

Radi Macruz  
Egas Armelin  
Otoni M. Gomes  
José Mauro G. Brum  
Alfredo I. Fiorelli  
Márcio P. Ribeiro  
Jaime Mnittentag  
Edgard A. Lopes  
Paulo Roberto Camargo  
Maria da Graça C. Madrigano  
José Carlos Fúlvio Pillegi  
Luiz V. Décourt  
E. J. Zerbini

## APLICAÇÃO DO LASER NO SISTEMA CARDIOVASCULAR

*Foi o raio laser aplicado em cães, em quatro tipos de experiência: 1) lesão da íntima e média das artérias, provando-se a inexistência de estenoses e formação de trombas até com 20 dias de evolução; 2) "sutura" arterial ou arterioplastia, demonstrando-se a completa hemostasia e a alta resistência à rotura, em experiências agudas e crônicas de até 17 dias; 3) anastomoses artério-arteriais e arteriovenosas, mostrando-se a permeabilidade da luz dos vasos, a não produção de estenoses e trombos; 4) a - possibilidade de usar o Laser conduzido por cateter, sem necessidades de interromper a circulação no sistema cardiovascular; b - eliminação da estenose pulmonar, através do cateterismo cardíaco.*

*Com esses resultados, acreditam os autores que o uso do Laser em Cardiologia Clínica possa ser iniciado.*

Em trabalho anterior<sup>1</sup>, feito com retalhos de aorta conservados em formol, em placas de ateroma em vários estágios de evolução, demonstrou-se que o raio Laser (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation) não só volatiliza as substâncias como altera estruturalmente somente a camada celular contígua à lesão. Com os dados obtidos, levantou-se a hipótese de que o Laser aplicado à íntima dos vasos não deveria provocar fenômenos trombóticos ou trombo-embólicos pois, havendo uma só camada celular para ser reparada no processo de cicatrização e não havendo, por outro lado, liberação de produtos orgânicos, enzimáticos ou não, faltariam elementos estimulantes para se processar o fenômeno da agregação e adesividade plaquetária. Surgiu daí a idéia de sua aplicação tanto na abertura de estruturas (valvulotomia, arteriotomia, septostomia) como nas desobstruções arteriais (eliminação de ateromas, êmbolos, trombos organizados ou em organização).

O emprego do Laser em oftalmologia, no descolamento da retina, descortinou a possibilidade de sua utilização também, na realização de "suturas" de vasos arteriais, arteriovenosos, venosos e válvulas.

No presente trabalho, expõem-se os primeiros dados obtidos na experimentação animal (segunda etapa proposta<sup>1</sup>), com o fito de demonstrar-se sua aplicabilidade no sistema cardiovascular.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados 4 tipos de experiência em cães: 1) cauterização da íntima e média arterial, com reconstrução do leito vascular e restabelecimento do fluxo; 2) sutura da parede arterial (arterioplastia); 3) anastomoses artério-arteriais e arteriovenosas; 4) valvulotomia pulmonar com o cateter de Laser.

Usou-se, para todas as experiências, aparelho de raios Laser de Argônio da Spectra-Physics, modelo 770, de potência máxima de 10 w.

Para medida de resistência à rotura, ou melhor, do extravasamento sangüíneo ou de soro, usaram-se 2 processos: a) um chamado de "fisiológico", que consistiu na elevação da pressão arterial do cão com o uso de noradrenalina e gluconato de cálcio a 10%, conseguindo-se níveis de até 310 mmHg, e usado nas experiências agudas e outro, b) chamado de "mecânico" que consistiu na retirada do segmento arterial "saturado", conectando a um manômetro de mercúrio metálico e a uma seringa contendo soro fisiológico, com a qual se variava a pressão dentro de todo o sistema.

A microscopia de luz foi utilizada para análise histológica dos segmentos obtidos.

**Cauterização da íntima** - Isolaram-se a artéria femoral e a carótida comum de 7 cães. Fez-se arteriotomia com bisturi e tesoura abertura longitudinal na extensão aproximada de 2 cm, expondo-se a íntima. Após colocação

Trabalho realizado na Divisão de Experimentação do Instituto do Coração João Paulo II - Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

de pontos de reparo nas bordas, fez-se aplicação de Laser em 3 pontos consecutivos da íntima, em região oposta à incisão. No 1º ponto, usou-se potência de 1,0 w, no 2º 1,5 w e no 3º 2,0 w, por tempo de aproximadamente 20 s. Suturou-se a artéria com fios de mononylon 7-0 ao nível de sua abertura. Restabeleceu-se a circulação, conservando-se os animais vivos entre um a 40 dias, ao fim dos quais 2 foram submetidos à cineangiografia e 5 sacrificados. Os segmentos arteriais lesados foram enviados a estudo macroscópico (visibilização de trombos) e microscópico de luz, com a finalidade precípua de verificar-se a profundidade da lesão, a presença de trombos e o aspecto do endotélio.

