmento vascular adjacente, presumivelmente normal<sup>12</sup>, McPherson e col<sup>13</sup>, utilizando ecocardiografia epicárdica durante procedimentos cirúrgicos, observaram que segmentos angiograficamente definidos como normais apresentavam aterosclerose intimal difusa. Aproximadamente 70-80% das lesões estenóticas coronárias são excêntricas ao exame anatomopatológico<sup>14</sup>. Estas lesões excêntricas, que são estruturas tridimensionais, podem não ser bem definidas pela imagem planar da angiografia, além do que o luminograma obtido pela angiografia não permite estabelecer relação entre o diâmetro e o espessamento da parede do vaso<sup>15</sup>. A angiografia digital quantitativa determina diâmetros arteriais em termos absolutos (mm) e comprometimento estenótico da luz do vaso em termos percentuais<sup>16-20</sup> e aumentando a reprodutibilidade angiográfica<sup>16,19,20</sup>.

A ecografia intravascular utiliza dispositivo de ultra-som e obtém imagens a partir da visibilização direta das estruturas vasculares. Embora a identificação das artérias coronárias epicárdicas maiores pela ecocardiografia transtorácica e transesofágica tenha sido possível nos últimos anos<sup>22-32</sup>, a ultra-sonografia intravascular permite visibilização do lúmen coronário, identificação das estruturas que compõem a parede do vaso (íntima, média e adventícia), descritas pela primeira vez *in vitro* por Meyer e col<sup>33</sup>, em 1988, e *in vivo* por Yock e col<sup>34</sup>, em 1989. Existem dois sistemas disponíveis: a) sistema mecânico (*Intertherapy, Dasonics Dumed e Cardiovascular Imaging System*), que dispõe de um cristal rotativo ou um refletor rotativo com um cristal estacionário; b) sistema que utiliza elementos distribuídos de maneira sincronizada (*Endosonics*), mais flexível para manipulação especialmente no interior dos vasos coronários. Um complexo sistema computadorizado analisa e reconstitui as linhas exploradas, configurando uma imagem do inte-

rior do vaso<sup>12,35,36</sup>. Os transdutores para uso clínico fornecem uma imagem tomográfica de 360°, operam com frequências de 10 a 40MHz. Transdutores de baixa frequência (10-20 MHz) são usados para analisar estruturas intracardíacas, tais como valvas e septo interatrial<sup>37,38</sup>. Transdutores de alta frequência (20-40 MHz) fornecem imagens adequadas de artérias normais e patológicas<sup>12,39</sup>. Dispõe-se atualmente de aparelhos flexíveis e de melhor qualidade, inclusive programas computadorizados para reconstrução tridimensional das estruturas observadas<sup>40,41</sup>. Vários estudos realizados em vasos arteriais têm confirmado as características das estruturas vasculares pela ultra-sonografia, e têm validado as medidas de espessamento da parede e da área de secção transversa do lúmen arterial<sup>42-54</sup>, usando-se transdutores acoplados em cateteres especiais<sup>55,59</sup>, possibilitando a análise das artérias coronárias a partir de imagens bidimensionais obtidas em tempo real<sup>56,60-71</sup>, distinguir diferentes tipos de placas (fibrosa, lipídica, calcificada) pelas diferenças acústicas observadas pela ultra-sonografia<sup>72-76</sup>. Pode auxiliar também na definição do tipo de lesão (aterosclerótica ou não-aterosclerótica), severidade (local ou difusa) e tipo de obstrução (concêntrica ou excêntrica), características importantes da doença vascular coronária e que podem ter implicação nos procedimentos terapêuticos e prognóstico do paciente<sup>77-80</sup>. Estudos comparativos entre a ultra-sonografia intravascular e angiografia quantitativa digital demonstraram boa correlação entre os dois métodos<sup>57,58,81,82</sup>. Trabalho realizado por Weintraub e col<sup>83</sup> demonstrou que a angioscopia intravascular consegue detectar trombos com sensibilidade e especificidade de 100%, enquanto o ultra-som intravascular evidencia esta anormalidade com sensibilidade e especificidade de 92%. Johnson e col<sup>84</sup> compararam a angioscopia com a angiografia em uma série de 30 pacientes e verificaram pela angioscopia a presença de trombo em 30 (100%) pacientes, enquanto que, pela angiografia, esta anormalidade foi detectada somente em 11(36,7%) pacientes. Pandian e col<sup>76</sup>, utilizando sistema de ultra-sonografia com frequências de 30 MHz, conseguiram avaliar adequadamente a extensão da dissecação comparando com medidas histológicas, observando correlação adequada ( $r=0,91$ ). Demonstraram também que a ultra-sonografia é capaz de visibilizar pequenos *flaps* intimais, muitas vezes não identificados pela angiografia. Siegel e col<sup>85</sup> identificaram laceração intimal pela ultra-sonografia em 81% e pela angioscopia em 73% dos casos avaliados, quando confrontaram com os achados histopatológicos. Fitzgerald e col<sup>86</sup> demonstraram que a localização de depósitos de cálcio na parede do vaso contribui para a dissecação intimal após angioplastia. Coy e col<sup>87</sup> sugerem que a ultra-sonografia intravascular tridimensional facilita a avaliação da profundidade e extensão da dissecação arterial após angioplastia por balão. O ultra-som intravascular é um recurso que permite o acompanhamento de pacientes submetidos a transplante cardíaco, possibilitando a avaliação da disfun-

ção endotelial, manifestação precoce da doença obstrutiva coronária que ocorre nestes casos e obter imagens simultaneas durante a angioplastia<sup>88-89</sup>.

