

## Ultra-Som Intravascular. Um Novo Método para Avaliação Qualitativa e Quantitativa da Doença Coronária

Luiz Carlos Bodanese, Carlos A. M. Gottschall

Porto Alegre, RS

Durante os últimos anos registrou-se importante desenvolvimento nas técnicas de avaliação cardiovascular por imagem. De um período em que as imagens do sistema cardiovascular eram avaliadas apenas por silhuetas através de radiografia de tórax, fluoroscopia, angiografia e angiocardiografia, evoluiu-se para uma era em que esta análise pode ser feita por cortes tomográficos, pela ecocardiografia, cintilografia radioisotópica, tomografia computadorizada e ressonância magnética<sup>1-3</sup>.

Embora a angiografia contrastada permaneça como método de eleição para avaliação quantitativa da doença vascular aterosclerótica, pode haver algumas limitações com esta técnica de definição bidimensional do lúmen vascular, especialmente em relação à detecção da doença aterosclerótica em fase inicial ou pouco expressiva, estimativa acurada da severidade da estenose e diâmetro do vaso, diferenciação de placa concêntrica de excêntrica, identificação da composição da placa, dissecções e trombo<sup>4-9</sup>. Através da angiografia contrastada pelo material radiodenso, a estenose vascular é definida como um estreitamento na coluna de contraste e é estimada percentualmente, comparando-se com o segmento vascular adjacente, presumivelmente normal<sup>10</sup>. O recente avanço da angiografia computadorizada digital e a análise de imagens por técnicas automatizadas melhorou a reprodutibilidade angiográfica<sup>11,12</sup>, que tem considerável variabilidade de resultados inter e intra-observador<sup>13,14</sup>.

A aterosclerose difusa, freqüentemente presente em segmentos adjacentes, pode determinar uma subestimação da estenose e contribuir para a reduzida sensibilidade da angiografia na detecção de lesões proliferativas intimais leves, além de não informar a relação entre o diâmetro do vaso e a espessura da parede arterial<sup>10</sup>. Estudos comparando achados cineangiográficos com dados de necropsia têm demonstrado aterosclerose difusa em segmentos angiograficamente normais, embora nestes estudos possa haver limitação da análise devido à fixação pós-morte dos vasos em formalina<sup>15-17</sup>. McPherson e col<sup>18</sup>, usando ecocardiografia epicárdica durante o procedimento cirúrgico, observaram que segmentos angiograficamente definidos como normais apresentavam aterosclerose intimal difusa.

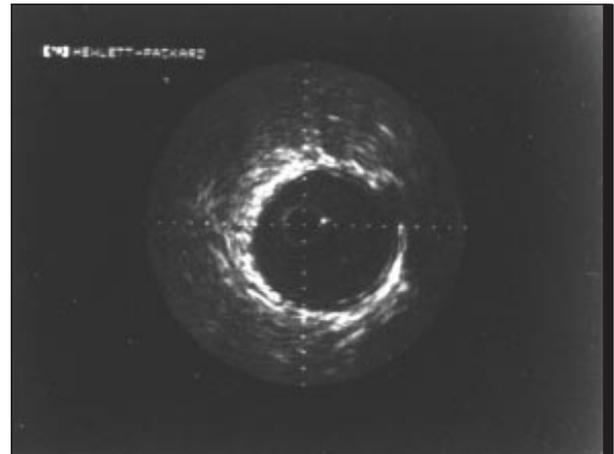


Fig. 1 - Imagem intravascular de uma artéria normal com o aspecto trilaminar da parede do vaso.

A ecocardiografia intravascular bidimensional é um método recente, que utiliza um dispositivo intravascular e que possibilita obter imagens a partir de cortes tomográficos de estruturas vasculares. Embora a visualização das artérias coronárias epicárdicas maiores pela ecocardiografia transtorácica e transesofágica tenha sido possível nos últimos anos<sup>19-29</sup>, o ultra-som intravascular permite visualização do lúmen coronário, identificação das estruturas que compõem a parede do vaso (íntima, média e adventícia) (fig. 1), devido às diferentes características acústicas, descritas pela primeira vez "in vitro" por Meyer e col<sup>30</sup>, em 1988, e "in vivo" por Yock e col<sup>31</sup>, em 1989. Vários estudos realizados em vasos arteriais têm confirmado as características das estruturas vasculares pelo ultra-som, e têm validado as medidas de espessamento da parede e da área de secção transversa do lúmen arterial<sup>32-43</sup>. Recentemente, imagens de ultra-som intravascular têm sido obtidas, usando-se transdutores acoplados em cateteres<sup>44-48</sup>, possibilitando a análise das artérias coronárias a partir de imagens bidimensionais obtidas em tempo real, inclusive no local de intervenção de procedimentos terapêuticos<sup>45,49</sup>.

Atualmente está sendo possível a utilização da ecocardiografia intravascular e, em algumas áreas de avaliação diagnóstica e intervenção terapêutica, o ultra-som intravascular vem sendo utilizado para o desenvolvimento de vários estudos que têm por finalidades avaliar a morfologia da parede do vaso e diâmetro vascular, analisar as alterações agudas e crônicas de vários procedimentos terapêuticos invasivos e confrontar a angiocardiografia,

“padrão-ouro” tradicional da análise por imagem das artérias coronárias<sup>50</sup>. Estudos comparativos entre o ultra-som intravascular e angiografia quantitativa digital, para avaliar o diâmetro luminal, têm demonstrado boa correlação entre os dois métodos, fato este que pode trazer importantes contribuições para o manejo da doença aterosclerótica coronária<sup>49,51</sup>.

### Dispositivos do Ultra-Som Intravascular

**Cateteres Disponíveis** - A miniaturização de transdutores e cristais e o desenvolvimento de processadores de imagens permitiram o desenvolvimento de cateteres para obtenção de imagens no interior de estruturas cardiovasculares, através de um sistema que utiliza dispositivos de ultra-som<sup>52,53</sup>. Atualmente os menores cateteres disponíveis são de 3,5F (1,16mm de diâmetro) e as imagens podem ser obtidas no interior de vasos da circulação periférica e coronária<sup>10</sup>.

**Sistema de Ultra-som** - Existem fundamentalmente dois sistemas para obtenção de imagens de ultra-som intravascular: a) sistema mecânico (Intertherapy, Dasonics, Dumed e Cardiovascular Imaging System) que contém um cristal rotativo ou um refletor rotativo com um cristal estacionário; b) sistema que utiliza elementos distribuídos de maneira sincronizada (Endosonics), atualmente considerado um sistema mais flexível para manipulação no interior dos vasos coronários. Um complexo sistema computadorizado analisa e reconstitui as linhas exploradas, configurando uma imagem da secção transversa do vaso<sup>52,53</sup>.