**Sutura arterial** - As artérias femorais de 8 cães foram isoladas. Fez-se a arteriotomia de modo semelhante ao acima descrito. Na artéria esquerda fez-se sutura com fio mononylon 7-0 e na direita, a “sutura” (arterioplastia) com Laser. Para isso, colocaram-se 2 fios de reparo nas extremidades da incisão, juntaram-se as bordas e tangencialmente às mesmas passou-se o Laser com potência constante de 0,8 w e tempo de exposição variável, nunca ultrapassando 2 min. A duração da aplicação dependeu do aspecto macroscópico da borda da lesão. Os segmentos arteriais suturados foram retirados após um período de 2 horas até 14 dias. Fez-se antes a determinação da pressão arterial a montante e a jusante à lesão. O estudo cineangiográfico foi feito nos experimentos com 12 ou mais horas de duração. Em todos eles, determinaram-se a resistência, a rotura e as alterações histológicas através da microscopia óptica.

**Anastomoses artério-arteriais e arteriovenosas** - Em 3 cães, fez-se a anastomose entre as artérias coronária e mamária e em outros 3 anastomose das carótidas, usando-se veias. As técnicas utilizadas para as suturas foram as mesmas descritas acima para a arterioplastia.

**Valvulotomia pulmonar** - Provocou-se em 7 cães estenose valvar pulmonar, suturando-se as 3 bordas das lacíneas nos seus 2/3 externos de modo a se deixar pérvia a porção central, ou seja, o 1/3 interno. As seguir, fez-se o estudo hemodinâmico, determinando-se o gradiente de pressão sistólica entre o ventrículo direito e artéria pulmonar através de um cateter introduzido diretamente na artéria pulmonar e outro no ventrículo direito, utilizando-se a veia jugular. Fez-se a determinação das pressões com o registros das curvas, obtendo-se assim, o gradiente pressórico.

Após a determinação do grau da estenose pulmonar introduziu um cateter especial contendo fibra óptica capaz de conduzir o Laser<sup>2</sup> pela veia femoral direita do cão. Fez-se injeção de contraste iodado pelo cateter a fim de se visibilizar a válvula pulmonar e a distância entre ela e o cateter. Estando as duas estruturas bastante próximas aplicou-se o Laser com a potência de 48w e tempo médio de 30s e com o máximo de 60s.

Após “abertura” valvar, registrou-se a pressão e determinou-se, novamente, o gradiente sistólico.

Os animais foram a seguir sacrificados, retirando-se as válvulas para se fazer o estudo macro e microscópico.

## RESULTADOS

**Cauterização da íntima** - a) cineangiografia - nenhum dos cães apresentou oclusão ou pequeno grau de obstrução arterial femoral ou carotídeo por trombos; b) estudo macroscópico - nenhuma evidência de trombos foi detectada; c) histologia - em todos os casos detectou-se destruição da íntima e da média arterial, não ultrapassando essa seu 1/3 externo. Observou-se erosão local, com lesão somente da camada celular adjacente à lesão (fig. 1). Em todos os fragmentos arteriais, encontrou-se deposição de fina camada de fibrina cobrindo toda a extensão da lesão e em 20 (67%) dos cortes constatou-se presença não homogênea de microtrombos cuja espessura foi sempre menor do que a da camada média residual. Não havia microtrombos em grande extensão da lesão; esses somente existiam em alguns poucos locais.



Fig. 1 - Corte histológico de artéria femoral de cão submetida à ação do Laser, em sua camada íntima (com aplicação do L em baixa potência), e a integridade das outras camadas.

**Arterioplastia** - “sutura” arterial com Laser. Nos 7 cães não houve alteração significativa de calibre do vaso (fig. 2), rotura arterial e tampouco sangramento, havendo, pelo contrário, perfeita hemostasia.