O implante de *stent* intracoronário de Palmaz-Schatz, experimentado inicialmente em cães por Chatz e col<sup>90</sup> e, posteriormente, em ensaios clínicos em humanos<sup>91-92</sup>, utilizou *stents* rígidos similares àqueles originalmente usados por Palmaz em aorta de coelhos<sup>93</sup>. O *stent* coronário é um tubo simples de aço de 15mm de extensão, 1,6mm de diâmetro e espessura de parede de 0,08mm. O *stent* é montado sobre um cateter-balão, introduzido através de um cateter-guia de 8-9 F, aplicado sobre uma lesão ateromatosa pré-dilatada, inflando-se o balão com 6-8 atmosferas<sup>94</sup>. É um procedimento seguro e eficaz para o tratamento de estenose coronária em pacientes adequadamente selecionados<sup>94-96</sup> e para o tratamento de dissecação aguda após angiografia por balão<sup>97</sup>.

### Métodos

Foram estudados prospectivamente, 20 portadores de aterosclerose coronária, provenientes do ambulatório ou da internação do Serviço de Cardiologia do *Texas Heart Institute, St Lukes Hospital, Houston (Tx)* no período de novembro/91 a abril/92.

A idade dos pacientes variou entre 40 e 77 (56,7±10) anos, sendo 13 (65%) homens, candidatos a implante de prótese intracoronária (*stent*) para o tratamento da lesão obstrutiva.

Na fase de seleção dos indivíduos para inclusão no protocolo de estudo, todos foram submetidos à anamnese e exame físico completos, análise laboratorial, eletrocardiograma (ECG) em repouso, teste ergométrico e/ou cintilografia miocárdica, radiografia de tórax e cineangiogramia pelo método convencional.

Concluída esta fase e informados sobre procedimentos a que seriam submetidos, obtivemos consentimento por escrito de todos. Da mesma forma, obtivemos aprovação da Comissão de Ética do *Texas Heart Institute* para o desenvolvimento do projeto, de acordo com as normas técnicas do Conselho Nacional de Saúde dos Estados Unidos.

Os critérios de inclusão estabeleciam que a lesão aterosclerótica deveria ser excêntrica, com grau de obstrução <sup>3</sup>70% da luz do vaso, localizar-se no terço proximal da artéria descendente anterior (DA), artéria circunflexa (Cx) ou artéria coronária direita (CD), fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FE) >40%, diagnóstico de isquemia miocárdica por teste ergométrico e/ou cintilografia miocárdica e assinatura de consentimento pós-informado, concordando com a possibilidade de revascularização miocárdica aguda.

Os critérios de exclusão foram: infarto do miocárdio recente (inferior a 3 meses), lesão de tronco de coronária esquerda, lesão ostial em ramos secundários ou em bifurcação, lesão ulcerada ou segmentar, pacientes submetidos

anteriormente à cirurgia de revascularização miocárdica ou à angioplastia transluminal percutânea, evidência de trombo no local da angioplastia prévia à colocação do *stent*, presença de alterações estruturais congênitas ou adquiridas e contra-indicação à terapia anticoagulante e/ ou antiplaquetária.

Todo paciente que preenchia critérios de inclusão recebia terapia antiplaquetária (dipiridamol 75mg 3x/dia), antagonista dos canais de cálcio (diltiazem 60mg 3x/dia) pelo menos 2 dias antes do procedimento de implante do *stent* intracoronário e anticoagulante oral (coumadina 10mg) administrado na noite anterior ao procedimento. Dextran (10%) de baixo peso molecular era administrado na quantidade de 100ml/hora 3h antes do implante da prótese, sendo infundido durante um total de 10h.

O paciente era conduzido ao laboratório de cateterismo em jejum de 8h e levemente sedado (midazolam 5-10mg) 1h antes do procedimento. Em seqüência, a região inguinal do paciente era preparada com solução antisséptica e iniciava-se o procedimento de cinecoronariografia. Utilizou-se cateter Schneider-Shiley de 5,0 ou 6,0 F (*telescoping sub-seletive catheter* #T2-5-001 ou #T2-6-001) e localizou-se a lesão obstruída através da melhor projeção para orientar o cardiologista na realização do procedimento.

Administrou-se heparina na dose de 10.000U (intravenosa em *bolus*) e após 2.500-5.000U/h para manter o tempo de coagulação ativado acima de 300s. O cateter-balão onde estava acoplado o *stent* de Palmaz-Schatz (*Johnson and Johnson Interventional Systems, Warren, NJ*), com diâmetros de 3,0, 3,5 ou 4,0mm de acordo com o diâmetro do vaso, era introduzido no local da lesão pré-dilatada, orientando-se para o local adequado através de um marcador radiopaco existente no cateter. Inflava-se o balão com pelo menos 5 atmosferas de pressão durante 10s, não excedendo a recomendação: *stent* de 3,0mm, 9 atmosferas; *stent* de 3,5mm, 8 atmosferas; *stent* de 4,0mm, 8 atmosferas. Nitroglicerina intracoronária (200mg) foi administrada antes e após a colocação do *stent*. Controle angiográfico para confirmar a perviabilidade foi realizado aos 5, 15 e 30min após o implante da prótese intracoronária.

Após esta fase, introduziu-se um cateter de ultra-som de 5 F, em sua ponta um transdutor simples de 30-MHz com rotação mecânica acoplado a um sistema especial (*Intertherapy*), que permitiu obter imagens contínuas em tempo real da secção transversa do vaso (acima de 16 imagens/segundo) e determinar os diâmetros proximal (fig. 1) e distal (fig. 2) mínimo residual (em mm) após implante do *stent*. As imagens da ultra-sonografia foram gravadas em um sistema de video-tape (VHS) para posterior revisão e análise.

Após o procedimento, os pacientes retornavam à unidade coronária para monitorização e seguimento do tratamento clínico, permanecendo com infusão contínua de heparina por 48-72h até atingir o efeito de anti-



Fig. 1 - Medidas dos diâmetros residual máximo e mínimo proximal pela ultrasonografia após o implante do *stent* (caso 7).



Fig. 4 - Medida do diâmetro mínimo distal pela angiografia digital após o implante do *stent* (caso 7).