**Transdutores** - Os transdutores de ultra-som para uso clínico fornecem uma imagem tomográfica de 360° do vaso em estudo, a partir de pequenos elementos localizados em uma circunferência na ponta do cateter<sup>10</sup>.

Utilizam-se dispositivos com frequência de 10 a 40MHz, o que permite obter imagens com alta resolução técnica. Transdutores de baixa frequência (10-20MHz) têm sido utilizados para analisar estruturas intracardíacas, tais como valvas<sup>54</sup> e septo interatrial<sup>55</sup>. Transdutores de alta frequência (20-40MHz) fornecem imagens adequadas de artérias normais e patológicas. Uma limitação dos instrumentos que utilizam frequências de 40MHz é o efeito de contraste espontâneo resultante do reflexo do ultra-som nos eritrócitos. Este efeito produz uma imagem que pode ser interpretada erroneamente como trombo ou superestimar a presença de uma placa aterosclerótica. Por esta razão, transdutores de 20-30MHz são mais frequentemente utilizados para a obtenção de imagens intravasculares<sup>10</sup>. Atualmente, observa-se importante avanço tecnológico, dispondo-se de dispositivos intravasculares mais flexíveis, que permitem obter imagens com melhor qualidade, inclusive programas computadorizados para reconstrução tridimensional da estrutura observada<sup>56</sup>.

### Morfologia da Parede e Característica da Luz do Vaso

Experiências com a obtenção de imagens de artérias de diferentes características histológicas vêm aumentando a partir da evolução dos sistemas disponíveis. Como vimos, o ultra-som intravascular possibilita, a partir da obtenção de imagens tomográficas da secção transversa, determinar o diâmetro e área do lúmen e, devido às diferentes propriedades acústicas das camadas do vaso, o espessamento da parede vascular<sup>10</sup>.

O ultra-som intravascular pode definir o tipo de alteração (aterosclerótica ou não-aterosclerótica), severidade (local ou difusa), tipo de obstrução (concêntrica ou excêntrica) (fig. 2), características importantes da doença vascular, que podem ter implicação no sucesso ou insucesso de vários procedimentos intervencionistas e no prognóstico do paciente<sup>50,57</sup>. O reconhecimento de placa “mole” (importante depósito lipídico intraplaca e pouco tecido fibroso e cálcio), de placa “dura” (importante fibrose e cálcio e pouco depósito lipídico) (fig. 3) pode alterar o resultado da angioplastia por balão<sup>50</sup>.

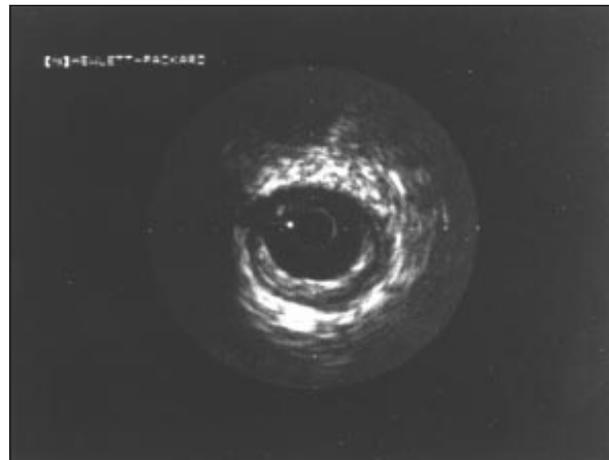


Fig. 2 - Imagem intravascular demonstrando doença aterosclerótica excêntrica.

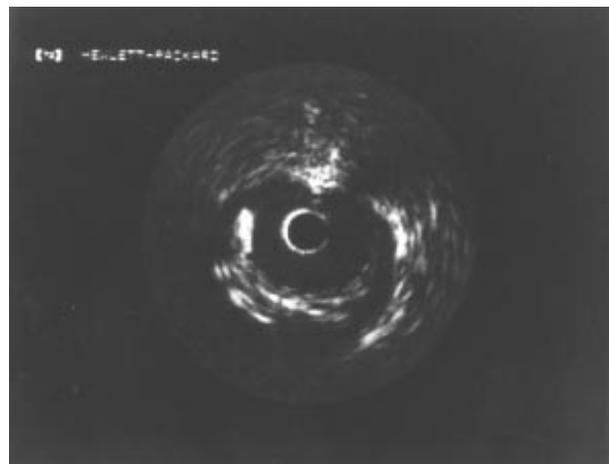


Fig. 3 - Imagem intravascular de uma lesão aterosclerótica excêntrica calcificada.

Tabela I - Resultados de estudos correlacionando medidas de ultra-som intravascular e histológicas de artérias coronárias		
Referência	Área lúmen	Espessura da parede
Potkin e col <sup>58</sup>	r=0,85	r=0,92
Hodgson e col <sup>59</sup>	r=0,98	r=0,96
Pandian e col <sup>60</sup>	r=0,98	r=0,76

Alguns estudos, utilizando instrumentos de ultra-som com freqüência de 20-25MHz, demonstraram estreita correlação entre as medidas obtidas pelo ultra-som quantitativo intravascular e medidas histológicas <sup>58-60</sup> (tab. I). Roelandt e Serruys <sup>61</sup> conseguiram identificar as três camadas das artérias musculares, mas salientam que há necessidade de uma melhor resolução dos dispositivos de ultra-som para facilitar a visibilização destas estruturas. Nishimura e col <sup>62</sup> compararam imagens de ultra-som com achados histológicos de segmentos arteriais patológicos e conseguiram definir três subtipos de artérias: muscular, elástico e transicional (músculo-elástico). Pandian e col <sup>63</sup> realizaram avaliação da circulação pulmonar e seus ramos, em animais e humanos, através do ultra-som intravascular, demonstrando que a introdução e manejo do instrumento é relativamente simples e o procedimento seguro. Resultados preliminares de Ricou e col <sup>64</sup> sugerem que o ultra-som intravascular pode ter utilidade clínica para o diagnóstico de embolia pulmonar. Estruturas venosas periféricas e centrais têm sido observadas pela ecografia intravascular, sendo que a veia normal caracteriza-se por exibir um único anel ecogênico que tem aparência homogênea <sup>10</sup>. Willard e col <sup>65</sup>, Coy e col <sup>10</sup> avaliaram pontes de safena alguns anos após a revascularização miocárdica e puderam observar alterações que ocorrem nestas estruturas com o passar do tempo.