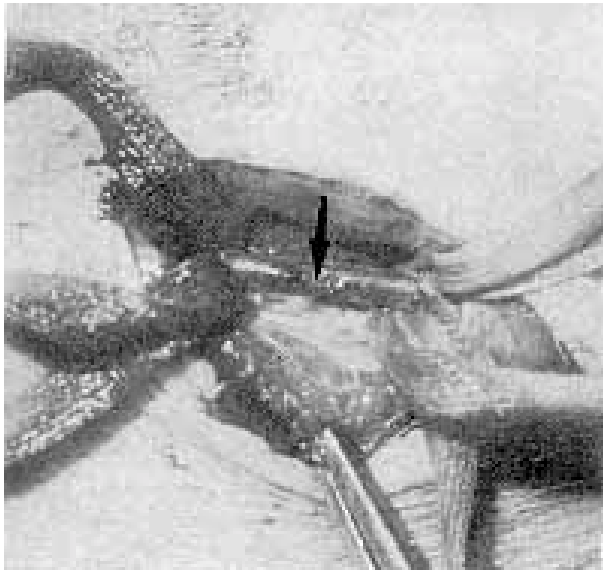


Fig. 2 - Artéria femoral de cão, após arterioplastia com Laser. Observe-se, pelo aspecto externo, que a "sutura" não produziu deformação no calibre arterial e que a hemostasia é perfeita (seta)

O estudo da resistência arterial demonstrou que mesmo em experimento agudo até 2 h, as "suturas" com Laser suportaram pressões de até 310 mmHg pelo método fisiológico e de 170 a 260 mmHg pelo mecânico. Em duas das experiências crônicas com 6 e 10 dias, as cargas necessárias para "romperem" as suturas foram de 1.000 e 500 mmHg, respectivamente e para um cão com 17 dias de evolução, pressão de até 2.000 mmHg (pressão máxima do sistema), não foi capaz de romper a "sutura". Tudo indica que existe uma relação entre a carga suportada e o tempo de sutura, quando se analisam os dados do pós-operatório de horas e até 17 dias.

Na análise cineangiográfica dos calibres arteriais nas regiões de suturas, a diferença notada entre a arterioplastia e sutura mecânica foi no maior calibre naquelas do que nessas, na região crítica.

A histologia demonstrou área de fibrose e conservação do tecido próximo à lesão (fig. 3, 4, 5).

**Anastomoses artério-arteriais e arteriovenosas** - Nenhuma das "suturas" realizadas com Laser demonstrou sangramento ou rotura, bem como à cineangiografia, nenhuma estenose ou fechamento arterial ou venoso foi verificada. Comportaram-se essas experiências de modo idêntico às das arterioplastias (fig. 6, 7).

**Estenose Pulmonar** - Em todos os cães, após a aplicação do laser através do cateter com o coração batendo sem interrupção da circulação, obteve-se queda do gradiente ventrículo-arterial (fig. 8). Assim, para um desnível pressórico sistólico médio de 21 mmHg (8 a 32 mmHg) antes da aplicação do Laser, obteve-se um gradiente médio de apenas 8 mmHg (4 a 19 mmHg) após o mesmo.

As válvulas examinadas após o sacrifício dos animais apresentavam um orifício com bordas cicatrizadas (fig. 9).

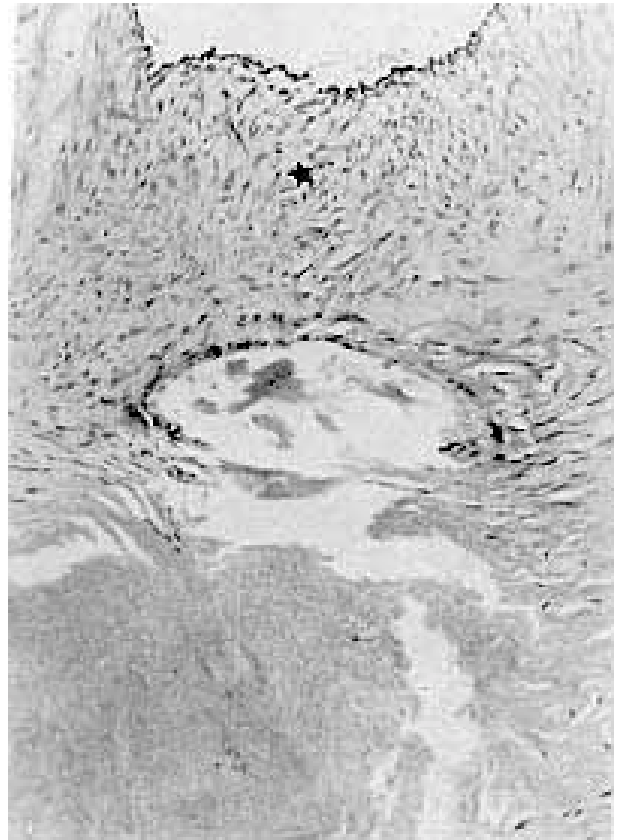


Fig. 3 - Corte histológico de artéria carótida de cão, "saturada" com Laser. Notar a fibrose das extremidades arteriais (estrela) com discreta proliferação celular e fibrina.