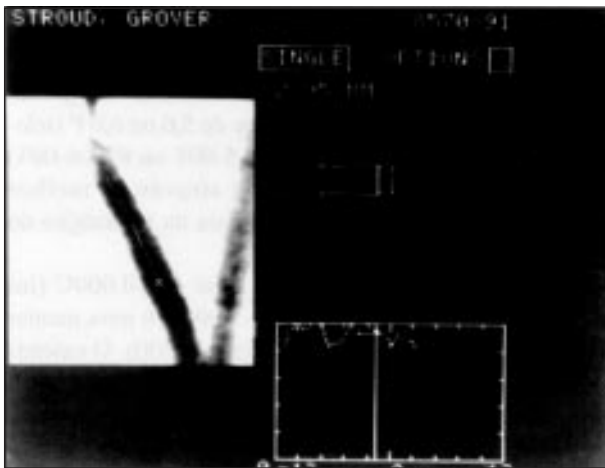


Fig. 2 - Medidas dos diâmetros residual máximo e mínimo distal pela ultra-sonografia após o implante do *stent* (caso 7).

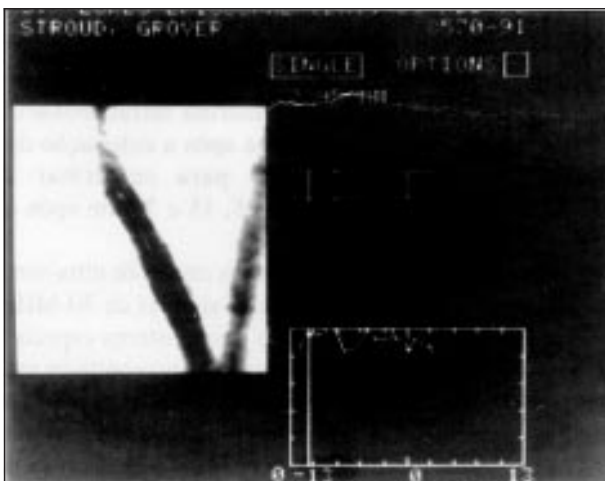


Fig. 3 - Medida do diâmetro mínimo proximal pela angiografia digital após o implante do *stent* (caso 7).

coagulação da coumadina - tempo de protrombina (TP) entre 16 e 18s - que seria mantido durante 1 a 3 meses. O ácido acetilsalicílico (325mg/dia) era mantido indefinidamente; diltiazem (60mg 3x/dia) e dipiridamol (75mg

3x/dia) prescritos durante 6 meses após o procedimento.

As determinações dos diâmetros (em mm) residuais proximal (fig. 3) e distal (fig. 4) pela angiografia foram feitas através de um sistema especial (*Digital Radiography Systems Operator's Manual*, versão 11, *Adac Laboratories Milpitas, California, USA*), após revelação do filme obtido durante o estudo, medindo-se o diâmetro do cateter para a calibração das dimensões angiográficas.

Os resultados deste trabalho foram obtidos pelo *software* estatístico EPIINFO, usando-se análise de correlação (*regression analysis - linear model: Y = a + bX*) e teste de hipótese (teste "t" de Student). As diferenças foram consideradas significativas quando  $p < 0,05$ . Os resultados são expressos como média desvio-padrão.

## Resultados

O grau de obstrução coronária variou entre 72 a 95% (média de  $82,7 \pm 6,5\%$ ) (tab. I). A FE variou entre 40 a 58% (média de  $51,0 \pm 5,4\%$ ).

Para a artéria DA foram implantados 9 (45%) *stents*, para a Cx 5 (25%) e para a CD 6 (30%). Observou-se predomínio de implantes na DA em relação às demais.

Foram implantados *stents* de 3mm em 5 (25%) pacientes, de 3,5mm em 12 (60%) e de 4,0mm em 3 (15%). Após implante da prótese intracoronária, o diâmetro residual proximal pela angiografia foi de  $3,32 \pm 0,33$ mm e pela ultra-sonografia  $3,08 \pm 0,31$ mm. O diâmetro residual mínimo distal pela angiografia foi de  $3,33 \pm 0,37$ mm e pela ultra-sonografia  $3,05 \pm 0,39$ mm. Em nosso estudo, observou-se diferença significativa entre os 2 métodos de aferição, sendo sempre significativamente menores as medidas obtidas pela ultra-sonografia ( $p < 0,05$ ).

A figura 5 evidencia a análise da regressão linear múltipla entre a angiografia quantitativa digital e ultra-sonografia intravascular quando correlacionamos o diâmetro residual proximal residual entre os métodos ( $r = 0,92$ ;  $p < 0,0001$ ). A figura 6 evidencia a análise da regressão linear múltipla entre a angiografia quantitativa

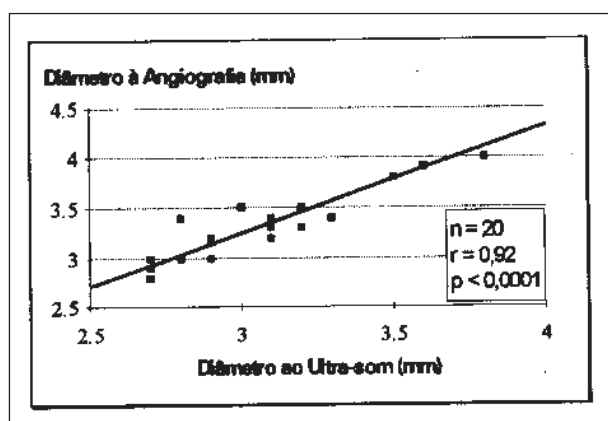


Fig. 5 - Correlação entre os diâmetros proximais pela angiografia digital e ultrasonografia intravascular.