### Avaliação de Anormalidades Vasculares

**Placa Aterosclerótica** - Do mesmo modo que as características acústicas da parede do vaso são fornecidas pela ecografia intravascular, importantes informações podem ser obtidas sobre a morfologia da placa <sup>66</sup>. Gussenhoven e col <sup>67</sup> recentemente descreveram redução na ecogenicidade do anel interno do vaso, como uma das características do desenvolvimento da aterosclerose em artérias musculares.

Vários investigadores conseguiram distinguir entre a placa fibrosa, placa lipídica e placa calcificada, pelas diferentes características destas estruturas obtidas pelo ultra-som intravascular <sup>58,68,69</sup>. Potkin e col avaliaram imagens obtidas de segmentos de artéria coronária *post-mortem* e correlacionaram com dados de análise histológica. Os investigadores concluíram que o ultra-som identifica placa fibrosa em 91%, depósito lipídico em 78% e placas calcificadas em 100% dos casos estudados.

Comunicação pessoal do Dr Carlos A. M. Gottschall informa que a angiografia quantitativa consegue identifi-

car, com certeza, a presença de cálcio em artérias coronárias em cerca de 25% dos casos examinados que apresentam calcificação na parede vascular, fato que, de certo modo, limita a orientação de procedimentos terapêuticos invasivos.

**Detecção de Trombos** - A ocorrência de enchimento na angiografia de controle, após alguns procedimentos intervencionistas, tem sido freqüente <sup>66</sup>. Estudo de Weintraub e col <sup>70</sup> demonstrou que a angioscopia detecta trombos com sensibilidade e especificidade de 100%, considerada “padrão-ouro” para essa análise, enquanto que as imagens do ultra-som intravascular conseguem identificar trombos com sensibilidade e especificidade de 92% dos casos examinados. Pandian e col <sup>71</sup> utilizaram o ultra-som para estimar a massa de trombos em segmentos arteriais, em comparação com medidas feitas por fotografias anatômicas. Os autores encontraram uma importante correlação para a área luminal ocupada pelo trombo (r=0,98), bem como para a largura máxima do trombo (r=0,87). Identificação de trombo recente pode modificar a conduta terapêutica, utilizando-se preferentemente substâncias trombolíticas <sup>66</sup>. Ressalte-se a importância desse fato, pois a presença de trombo aderido no local onde a placa foi tratada com angioplastia por balão, tem sido associada com freqüência à oclusão aguda, comparando-se com angioplastia em que não se observa esta complicação no local da dilatação <sup>50</sup>.

**Dissecção e “Flap” Intimal** - Dissecção intimal pode complicar qualquer procedimento terapêutico invasivo e é uma das causas de defeito do enchimento durante angiografia de controle <sup>66</sup>. Tobis e col <sup>72</sup> analisaram artérias antes e após angioplastia por balão, demonstrando que este procedimento pode provocar lacerações entre a placa e o tecido normal ou na porção mais delgada da placa. O plano de dissecção entre a placa e a lâmina elástica interna pode ser visibilizada pelo ultra-som intravascular, complementando a análise angiográfica (fig. 4). Pandian e col <sup>73</sup>, usando um sistema de ultra-som com freqüência de 30MHz, puderam avaliar adequadamente a

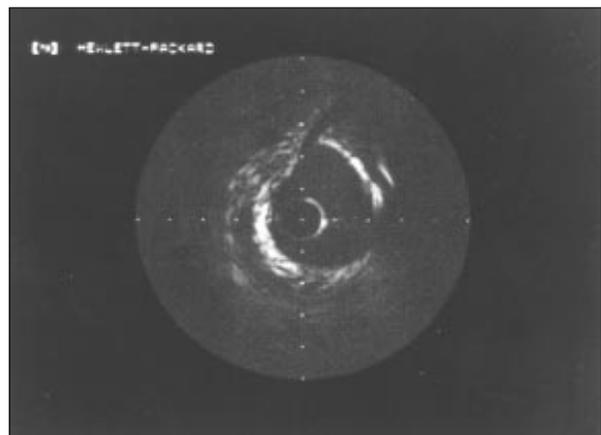


Fig. 4 - Imagem intravascular demonstrando área de dissecção após angioplastia por balão (3h).

extensão da dissecção, comparando com medidas histopatológicas e obtendo boa correlação ( $r=0,91$ ). Demonstraram também neste trabalho, que o ultra-som é capaz de visualizar pequenos *flaps* intimais. Trabalho recente de Coy e col<sup>74</sup> sugere que o ultra-som intravascular tridimensional facilita a avaliação da profundidade e extensão da dissecção arterial após angioplastia por balão. Resultados do trabalho de Fitzgerald e col<sup>75</sup> demonstraram que a localização de depósitos de cálcio na parede do vaso contribui para a dissecção intimal após a angioplastia. Siegel e col<sup>76</sup> identificaram laceração intimal pelo ultra-som intravascular em 81% e pela angioscopia em 73% dos casos avaliados, confrontando os resultados com achados histopatológicos.

### Comparação com a Angiografia Quantitativa

Vários estudos em humanos, comparando o ultra-som intravascular e cineangiografia quantitativa têm sido realizados. Nissen e col<sup>77</sup>, utilizando cateteres de 5,5F confrontaram os dois métodos na avaliação da circulação coronária e observaram estreita correlação para o diâmetro luminal mínimo ( $r=0,83$ ) e área da secção transversa ( $r=0,83$ ). Hodgson e col<sup>49</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 intravascular correlacionou com as medidas obtidas pela angiografia quantitativa digital ( $r=0,80$ ).

A angiografia coronária representa a silhueta do lúmen vascular contrastado. A redução do diâmetro luminal medido reflete, em princípio, a irregularidade produzida pela doença arterial. Compara-se o local de obstrução máxima com um segmento adjacente presumivelmente normal e determina-se a percentagem da redução do diâmetro coronário, porém não se consegue avaliar a espessura da parede do vaso. O ultra-som intravascular permite a visualização do lúmen e espessura da parede vascular<sup>50</sup> (fig. 5). Todavia, se, em determinado local, a aterosclerose coronária manifestar-se com características de doença difusa e extensa, o segmento coronário supostamente normal usado para comparação, pode apresentar alteração intimal e a doença ser subestimada. A presença de placa excêntrica é outra situação que também pode ser subestimada, dependendo do ângulo de projeção do angiograma. Em ambas as situações descritas, o ultra-som pode contribuir para a definição da alteração vascular<sup>3,50</sup> (fig. 6).