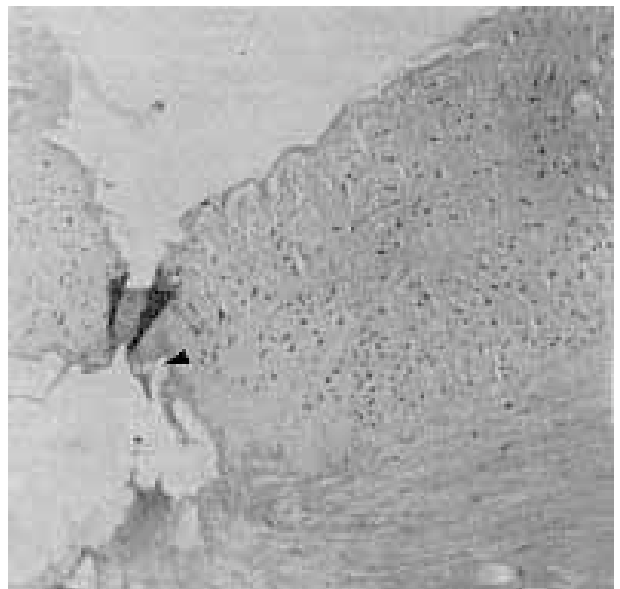


Fig. 4 - Corte histológico da artéria femoral de cão "saturada" com Laser. Notar o aspecto coagulado da parede arterial, no nível da sutura (seta) rompida, na prova de resistência.

## DISCUSSÃO

Como já se analisou em trabalho anterior<sup>1</sup>, as propriedades dos raios Laser (L) são: 1)destruir estruturas orgânicas, evaporando-as ou liqüefazendo-as, não deixando resíduos orgânicos

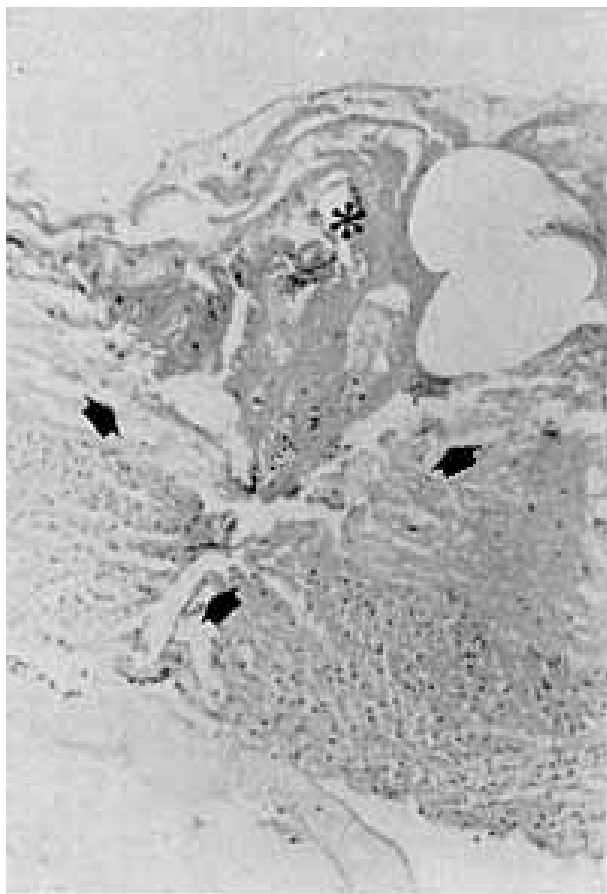


Fig. 5 - Corte histológico de artéria carótida do cão submetida à arterioplastia com Laser. Notar a destruição parcial da íntima e média vascular (setas) com depósito de fibrina (trevo).

cos e sim carvão; 2) desnaturar proteínas inativar enzimas, romper as cadeias de **DNA** e **RNA**, não permitindo sua liberação, recuperação ou reprodução e não deixando restos orgânicos capazes de agir sobre elementos sanguíneos, mormente as plaquetas; 3) converter em calor transmite além de 30 micra de profundidade, portanto não modificando estruturas celulares vizinhas; 4) rápida parte ou toda sua energia quando da interação com substâncias orgânicas ou inorgânicas, o que não se cicatrização do tecido lesado, por ser pequena a espessura da estrutura comprometida (uma camada celular). Baseados nesses conhecimentos, foram planejadas as experiências deste trabalho.