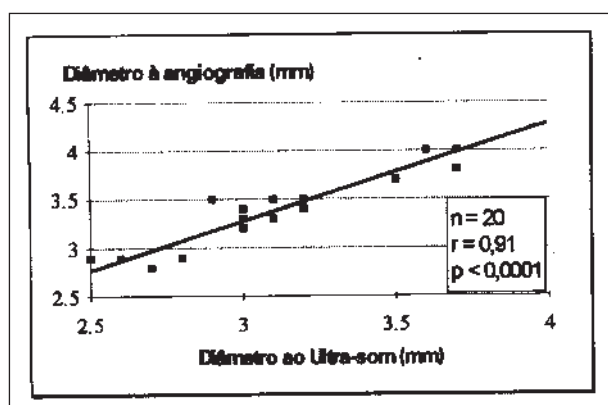


Fig. 6 - Correlação entre os diâmetros distais pela angiografia digital e ultrasonografia intravascular.

digital e a ultra-sonografia intravascular quando correlacionamos o diâmetro residual distal entre os 2 métodos ( $r=0,91$ ;  $p<0,0001$ ).

Observa-se, portanto, correlação estatisticamente significativa entre a angiografia quantitativa digital e a ultra-sonografia intravascular, tanto para as medidas proximais quanto para as medidas distais após implante da prótese intracoronária ( $p<0,0001$ ).

Todos os pacientes receberam alta hospitalar 5 a 7 dias após o procedimento, sem necessidade de cirurgia de emergência e sem apresentarem infarto agudo ou óbito.

### Discussão

O uso da angiografia quantitativa digital tornou-se uma alternativa atraente aos laboratórios de hemodinâmica para a realização de exames diagnósticos que avaliam lesões obstrutivas das artérias coronárias<sup>16,17</sup>. Uma característica importante deste método é proceder a medida dos diâmetros arteriais em termos absolutos (em mm) e da estenose em termos percentuais<sup>19,20</sup>.

Vários estudos comparativos entre a ultra-sonografia intravascular e a angiografia quantitativa digital demonstraram correlação adequada para determinação de

diâmetros vasculares.

Nissen e col<sup>81</sup> utilizaram cateteres de 5,5 F, confrontando angiografia e ultra-sonografia para determinação do diâmetro luminal mínimo e área da secção transversa de coronárias humanas, constataram boa correlação entre os dois métodos ( $r=0,83$  e  $r=0,80$ , respectivamente). Hodgson e col<sup>82</sup> estudaram pequenas alterações na área de secção transversa das coronárias induzidas por drogas vasoativas. O diâmetro do lúmen coronário obtido com o ultra-som correlacionou com as medidas determinadas pela angiografia quantitativa digital ( $r=0,80$ ).

The e col<sup>98</sup> avaliaram o lúmen e as distensibilidade de vasos normais através do ultra-som intravascular e confrontaram com a angiografia quantitativa. Os resultados obtidos demonstraram excelente correlação ( $r=0,96$ ) entre os métodos, e que a ultra-sonografia é um sistema acurado e reproduzível para medir, *in vivo*, o diâmetro, área do lúmen vascular e distensibilidade da parede arterial. Honye e col<sup>99</sup> observaram que a ultra-sonografia intravascular aumentava a acurácia diagnóstica em relação à angiografia em casos complexos e auxiliava na determinação da necessidade de futuras intervenções. Laperche e col<sup>100</sup> constataram que imagens obtidas pela ultra-sonografia intravascular fornecem resultados mais acurados que a angiografia, quando os valores eram comparados com medidas histomorfométricas.

Estudo multicêntrico e prospectivo, recentemente publicado, comparou a angiografia e a ultra-sonografia intravascular antes e após angioplastia e aterectomia coronária. Os resultados mostraram que pela angiografia a estenose reduziu de 81% para 18%, enquanto que pela ultra-sonografia a estenose residual foi de 41%. O segmento de referência escolhido como normal pela angiografia apresentava, pela ultra-sonografia, estenose média de 37%. Dissecção pela angiografia foi detectada em 19% e pela ultra-sonografia em 40% das lesões analisadas. Calcificação foi vista pela ultra-sonografia em 58% e pela angiografia em 26% dos casos investigados. Os resultados sugeriram que a ultra-sonografia caracterizava melhor a morfologia da placa aterosclerótica e fornecia mais detalhes para procedimentos intervencionistas<sup>101</sup>.

Resultados do nosso estudo mostraram que as medidas obtidas pela ultra-sonografia diferiram significativamente das medidas obtidas pela angiografia digital ( $p<0,05$ ), sendo sempre menores as determinações feitas pela ecocardiografia intravascular, possivelmente devido à imagem tomográfica obtida por este método, que permite avaliar melhor o interior do vaso, em relação à imagem planar da angiografia. Constatamos também que, embora as medidas feitas através dos métodos em questão sejam diferentes, tanto a angiografia digital quanto a ultra-sonografia foram interdependentes, capazes de determinar o mesmo diâmetro proximal em 84% e distal em 87% das vezes em que as medidas foram realizadas.

Neste trabalho observamos estreita correlação entre as duas técnicas para determinar o diâmetro residual míni-

mo proximal ( $r=0,91$ ;  $p<0,0001$ ) e distal ( $r=0,93$ ;  $p<0,0001$ ) após implante de *stent* intracoronário. Resultados semelhantes obtiveram Potkin e col<sup>102</sup> e Pandian e col<sup>103</sup> quando compararam medidas histológicas e de ultra-som de artéria coronárias.

Deve ser considerado que cada uma das técnicas utilizadas em nosso trabalho para a determinação dos diâmetros intracoronários após implante de *stent*, é baseada em princípios básicos diferentes. Durante a angiografia digital, as medidas são calculadas a partir de imagens projetadas, enquanto a ultra-sonografia fornece imagens tomográficas da secção transversa do vaso.