O ultra-som intravascular pode corrigir a superestimação da doença caracterizada pela angiografia, especialmente quando houver lesões difusas que simulam aneurismas coronários e auxiliar na identificação de verdadeiros aneurismas, como ocorre na doença de Kawasaki<sup>3,50</sup> (fig. 7). Resultados preliminares do trabalho do autor (não publicados) sobre a avaliação do diâmetro luminal,

após colocação de *stent* intracoronário, entre a angiografia quantitativa digital e o ultra-som intravascular, mostrou uma estreita correlação para o diâmetro proximal mínimo ( $r=0,92$ ) e para o diâmetro distal mínimo ( $r=0,93$ ) entre os dois métodos (tab. II).

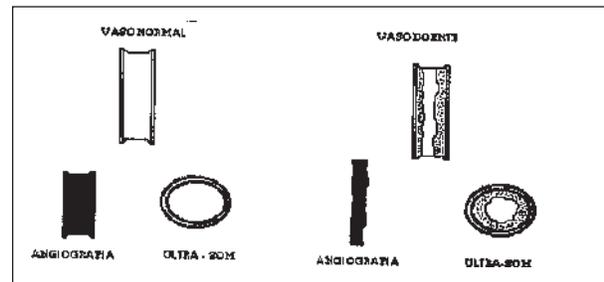


Fig. 5 - Verificação do vaso normal e doente pela angiografia e ultra-som.

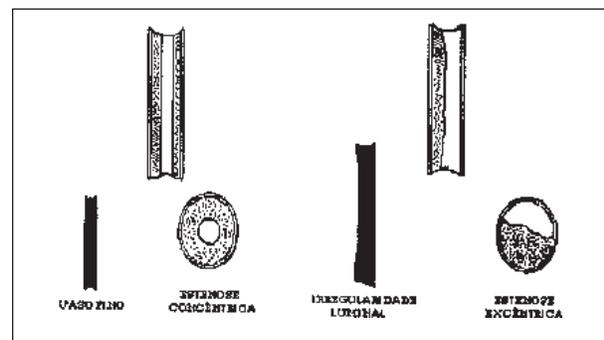


Fig. 6 - Subestimação da lesão aterosclerótica pela angiografia em comparação ao ultra-som.

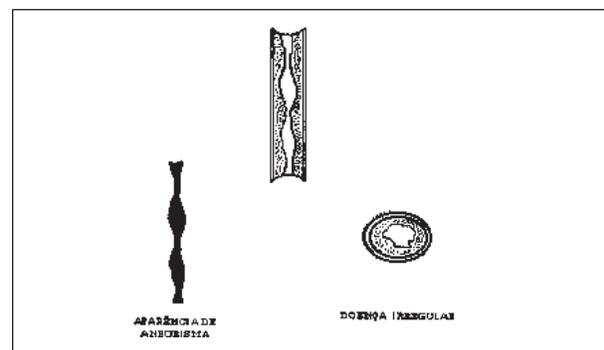


Fig. 7 - Superestimação da lesão aterosclerótica pela angiografia em comparação ao ultra-som.

Tabela II - Resultado da correlação observada pelo autor, da análise comparativa entre a angiografia quantitativa digital e o ultra-som intravascular, na determinação do diâmetro luminal mínimo, após colocação de *stent* intracoronário

Diâmetro proximal	Diâmetro distal
n=20	n=20
r=0,92	r=0,93
p<0,05	p<0,05

## Utilidades Potenciais do Ultra-Som Intravascular

**Angioplastia** - Imagens obtidas através do ultra-som intravascular permitem obter informações pré e pós-angioplastia por balão<sup>10</sup>. Sabe-se que a ruptura da placa aterosclerótica comprimida por balão durante a angioplastia, produz várias alterações anátomo-patológicas na parede do vaso. Steele e col<sup>78</sup> sugerem em seu trabalho que dissecções profundas expõem a camada média do vaso, o que possibilita uma intensa resposta plaquetária e maior predisposição para reestenose. Siegel e col<sup>79</sup> relatam lacerações intimaes, hemorragia subintimal, *flaps* intimaes e dissecção arterial no local da angioplastia, identificados pela angioscopia e ultra-som intravascular, mas não visibilizados pela angiografia. A angioscopia foi um método mais adequado para avaliar a superfície endovascular e hemorragia subintimal e o ultra-som foi melhor para avaliar a profundidade das lacerações e dissecções vasculares.

**Aterectomia** - Yock e col<sup>80</sup> obtiveram imagens pelo ultra-som de vasos periféricos antes e após aterectomia dirigida em humanos. Relatam que o ultra-som intravascular facilitou o posicionamento do aterótomo, a quantificação do ateroma residual subestimado pela angiografia e a identificação da camada média que serve como guia para localização da parede do vaso.

White e col<sup>81</sup> registraram imagens de ultra-som intravascular após aterectomia dirigida para completar a avaliação angiográfica após o procedimento. Embora a estenose residual média foi de 14% pela angiografia, pelo ultra-som, 43% do lúmen persistia ocupado pela placa. Esta discrepância foi atribuída a vários fatores, mas o mais importante foi a presença de placas ateroscleróticas em segmentos próximos definidos como normais, usados como parâmetro para avaliar a estenose residual pela angiografia. Também salientam que, em alguns casos, após aterectomia, o lúmen permanece com irregularidades, que podem causar turbulência do sangue e, potencialmente, predispor acúmulo de plaquetas e contribuir para reestenose.

**Angioplastia por Laser** - Até o momento, o único método capaz de estudar os efeitos teciduais do laser é a avaliação histológica, mas não é útil para avaliação de estudos clínicos. Alguns sistemas que utilizam de maneira combinada, laser e ultra-som, estão sendo desenvolvidos e podem contribuir nesta área<sup>10</sup>. Gregory e col<sup>82</sup>, utilizando um cateter de 2,7F capaz de registrar imagens de ultra-som e, ao mesmo tempo, emitir radialmente raios laser de Holmium, relataram que foi possível obter imagens para avaliar o processo de ablação pelo laser e verificar a dimensão vascular durante a realização do procedimento.

**Prótese Intracoronária (*stent*)** - Devido à intensa

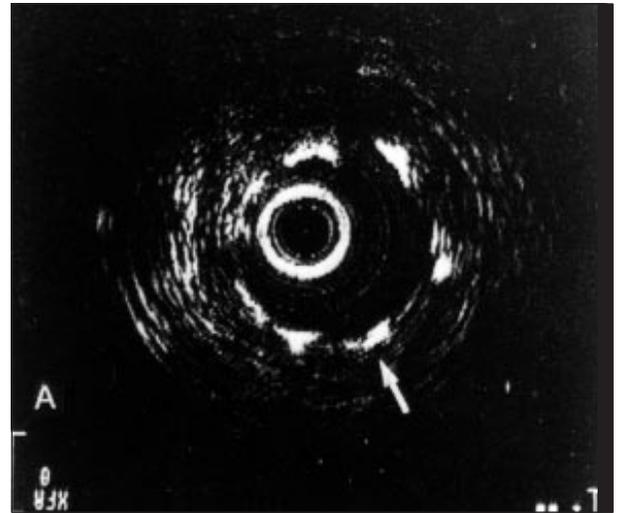


Fig. 8 - Imagem intravascular de ecos densos que demonstram a presença de *stent* (seta).

ecogenicidade do metal, as próteses intracoronárias são visibilizadas facilmente através da ecografia intravascular<sup>83</sup> (fig. 8). Trabalho de Choski e col<sup>84</sup> demonstrou que o ultra-som é potencialmente útil para avaliar o tamanho do vaso e verificar o grau de aposição do *stent* em sua parede.

Vários centros têm adquirido experiência em realizar este procedimento sem complicações, permitindo inclusive acompanhar a hiperplasia intimal que pode ocorrer após implante deste dispositivo intravascular<sup>83</sup>. Dados preliminares de trabalho do autor (não publicados), que avaliou o diâmetro residual mínimo após colocação de *stent* intracoronário, entre a angiografia quantitativa digital e o ultra-som intravascular, em pacientes com aterosclerose coronária, demonstraram que a ecografia intravascular permite analisar o resultado da intervenção terapêutica, imediatamente após o implante da prótese intracoronária, de maneira segura e adequada, inclusive possibilitando verificar se a abertura da prótese foi satisfatória durante a intervenção.

**Transplante Cardíaco** - A análise das artérias coronárias após transplante cardíaco é uma das recentes aplicações do ultra-som intravascular. Vasos coronários epicárdicos e intramurais desenvolvem obstrução concêntrica e difusa ao longo do tempo, definida como rejeição vascular crônica, doença coronária acelerada ou aterosclerose pós-transplante, de causa desconhecida, e que pode ser detectada pelo ultra-som intravascular<sup>50</sup>.

Pinto e col<sup>85</sup> através da análise seqüencial do lúmen coronário e morfologia da parede pela ecografia intravascular, em pacientes submetidos a transplante cardíaco, detectaram esta doença precocemente e, segundo os autores, este procedimento pode auxiliar no entendimento desta patologia e seguimento dos pacientes ao longo do tempo.

**Regressão da Placa Aterosclerótica** - Recentes informações científicas sugerem que regressão da placa aterosclerótica pode ocorrer com o uso de vários agentes antilipêmicos<sup>86,87</sup>. O ultra-som intravascular potencialmente pode contribuir para avaliação dos resultados destes estudos e identificar as placas mais suscetíveis para regressão pela intervenção farmacológica, tal como ocorre com a placa “mole”, rica em componente lipídico, diferentemente do que se observa na placa “dura”, em que há importante fibrose e calcificação, com menor probabilidade de alteração pelo efeito medicamentoso<sup>50</sup>.

### Limitação do Ultra-Som Intravascular

Embora o ultra-som intravascular prometa ser um recurso diagnóstico importante para a avaliação da doença vascular e de vários procedimentos invasivos, há várias limitações técnicas que restringem sua utilização e que podem ser resolvidas com a evolução do método em futuro próximo<sup>10</sup>.

McKay e col<sup>88</sup> observaram que o deslocamento ou angulação do transdutor pode resultar em marcada deformação da imagem; Chae e col<sup>89</sup> referem importantes alterações do diâmetro e área vascular quando o cateter se encontra em posição excêntrica, distorcendo a forma do vaso e produzindo uma estrutura elíptica em vez de circular, prejudicando a obtenção e análise das imagens. Tortuosidade da artéria coronária dificulta o alinhamento coaxial do cateter no vaso, podendo superestimar ou subestimar a doença aterosclerótica e espessamento da parede do vaso pela imagem do ultra-som<sup>50</sup>. Rosenfield e col<sup>90</sup> estudaram uma série de pacientes durante a realização de angioplastia, relatando dificuldade em identificar as diferentes camadas da parede em artérias com aterosclerose severa. A discriminação de placa “mole”, da placa com trombo aderido, é uma das limitações do ultra-som que poderá ser solucionada com o aperfeiçoamento na obtenção e processamento das imagens<sup>50</sup>. Este procedimento invasivo tem todos os riscos potenciais que acompanham a inserção de um cateter intravascular. Os cateteres estão ainda em fase inicial de desenvolvimento, relativamente grandes e inflexíveis, o que limita seu uso em porções proximais das artérias coronárias<sup>56</sup>; o custo inicial do equipamento é elevado, o que limita significativamente sua utilização.

### Perspectivas Futuras

Há um expressivo desenvolvimento tecnológico observado na confecção de novos cateteres de ultra-som, que poderão aumentar a resolução e qualidade das imagens obtidas<sup>91,92</sup>. Reconstrução tridimensional das imagens registradas pela ecografia bidimensional, através do modelo espacial de Voxel, é um dos importantes avanços tecnológicos observados. As imagens são adquiridas en-

quanto o cateter é movido no segmento vascular a uma velocidade constante, e a reconstrução tridimensional é possível pela utilização de um algoritmo computadorizado. Este processo de reconstrução pode contribuir para o entendimento da morfologia da parede do vaso e, possivelmente, para a previsão de resultados de procedimentos intervencionais<sup>93,94</sup>.

Novos protótipos de cateteres que permitam realizar simultaneamente angioplastia e ultra-som, aterectomia e ultra-som, laser e ultra-som, doppler e ultra-som, estão sendo testados e poderão contribuir na realização destes procedimentos<sup>95-98</sup>. O ultra-som intravascular tem uma perspectiva de uso promissora para o diagnóstico e avaliação terapêutica de alguns procedimentos intervencionistas, podendo até mesmo vir a ser um novo “padrão-ouro” na avaliação da doença coronária<sup>50</sup>.