Deve-se salientar que a ultra-sonografia intravascular é método que apresenta algumas limitações. A angulação ou deslocamento do transdutor pode resultar em marcada deformação da imagem<sup>104</sup>, a posição excêntrica do cateter pode produzir imagem elíptica em vez de circular, distorcendo a forma do vaso<sup>105</sup>, a tortuosidade da artéria coronária dificulta o alinhamento do cateter no interior do vaso, podendo superestimar ou subestimar a doença aterosclerótica<sup>77</sup>. A elaboração dos cateteres está em fase inicial de desenvolvimento, relativamente grandes e inflexíveis, o que limita o seu uso aos segmentos proximais das artérias coronárias<sup>40</sup>.

Embora tenhamos observado correlação significativa, é esperado que o índice de correlação entre a angiografia

e a ultra-sonografia em determinar as medidas da luz do vaso seja reduzido na presença de distorção no segmento vascular, devido à aterosclerose ou dissecação após o procedimento intervencionista<sup>89,97,101</sup>.

Este estudo estabeleceu uma análise comparativa dos diâmetros intraluminares após o procedimento intervencionista que utiliza uma prótese intracoronária, demonstrando correlação adequada entre os métodos angiográfico e ecográfico. A ultra-sonografia é um procedimento seguro e exequível para observação intravascular, haja visto que na série de casos em que utilizamos este recurso não tivemos nenhuma complicação durante ou após a realização do procedimento. Este trabalho, a exemplo de outros<sup>81,98,102,103</sup>, comprovou a factibilidade das medidas objetivas em tempo real obtidas pela ultra-sonografia intravascular.

A utilização do ultra-som intravascular parece ser um recurso importante para a complementação diagnóstica da doença vascular e avaliação durante e após procedimentos terapêuticos intervencionistas, embora estudos futuros com este recurso técnico devem ser realizados para confirmar a sua real contribuição. Acreditamos que a ultra-sonografia intravascular tem o potencial de ser mais sensível que a angiografia digital para definir as dimensões intravasculares, bem como para avaliar algumas características da doença aterosclerótica e suas complicações.

## Referências

1. Waller BF, Tallercio CP, Slack ID, Orr CM, Howard J, Smithe ML - Tomographic views of normal and abnormal hearts: The anatomic basis for various imaging techniques. Part I. Clin Cardiol 1990;13: 804-12.
2. Waller BF, Taliercio CP, Slack ID, Orr CM, Howard J, Smithe ML - Tomographic views of normal and abnormal hearts: The anatomic basis for various cardiac imaging techniques. Part II. Clin Cardiol 1990;13: 877-44.
3. Waller BF - Anatomy, histology, and pathology of the major epicardial coronary arteries relevant to echocardiographic imaging techniques. J Am Soc Echo 1989; 2: 232-52.
4. Grondin CM, Dyrda I, Pasternac A et al - Discrepancies between cineangiographic and postmortem findings in patients with coronary artery and recent myocardial revascularization. Circulation 1974; 49: 703-8.
5. Amet E, Isner JM, Redwood DR et al - Coronary artery narrowing in coronary heart disease: Comparison of cineangiographic and necropsy findings. Ann Intern Med 1979; 91: 350-6.
6. Forrester JS, Litvack F, Grundfest W, Hickey A - A perspective of coronary disease seen through the arteries of living man. Circulation 1987; 75: 505-13.
7. Vlodayer Z, French R, Van Tassel RA, Edwards JE - Correlation of the antemortem coronary arteriogram and the postmortem specimen. Circulation 1973; 47: 162-9.
8. Amet EN, Isner JM, Redwood DR et al - Coronary artery narrowing in coronary heart disease. Comparison of cineangiographic and necropsy findings. Ann Intern Med 1979; 91: 350-6.
9. Siegel RJ, Swan K, Edwards G, Fishbein MC - Limitations of postmortem assessment of human coronary artery size and luminal narrowing: Differential effects of tissue fixation and processing on vessels with different degrees of atherosclerosis. J Am Coll Cardiol 1985; 5: 342-6.
10. Marcus ML, Skorton DJ, Johnson MR, Collins SM, Harrison DG, Kerber RE - Visual estimates of percent diameter coronary stenosis "A battered gold standard". J Am Coll Cardiol 1988; 11: 882-5.
11. Shemtan CT, Litvack F, Grundfest W et al - Coronary angiography in patients with unstable angina pectoris. N Engl J Med 1986; 315: 913-9.
12. Coy KM, Maurer G, Siegel RJ - Intravascular ultrasound imaging: A current perspective. J Am Coll Cardiol 1991; 18: 1811-23.
13. McPherson DD, Himizka LF, Lamberthe WC et al - Delineation of the extent of coronary atherosclerosis by high frequency apical echocardiography. N Engl J Med 1987; 316: 304-9.
14. Freudender GH, Lichten PR - The normal wall segment in coronary stenosis: a postmortem study. Z Kardiol 1981; 70: 863-72.
15. Roelandt J, Serruys PW, Tuccillo B, Gussenhoven WJ - Clinical perspectives of intravascular ultrasound. Echocardiography 1990; 7: 503-14.
16. Tobis J, Nalcioglu O, Iseri L et al - Detection and quantitation of coronary artery stenosis from digital subtraction angiograms compared with 35-millimeter film cineangiograms. Am J Cardiol 1984; 54: 489-96.
17. Mancini GBI, Higgins CB - Digital subtraction angiography. A review of cardiac applications. Prog Cardiovasc Dis 1985; 18: 111-41.
18. Bove AA, Holmes DR, Owen RM et al - Estimation of the effects of angioplasty on coronary stenosis using quantitative video angiography. Catheter Cardiovasc Diagn 1985; 11: 5-16.
19. Mancini GBJ, Simon SB, McGillem MJ, LeFrere MT, Fredman HZ, Vogel RA - Automated quantitative coronary arteriography: Morphologic and physiologic validation in vivo of a rapid digital angiographic method. Circulation 1987; 75: 452-60.
20. Katratis D, Lytheal DA, Anderson MH, Cooper IC, Webb Peps MM - Assessment of coronary angioplasty by an automated digital method. Am Heart J 1988; 116: 1181-7.
21. Spears JR, Sandor T, Als AV et al - Computerized image analysis for quantitative measurement of vessel diameter from cineangiograms. Circulation 1983; 68: 453-61.
22. Weymann AE, Feigenbaum H, Dillon JC, Johnston KW, Eggleton RC - Noninvasive visualization of the left main coronary artery by cross-section echocardiography. Circulation 1976; 54: 169-74.
23. Rogers EW, Feigenbaum H, Weymann AE, Godlen RW, Johnston KW, Eggleton RC - Possible detection of atherosclerotic coronary calcification by twodimensional echocardiography. Circulation 1980; 62: 104-5-53.
24. Morganroth J, Chen CC, David D, Naito M, Mardelli TS - Echocardiographic detection of coronary artery disease: Detection of effects of ischemia on regional myocardial wall motion and visualization of left main coronary artery

- disease. *Am J Cardiol* 1980; 46:1178-87.
25. Chandraratna PAN, Aronow WS, Murdoek K, Milholland H - Left main coronary arterial patency assessed with cross-sectional echocardiography. *Am J Cardiol* 1980; 46: 91-4.
  26. Chen CC, Morganroth J, Ogawa S, Mardelli TS - Detecting left main coronary artery disease by apical, cross-sectional echocardiography. *Circulation* 1980; 62: 288-93.
  27. Rink LD, Feigenbaum H, Godley RW et al - Echocardiographic detection of left main coronary artery obstruction. *Circulation* 1982; 65: 719-34.
  28. Friedrnan MJ, Sabn DJI, Goldman S et al - High predictive accuracy for detection of left main coronary artery by antilog signal processing of two-dimensional images. *Am Heart J* 1982;103: 194-201.
  29. Ribeiro P, Shapiro LM, Gonzalez A, Thampson GR, Oakley CM - Cross-sectional echocardiographic assessment of the aortic root and coronary ostial stenosis in familial hypercholesterolaemia. *Br Heart J* 1983; 50: 432-7.
  30. Vered Z, Katz M, Rath S et al - Two dimensional echocardiographic analysis of proximal left main coronary artery in humans. *Am Heart J* 1986; 112: 972-6.
  31. Mitchell MM, Sutherland GR, Gussenhoven EJ, Taams MA, Roelandt JR - Transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echo* 1988; 1: 362-77.
  32. Zwicky P, Daniel WG, Mugge A, Liechthlen PR - Imaging of coronary arteries by color-coded transesophageal doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1988; 15: 639-40.
  33. Meyer CR, Chiang EH, Feehner KP, Fittid DW, Williams DM, Buda AJ - Feasibility of high-resolution, intravascular ultrasonic imaging catheters. *Radiology* 1988; 168: 112-16.
  34. Yoek PG, Linker DT, Angelsen BA - Two-dimensional intravascular ultrasonic imaging catheters. *Radiology* 1988;168: 113-16.
  35. Bom N, Lancee CT, Vanegmond FC - An ultrasonic intracardiac scanner. *Ultrasonics* 1972;10: 72-6.
  36. Bom N, Ten Hoff H, Lancee CT, Gussenhoven WJ, Bosh JG - Early and recent intraluminal ultrasound devices. *Int J Card Imag* 1989; 4: 79-88.
  37. Inzer JM, Losordo DW, Rosenfield K et al - Catheter based intravascular ultrasound discriminates bicuspid from tricuspid valves in adults with calcific aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1990;15: 1310-17.
  38. Sanzobrimo BW, Mitchel JF, Chameides L et al - Intra-cardiac two-dimensional ultrasonic assessment of atrial septal defects: human studies. *Circulation* 1990; 82(Suppl III): III-31.
  39. Yoek PG, Linker DT, Arigelsen BAJ - Two-dimensional intravascular ultrasound: Technical development and initial clinical experience. *J Am Soc Echo* 1989; 2: 296-304.
  40. Nishimura RA, Reeder GS - Intravascular ultrasound. Research technique or clinical tool? *Circulation* 1992; 86: 3224.
  41. Mintz GS, Piehard AD, Kent KM, Sada LF, Javier SP, Leon MB - Three-dimensional reconstruction enhances the utility of intravascular ultrasound during transcatheter therapeutic procedure. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 119-A.
  42. Pandian N, Kreis A, Deanoyens in et al - In vivo ultrasound angiography in humans animals: Intraluminal imaging of blood vessels using a new catheter-based high resolution ultrasound probe. *Circulation* 1988; 78(suppl II): 11-22.
  43. Roelandt JR, Serruys PW, Bom N et al - Intravascular real-time, high resolution two-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1989;13(suppl A): 4A
  44. Pandian N, Kreis A, Brockway B et al - Intraluminal ultrasound angiography of coronary arteries: In vitro (human) and in vivo (animal) studies. *Circulation* 1988; 78(suppl II): n-84.
  45. Malleq JA, Tobis IM, Gessert J et al - Evaluation of an intravascular ultrasound imaging catheter in porcine peripheral and coronary arteries in vivo. *Circulation* 1988; 78(suppl II): 11-21.
  46. Yoek P, Linier D, Saether O, white N, Ports T, Angelsen B - Intravascular two-dimensional catheter ultrasound: Initial clinical studies. *Circulation* 1988; 89(suppl II): 11-21.
  47. Hodgson JM, Eberle MJ, Savakns AD - Validation of a new real time percutaneous intravascular ultrasound imaging catheter. *Circulation* 1988; 78(suppl II): II-21
  48. Nishimura RA, Edwards WD, Wamers CA et al - Intravascular ultrasound imaging: In vitro validation and pathologic correlation. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 145-54.
  49. Grabam SP, Brands D, Savakns A, Hodgson JM - Utility of an intravascular ultrasound imaging device for arterial wall definition and atherectomy guidance. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13(suppl A): 222A.
  50. Bartorelli AL, Potkin BN, Ahmagor Y, Gessert JC, Roberts WC, Leon MB - Intravascular ultrasound imaging of atherosclerotic coronary arteries. An in vivo validation study. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13(suppl A): 4A.