### Conclusões

Pela revisão da literatura concernente e observação pessoal do autor, parece-nos lícito concluir que: o ultra-som é um novo método de avaliação que permite analisar o lúmen vascular a partir de imagens bidimensionais, obtidas com cateteres especiais no interior do vaso; os avanços tecnológicos em miniaturização tem produzido cateteres que são seguros para o manuseio em artérias coronárias e vasos periféricos; as imagens obtidas fornecem medidas acuradas da luz vascular, permitem identificar os componentes da parede do vaso e analisar a morfologia da placa aterosclerótica; o ultra-som pode auxiliar na identificação de placas ateroscleróticas calcificadas e, portanto, contribuir na conduta terapêutica proposta para estas situações; o reconhecimento de trombo intravascular pelo ultra-som pode definir a conduta a ser seguida, podendo orientar o uso de medicação trombolítica ao invés de procedimentos intervencionistas. Nos últimos anos interesse crescente tem havido com o ultra-som intravascular, com o objetivo de melhorar a caracterização das estruturas vasculares e um significativo progresso foi obtido com a possibilidade de reconstrução tridimensional das imagens obtidas pela ecografia bidimensional, através de programas computadorizados. A partir de resultados comparativos com a angiografia quantitativa digital, observa-se correlação adequada, podendo haver contribuição na análise das estruturas vasculares, avaliação diagnóstica e orientação de procedimentos intervencionistas da doença vascular aterosclerótica. Apesar desta expectativa, este novo método ainda não atingiu sua finalidade, estando disponível, no momento, apenas em alguns centros, principalmente, para realização de estudos experimentais. A possibilidade de uso rotineiro encontra algumas limitações práticas que foram descritas e que, provavelmente, serão reduzidas com o passar do tempo. Com as informações disponíveis, investigações em andamento e aperfeiçoamento tecnológico, o ultra-som

intravascular poderá vir a integrar o armamentário para o cardiologista do futuro.

### Referências

1. Waller BF, Taliércio CP, Slack JD et al - 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, Taliércio CP, Slack JD et al - Tomographic views of normal and abnormal hearts: The anatomic basis for various cardiac imaging techniques. Part II. Clin Cardiol 1990; 13: 877-84.
3. Waller BF - Anatomy, histology and pathology of the major epicardial coronary arteries relevant to echocardiographic imaging techniques. J Am Soc Echocardiogr 1989; 2: 232-52.
4. Forrester JS, Litvack F, Grundfest WA - A perspective of coronary disease seen through the arteries of living man. Circulation 1987; 75: 505-13.
5. Vlodayer Z, French R, Van Tassel RA et al - Correlation of the antemortem coronary arteriogram and the postmortem specimen. Circulation 1973; 47: 162-9.
6. Arnett EN, Isner JM, Rewood DR et al - Coronary artery narrowing in coronary heart disease: Comparison of cineangiographic and necropsy findings. Ann Intern Med 1979; 91: 350-6.
7. Siegel RJ, Swan K, Edwalds G et al - 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.
8. Marcus ML, Skorton DJ, Johnson MR et al - Visual estimates of percent diameter coronary stenosis: "a battered gold standard". J Am Coll Cardiol 1988; 11: 882-5.
9. Sherman CT, Litvack F, Grundfest W et al - Coronary angiography in patients with unstable angina pectoris. N Engl J Med 1986; 315: 913-9.
10. Coy KM, Maurer G, Sieger R - Intravascular ultra-sound imaging: A current perspective. J Am Coll Cardiol 1991; 18: 1811-23.
11. Spears JR, Sandor T, Als AV et al - Computerized image analysis for quantitative measurement of vessel diameter from cineangiograms. Circulation, 1983; 68: 453-61.
12. Mancini GBJ, Simon SB, McGillem MJ et al - Automated quantitative coronary arteriography: morphologic and physiologic validation in vivo of a rapid digital angiographic method. Circulation 1987; 75: 452-60.
13. Detre KM, Wright E, Murphy ML et al - Observer agreement in evaluating coronary angiograms. Circulation 1975; 52: 979-86.
14. Zir LM, Miller SW, Dinsmore RE et al - Interobserver variability in coronary angiography. Circulation 1976; 53: 627-32.
15. Vlodayer Z, French R, Tassel RAV et al - Correlation of the antemortem coronary arteriogram and the postmortem specimen. Circulation, 1973; 47: 162-9.
16. Arnett EN, Isner JM, Redwood DR et al - Coronary artery narrowing in coronary heart disease: comparison of cineangiographic and necropsy findings. An Intern Med 1979; 91: 350-6.
17. Siegel RJ, Swan K, Edwalds G et al - Limitations of postmortem assessment of human coronary artery size and luminal narrowing: differential effects of tissue fixation and processing on vessel with different degrees of atherosclerosis. J Am Coll Cardiol 1985; 5: 342-6.
18. McPherson DD, Hirmitzka LF, Lamberth WC et al - Delineation of the extent of coronary atherosclerosis by high frequency epicardial echocardiography. N Engl J Med 1987; 316: 304-9.