  51. Pandian NG, Kreis A, Brockway B - Detection of intraarterial thrombus by intravascular high frequency two-dimensional ultrasound imaging in vitro and in vivo studies. *Am J Cardiol* 1990; 65: 1280-3.
  52. McKay C, Waller B, Gessert J et al - Quantitative analysis of coronary artery morphology using intracoronary high frequency ultrasound: Validation by histology and quantitative coronary arteriography. *J Am Coll Cardiol* 1989;13(suppl A): 228A.
  53. Tobis JM, Mallery JA, Mahon D et al - Intravascular ultrasound imaging. A new method for grading interventional vascular procedures. *Echocardiography* 1990; 7: 415-24.
  54. Savalle LH, Post MJ, Bentala M, Borst C - Intravascular ultrasound findings in post mortem human coronary arteries compared to histopathology. *Circulation* 1992; 86(suppl I): 1-336.
  55. Pandian NG, Kreis A, Brockway B et al - Ultrasound angiography: Real-time, two-dimensional, intraluminal ultrasound imaging of blood vessels. *Am J Cardiol* 1988; 62: 493-4.
  56. Hodgson JM, Graham SP, Savakns AD - Clinical percutaneous imaging of coronary anatomy using an over-the-wire ultrasound catheter system. *Int J Card Imag* 1989; 4: 186-93.
  57. Tobis IM, Mallery IA, Gessert J et al - Intravascular ultrasound cross-sectional arterial imaging before and after balloon angioplasty in vitro. *Circulation* 1989; 80: 873-82.
  58. Yoek PG, Linker DT, White NW - Clinical applications of intravascular ultrasound imaging in atherectomy. *Int J Card Imag* 1989; 4: 117-25.
  59. Gussenhoven EJ, Essed CE, Lancée CT et al - Arterial wall characteristics determined by intravascular ultrasound imaging: An in vitro study. *J Am Coll Cardiol* 1989;14: 947-52.
  60. Hodgson JM, Graham SP, Sheeham H, Savakns AD - Percutaneous intracoronary ultrasound imaging: Initial applications in patients. *Echocardiography* 1990; 7: 403-13.
  61. Tenaglia AN, Tchong IE, Kisslo KB, Perez JA, Phillips HR, Davidson CJ - Intracoronary ultrasound evaluation of excimer laser angioplasty. *Circulation* 1992; 86(suppl I): 1-516.
  62. Rees MR, Sivanathan MU, Verma SP - The role intravascular ultrasound and angiography in the placement and follow-up of coronary stents. *Circulation* 1992; 86(suppl I): 1-364.
  63. Pasterkamp G, Dijkhuizen A, Post MJ, Mali WP, Borst C - Assessment of residual stenosis after balloon angioplasty with intravascular ultrasonography, intravascular doppler and angiography: an in vivo comparative study. *Circulation* 1992; 86(suppl I): 1-365.
  64. Koschik DH, Chen C, Lorke D, Harner K, Hamm CW - Is intravascular ultrasound valid for assessing results of percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA)? - Comparison with pathohistology. *Circulation* 1992; 86(suppl I): 1-365.
  65. Guidera SA, Sehgal CM, Krol J, Laskey WK - Intravascular ultrasonic imaging to measure wall stress and shear distributions in coronary arteries. *Circulation* 1992; 86(suppl I): 1-845.
  66. Kijima M, Igarashi M, Hashimoto H, Matsumoto S, Ikeda K, Maruyama Y - Intimal thickening in patients with coronary vasospasm: Study from intravascular ultrasound. *Circulation* 1992; 86(suppl I):1-517.
  67. Yamagishi M, Yoshitomi H, Nakatani S et al - Detection of occult atherosclerosis in distal coronary artery segments with ultra-low profile 3.5 Fr intravascular ultrasound imaging device. *Circulation* 1992; 86(suppl I):1-517.
  68. Gussenhoven EJ, Li W, Lugt AVD et al - Accurate displacement sensing device provides reproducible intravascular ultrasound images. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 119-1.
  69. Nakatani S, Yamagishi M, Tamai J, Kawaguchi A, Yutani C, Miyatake K - Impaired distensibility of human coronary artery an angiographically normal site: in vivo assessment with simultaneous intracoronary ultrasound and intracoronary pressure. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 119-A.
  70. Pinto FI, Chenzbraun A, Drexler H, Popp RL, Alderman RL, Fishell T - Coronary endothelial function and vascular structure in cardiac transplant recipients. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 119-A.
  71. Yoek PG, Fitzgerald N, Linker DT, Angelsen BAJ - Intravascular ultrasound guidance for catheter-based coronary interventions. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17:39B-45B.
  - Gussenhoven E, Piji A, Frietman P et al - Thinning of the media in atherosclerosis: an in vitro/in vivo intravascular echocardiographic study. *Circulation* 1990; 82(suppl II):III-458
  73. Potkin BN, Bartorelli AL, Gessert JM et al - Coronary artery imaging with intravascular high frequency ultrasound. *Circulation* 1990; 81:1575-85.
  74. Coy KM, Park JC, Siegel RJ - Intravascular ultrasound imaging: from experimental studies to clinical use. *Int J Card Imag* 1991; 3: 7-11.
  75. Shepard RK, Wickline SA - Ultrasonic tissue characterization differentials

- between fibrous and fatty plaques in cholesterol-fed rabbits. *Circulation* 1992; 86(suppl I): 1-336.
76. Pandian NG, Kreis A, Broekway B, Saeharoff A, Caro R - Intravascular high frequency two-dimensional ultrasound detection of arterial dissection and intimal flaps. *Am J Cardiol* 1990; 65: 1278-80.
  77. Waller BF, Pinkerton CA, Slack JD - Intravascular ultrasound: A histological study of vessels during life; The new "Gold Standard" for vascular imaging. *Circulation* 1992; 85: 2305-10.
  78. Waller BF, Miller J, Morgan R, Tejeda E - Atherosclerotic plaque calcific deposits: An important factor in success on failure of transluminal coronary angioplasty (TCA). *Circulation* 1988; 78(suppl B): n-376.
  79. Fitzgerald PJ, Muhlberger VA, Moes N et al - Calcium location within plaque as a predictor of atherectomy tissue retrieval: An intravascular ultrasound study. *Circulation* 1992; 86(suppl I):1-516.
  80. Lezo JS, Romero M, Medina A et al - Intracoronary ultrasound assessment of directional coronary atherectomy: Immediate and follow-up findings. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 298-307.
  81. Nissen SE, Gurley JC, Boothe DC, Grines CL, Grigsby G, DeMaria AN - In vivo assessment of human coronary minimum luminal diameter with a multi-element intravascular ultrasound catheter. Comparison to quantitative angiography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15: 29A.
  82. Hodgson IBL, Graham SG, Sheehan H, Savakus AD - Percutaneous interventional ultrasound in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1990; 7: 4-13.
  83. Weintraub A, Schwartz S, Pandian N - How reliable are intravascular ultrasound and fiberoptic angiography in the assessment of the presence and duration of intraarterial thrombosis in atherosclerotic vessels with complex plaques. *J Am Coll Cardiol* 1990;15: 17A.
  84. Johnson C, Hamsen DD, Vracco R, Ritchie J - Angioscopy-more sensitive for identifying thrombus, distal emboli, and subintimal dissection. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 146A.
  85. Siegel RJ, Ariani M, Fishbein MC et al - Histopathologic validation of angiography and intravascular ultrasound. *Circulation* 1991; 84: 109-17.
  86. Fitzgerald N, Ports TA, Yock PG - Contribution of localized calcium deposits to dissection after angioplasty. An observational study using intravascular ultrasound. *Circulation* 1992; 86: 64-70.
  87. Coy KM, Laas T, Park JC, Siegel RJ - Three-dimensional intravascular ultrasound facilitates the evaluation of arterial dissections following balloon angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 157A.
  88. Mills RM, Billet JM, Nichols WW - Endothelial dysfunction early after heart transplantation. Assessment with intravascular ultrasound and doppler. *Circulation* 1992; 86:11714.
  89. Mudra H, Blasmi R, Klauss V, Regar E, Theisen K - Diagnostic intracoronary ultrasound facility within therapeutic balloon catheter has impact on PTCA strategy. *Circulation* 1992; 86(suppl I):1-324.
  90. Schatz RA, Palmaz JC, Tio FO, Garcia F, Garcia O, Renter SR - Balloon-expandable intracoronary stents in the adult dog. *Circulation* 1987; 76: 450-7.
  91. Schatz RA, Palmaz JC - Balloon expandable intravascular stents (BEIS) in human coronary arteries: Report of initial experience. *Circulation* 1988; 78(suppl II): II-408.
  92. Levine MJ, Leonard BM, Burke JA et al - Clinical and angiographic results of balloon-expandable intracoronary stents in right coronary artery stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1990;16: 332-9.
  93. Palmaz JC, Windelar SA, Garcia F, Tio FO, Sibbitt RR, Renter SR - Balloon expandable intraluminal grafting of atherosclerotic rabbit aortas. *Radiology* 1986; 160: 723-6.
  94. Baim DS, Bailey S, Curry C, Walker C, Schatz RA - Improved success and safety of Palmaz-Schatz coronary stenting with a new delivery system. *Circulation* 1990; 82(suppl III): III-657.
  95. Schatz RA, Goldberg S, Leon MB, Fisch RD, Hirshfeld JW, Walker CM - Coronary stenting following "sub optimal" coronary angioplasty results. *Circulation* 1990; 82(suppl III): III-540.
  96. Carroza JP, Kuntz RE, Levine MJ et al - Angiographic and clinical outcome of intracoronary stenting: Immediate and long-term results from a large single-center experience. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 328-37.
  97. Maiello L, Colombo A, Gianrossi R, McCann R, Finci L - Coronary stenting treatment of acute or threatened closure following dissection after coronary balloon angioplasty. *Am Heart J* 1993; 125: 1570-83.
  98. The SHK, Gussenhoven EJ, Wenguan L et al - Intravascular ultrasonic assessment of lumen geometry and distensibility of the angiographically normal artery: A correlation with quantitative angiography. *Echocardiography* 1992; 9: 133-9.
  99. Honye J, Mahon DJ, Nakamura S, Barnen K, Tobis JM - Enhanced diagnostic ability of intravascular ultrasound imaging compared with angiography. *Circulation* 1992; 86(suppl I):1-324.
  100. Laperche T, Makowski S, Fornes P et al - Relative accuracy of intracoronary ultrasound imaging and coronary angiography for quantitating of coronary stenosis: an histopathologic study. *Circulation* 1992; 86(suppl I):1-365.
  101. The GUIDE Trial Investigators - Discrepancies between angiographic and intravascular ultrasound appearance of coronary lesions undergoing intervention. A report of phase I of the GUIDE trial. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 118-A.
  102. Potkin BN, Bartorelli AL, Gesser JM et al - Coronary artery imaging with intravascular high-frequency ultrasound. *Circulation* 1990; 81:1575-85.
  103. Pandian NG, Kreis A, Brockway B et al - Ultrasound angiography: Real-time, two-dimensional intraluminal ultrasound imaging of blood vessels. *Am J Cardiol* 1988; 62: 493-4.
  104. McKay CR, Griffith J, Keiber RE, Mareus ME - Factors influencing intraluminal ultrasound image quality and arterial wall morphology. *Circulation* 1989; 80(suppl II): II-581.
  105. Chae JS, Potkin B, Helfant R, Siegel RJ - Potential limitations of intravascular ultrasound imaging. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 28A.