19. Weyman AE, Feigenbaum H, Dillon JC et al - Noninvasive visualization of the left main coronary artery by cross-sectional echocardiography. Circulation 1976; 54: 169-74.
20. Rogers EW, Feigenbaum H, Weyman AE et al - Possible detection of atherosclerotic coronary calcification by two-dimensional echocardiography. Circulation 1980; 62: 1046-53.
21. Morganroth J, Chen FCC, David D et al - 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.
22. Chandraratna PAN, Aronow WS, Murdock K et al - Left main coronary arterial patency assessment with cross-sectional echocardiography. Am J Cardiol 1980; 46: 91-4.
23. Chen CC, Morganroth J, Ogawa S et al - Detecting left main coronary artery disease by apical, cross-sectional echocardiography. Circulation 1980; 62: 288-93.
24. Rink LD, Feibenbaum H, Godley RW et al - Echocardiographic detection of left main coronary artery obstruction. Circulation 1982; 65: 719-24.
25. Friedman MJ, Sahn DJ, Goldman S et al - High predictive accuracy for detection of left main coronary artery disease by antilog signal processing of two-dimensional echocardiographic images. Am Heart J 1982; 103: 194-201.
26. Ribeiro P, Shapiro LM, Gonzalez A et al - Cross-sectional echocardiographic assessment of the aortic root and coronary ostial stenosis in familial hypercholesterolaemia. Br Heart J 1983; 50: 432-7.
27. 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: 972-7.
28. Mitchell MM, Sutherland GR, Gussenhoven EJ et al - Transesophageal echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 1988; 1: 362-77.
29. Zwicky P, Daniel WG, Mugge A et al - Imaging of coronary arteries by color-coded transesophageal Doppler echocardiography. Am J Cardiol 1988; 62: 639-40.
30. Meyer CR, Chiang EH, Fechner KP et al - Feasibility of high resolution intravascular ultrasonic imaging catheters. Radiology 1988; 168: 113-6.
31. Yock PG, Linker DT, Angelsen BAJ - Two-dimensional intravascular ultrasound: Technical development and initial clinical experience. J Am Soc Echocardiogr 1989; 2: 296-304.
32. Pandian N, Kreis A, Desnoyers M et al - In vivo ultra-sound angiography in humans animals: Intraluminal imaging of blood vessels using a new catheter-based high resolution ultra-sound probe. Circulation 1988; 78(suppl II): II-22.
33. 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.
34. Pandian N, Kreis A, Brockway B et al - Intraluminal ultra-sound angiography of coronary arteries: In vitro (human) and vivo (animal) studies. Circulation 1988; 78 (suppl II): II-84.
35. Mallery JA, Tobis JM, Gessert J et al - Evaluation of an intravascular ultrasound imaging catheter in porcine peripheral and coronary arteries in vivo. Circulation 1988; 78 (suppl II): II-21.
36. Yock P, Linker D, Saether O et al - Intravascular two-dimensional catheter ultrasound: Initial clinical studies. Circulation 1988; 78 (suppl II): II-21.
37. Hodgson JMcB, Eberle MJ, Savakus AD - Validation of a new real time percutaneous intravascular ultrasound imaging catheter. Circulation 1988; 78 (suppl II): II-21.
38. Nishimura RA, Edwards WD, Warnes CA et al - Intravascular ultrasound imaging: In vitro validation and pathologic correlation. J Am Coll Cardiol 1990; 16: 145-54.
39. Graham SP, Brands S, Savakus A et al - Utility of an intravascular ultrasound imaging device for arterial wall definition and atherectomy guidance. J Am Cardiol 1989; 13 (suppl A): 222A.
40. Bartorelli AL, Potkin BN, Almagor Y et al - Intravascular ultrasound imaging of atherosclerotic coronary arteries in an in vitro validation study. J Am Coll Cardiol 1989; 13 (suppl A): 4A.
41. Pandian N, Kreis A, Brockway B et al - Detection of intravascular thrombus by high frequency intraluminal ultrasound angiography: In vitro and in vivo studies. J Am Coll Cardiol 1989; 13 (suppl A): 5A.
42. McKay C, Waller BF, 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.
43. Tobis JM, Mahon D, Mallery JA et al - Intravascular ultra-sound imaging. A new method for guiding interventional vascular procedures. Echocardiography 1990; 7: 415-24.
44. Pandian N, Kreis A, Brockway B et al - Ultrasound angiography: Real-time, two-dimensional, intraluminal ultra-sound imaging of blood vessels. Am J Cardiol, 1988; 62: 493-4.
45. Hodgson JM, Graham SP, Savakus AD et al - Clinical percutaneous imaging of coronary anatomy using an over-the-wire ultrasound catheter system. Int J Cardiol Imag 1989; 4: 187.
46. Tobis JM, Mallery JA, Gessert J et al - Intravascular ultrasound cross-sectional arterial imaging before and after balloon angioplasty in vitro. Circulation 1989; 80: 873-82.
47. Yock PG, Linker DT, White NW et al - Clinical applications of intravascular ultrasound imaging in atherectomy. Int J Cardiol Imag 1989; 4: 117.
48. 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.
49. Hodgson JM, Graham SP, Sheehan H et al - Percutaneous intracoronary

- ultrasound imaging: Intimal applications in patients. *Echocardiography* 1990; 7: 403-13.
50. Waller BF, Pinkerton CA, Slack JD - Intravascular ultra-sound: A histological study of vessels during life. The new "gold standard" for vascular imaging. *Circulation* 1992; 85: 2305-10.
  51. Nissen SE, Gurley JC, Booth DC et al - In vivo assessment of human coronary minimum luminal diameters with a multi-element intravascular ultrasound catheter. Comparison to quantitative cineangiography. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 29A.
  52. Bom N, Lancee CT, Egmond FCV - An ultrasonic intracardiac scanner. *Ultrasonic* 1972; 10: 72-6.
  53. Bom N, Hoff H, Lancee CT et al - Early and recent intraluminal ultrasound devices. *Int Cardiac Imaging* 1989; 4: 78-88.
  54. Isner 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: 1310-7.
  55. Sanzobrino 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.
  56. Nishimura RA, Reeder GS - Intravascular ultrasound research technique or clinical toll? *Circulation* 1992; 86: 322-4.
  57. Waller BF, Miller J, Morgan R et al - Atherosclerotic plaque calcific deposits: An important factor in success or failure of transluminal coronary angioplasty. *Circulation* 1988; 78 (suppl II): II-376.
  58. Potkin BN, Bartorelli AL, Gessert JM et al - Coronary artery imaging with intravascular high frequency ultra-sound. *Circulation* 1990; 81: 1575-85.
  59. Hodgson JM, Graham SP, Sarakus AD et al - Clinical percutaneous imaging of coronary anatomy using an over-the-wire ultrasound catheter system. *Int J Cardiac Imaging* 1989; 4: 186-93.
  60. Pandian NG, Kreis A, Brockway B et al - Ultrasound angiography: real-time, two-dimensional intra-luminal ultra-sound imaging of blood vessels. *Am J Cardiol*, 1988; 62: 493-4.
  61. Roelandt J, Serruys PW - Intraluminal real-time ultrasonic imaging: Clinical perspective. *Int J Cardiac Imaging* 1989; 4: 89-97.
  62. Nishimura RA, Edwards WD, Warnes CA et al - Intravascular ultrasound imaging: in vitro validation an pathologic correlation. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 145-4.
  63. Pandian NG, Weintraub A, Kreis A et al - Intracardiac intravascular, two-dimensional, high-frequency ultrasound imaging of pulmonary artery and its branches in humans and animals. *Circulation* 1990; 81: 2007-12.
  64. Ricou F, Nicod PH, Moser KM et al - Catheter-based intravascular ultrasound imaging of chronic thromboembolic pulmonary disease. *Am J Cardiol* 1991; 67: 749-52.
  65. Willard JE, Brinckner E, Haagen DR et al - Intravascular ultrasound of coronary artery bypass graft in vitro. *Circulation* 1990; 82(suppl III) III-441.
  66. Sheikh KM, Kisslo K, Davidson CJ - Interventional applications of intravascular ultrasound imaging: Initial experience an future perspectives. *Echocardiography*, 1990; 7: 433-41.
  67. Gussenhoven EJ, Piji A, Frietman P et al - Thinning of the media in atherosclerosis: an in vitro/in vivo in intravascular echographic study. *Circulation*, 1990; 82 (suppl III): III-458.
  68. 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.
  69. Coy KM, Park JC, Siegel RJ - Intravascular ultrasound imaging: from experimental studies to clinical use. *Cardiovascular Imaging* 1991; 3: 7-11.
  70. 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 atheromatous vessels with complex plaques? *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 17A.
  71. Pandian NG, Kreis A, Brockway B - Detection of intraarterial thrombus by high frequency two-dimensional ultra-sound imaging: in vitro and in vivo studies. *Am J Cardiol* 1990; 65: 1280-3.
  72. Tobis JM, Mallery JA, Gessert J et al - Intravascular ultrasound cross-sectional arterial imaging before and after balloon angioplasty in vitro. *Circulation* 1989; 80: 873-82.
  73. Pandian NG, Kreis A, Brockway N et al - Intravascular high frequency two-dimensional ultrasound detection of arterial dissection and intimal flaps. *Am J Cardiol* 1990; 65: 1278-80.
  74. Coy KM, Laas T, Park JC et al - Three-dimensional intravascular ultrasound facilitates the evaluation of arterial dissections following balloon angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 157A.
  75. Fitzgerald PJ, Ports TA, Yock PG - Contribution of localized calcium deposits to dissection after angioplasty. An observational study using intravascular ultrasound. *Circulation* 1992; 86: 64-70.
  76. Siegel RJ, Ariani M, Fishbein M et al - Histopathologic validation of angiography and intravascular ultrasound. *Circulation* 1991; 84: 109-17.
  77. Nissen SE, Gurley JC, Booth DC et al - In vivo assessment of human coronary minimum luminal diameter with a multi-element intravascular ultrasound catheter. Comparison to quantitative cineangiography. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 29A.
  78. Steele PM, Chesebro JGH, Stanson AW et al - Balloon an plasty: natural history of the pathological response to injury in a pig model. *Circ Res* 1985; 57: 105-12.
  79. Siegel RJ, Chae JS, Forrester JS et al - Angiography, angiography and ultrasound imaging before and after percutaneous balloon angioplasty. *Am Heart J* 1990; 120: 1086-90.
  80. Yock PG, Linker DT, White NW et al - Clinical applications of intravascular ultrasound imaging in atherectomy. *Int J Cardiac Imaging* 1989; 4: 117-25.
  81. White NW, Webb JG, Rowe MH et al - Atherectomy guidance using intravascular ultrasound: quantitative of plaque burden. *Circulation* 1989; 80 (suppl II): II-374.
  82. Gregory KW, Martinelli MA, Aretz TH et al - Intravascular ultrasound guided Holmium laser atherectomy. *Circulation* 1990; 82 (suppl III): III-677.
  83. Yock PG, Fitzgerald PJ, Linker DT et al - Intravascular ultrasound guidance for catheter-based coronary interventions. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 39B-45B.
  84. Chokshi SK, Hogan J, Desai V et al - Intravascular ultra-sound assessment of implanted endovascular stents. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 29A.
  85. Pinto FJ, ST Goar FG, Chiang M et al - Intracoronary ultra-sound evaluation of intimal thickening in cardiac transplant recipients: Correlation with clinical characteristics. *Am J Cardiol* 1991; 17: 103A.
  86. Brown G, Albers JJ, Schaefer SM et al - Regression of coronary artery disease as a result of intensive lipid-lowering therapy in men with high levels of apolipoprotein B. *N Engl J Med* 1990; 323: 1289-98.
  87. Kane JP, Malloy MJ, Ports TA et al - Regression of coronary atherosclerosis during treatment of familial hypercholesterolemia with combined drug regimens. *JAMA* 1990; 264: 3007-12.
  88. McKay CR, Griffith J, Kerber RE et al - Factors influencing intraluminal ultrasound image quality and arterial wall morphology. *Circulation* 1989; 80 (suppl II): II-581.
  89. Chae JS, Potkin BN, Helfant R et al - Potential limitations of intravascular ultrasound imaging. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 28A.
  90. Rosenfield K, Losordo DW, Kelly S et al - Current limitations of intravascular ultrasound for quantitative analysis of luminal narrowing. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 193A.
  91. Linker DT, Yock PG, Gronningsaether A et al - Analysis of backscattered ultrasound from normal and diseased arterial wall. *Int J Cardiac Imaging* 1989; 4: 177-85.
  92. Picano E, Landini L, Distante A et al - Fibrosis, lipid and calcium in human atherosclerotic plaque: in vitro differentiation from normal aortic walls by ultrasonic attenuation. *Circ Res* 1985; 56: 556-62.
  93. Kitney RI, Mousa L, Straughan K - Three-dimensional visualization of arterial structures using ultrasound and voxel modeling. *Int J Cardiac Imaging* 1989; 4: 135-43.
  94. Burrel CS, Kitney RI, Rothman MT - Intravascular ultrasound imaging and three-dimensional modeling of arteries. *Echocardiography* 1990; 7: 475-84.
  95. Mallery JA, Gregory K, Morcos NC et al - Evaluation of an ultrasound balloon dilation imaging catheter. *Circulation* 1987; 76 (suppl IV): IV-371.
  96. Hodgson JM, Cacchioone JG, Berry J et al - Combined intracoronary ultrasound imaging and angioplasty catheter. Initial in-vivo studies. *Circulation* 1990; 82 (suppl III): III-676.
  97. Yock PG, Fitzgerald PJ, Jang Y-T et al - Initial trials of combined ultrasound imaging/mechanical atherectomy catheter. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 105A.
  98. Losordo DW, Chokski SK, Harding M et al - Three-dimensional intravascular ultrasound images of intra-arterial stents: Validation of technique by histologic morphometry. *Circulation* 1990; 82 (suppl III): III-103.