Na lesão da íntima e média dos vasos provocada pelo L, se esperariam, como nas lesões provocadas por outros agentes a formação de trombos e em artérias pequenas, a oclusão de sua luz. Entretanto, como já tinha sido postulado<sup>1</sup>, não foi isso o que se observou nessas experiências, pois tanto pelo estudo hemodinâmico como cineangiográfico não foram detectados e fenômenos obstrutivos. A histologia revelou deposição de uma fina camada de fibrina tanto nas experiências agudas como nas crônicas e a formação ocasional de microtrombos ocasional, por não serem encontrados na maior parte da superfície da lesão. O aparecimento da camada de fibrina poderia indicar um processo evolutivo do microtrombo ou então a simples deposição de substâncias orgânicas degradadas pelo L.



Fig. 6 - Corte histológico na junção da artéria mamária com a coronária do cão. Notar fibrose e hialinização na área da sutura (estrela).



Fig. 7 - Corte histológico na junção de anastomose artério-artérial (carótida-coronária) no cão, com Laser. Notar que o tecido conjuntivo próximo à anastomose mostra-se hialino, e na íntima pequena quantidade de fibrina em organização.

A primeira hipótese não encontra apoio nos achados das experiências agudas, onde não haveria tempo para dita transformação, ganhando, assim, corpo a segunda hipótese. Pode-se admitir que o L aplicado na potência usada não elimina as substâncias, mas as transforma. Admitindo-se que o L pode precipitar proteínas e formar uma camada de fibrina, como se comprovou na ex-

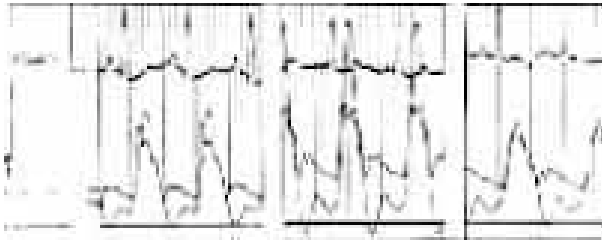


Fig. 8 - Curva pressórica em artéria pulmonar e ventrículo direito, antes e após a produção de estenose e após valvulotomia com Laser.



Fig. 9 - Válvula pulmonar de cão submetida à destruição com Laser conduzido por cateter. A seta indica o buraco produzido pelo raio.

periência da lesão endotelial arterial, nada mais lógico do que usá-lo no fechamento de “suturas” ou plastia de vasos sanguíneos ou mesmo na feitura de anastomoses arteriais, arteriovenosas e veno-venosas. Com a técnica aqui utilizada na arterioplastia verificou-se a inexistência de estenoses e trombozes locais bem como hemostasia, e perviabilidade perfeitas a que chama a atenção desde logo é a resistência à rotura da “sutura” que parece maior quanto mais crônico for o processo. À histologia observa-se, praticamente, o não comprometimento das camadas celulares próximas à lesão. Esse fato faz supor a quase impossibilidade de ulterior desenvolvimento de degeneração tecidual, portanto, o aparecimento de aneurismas. Nas anastomoses artério-arteriais e veno-arteriais, observaram-se os mesmos fatos, encontrando-se os mesmos achados, isto é, ausência de estenoses, trombos e oclusão ou obstruções arteriais. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Yahr e col.<sup>3</sup> e Jain e col.<sup>4</sup>. Impressiona, sem dúvida, a rapidez com

que se conseguem as “suturas” e a resistência imediata que se tem nas junções. De fato, ao se medir as resistências de maneira fisiológica, pressões arteriais bem acima das normais não conseguiram produzir extravasamento de sangue nem roturas arteriais ou arteriovenosas. Pelo método mecânico conseguiu-se romper as estruturas com pressões acima de 170 mmHg em experimentos agudos. Estas experiências nos permitem admitir que o fenômeno praticamente instantâneo é que a resistência pode ser considerada ótima desde o momento em que se realiza.

Os obstáculos na aplicação do L no sistema cardiovascular em funcionamento eram: 1) dificuldade de se ter um cateter flexível, uma fibra óptica parcialmente inflexível ou então de se obter uma fibra óptica tão flexível como o cateter cardíaco normalmente usado; 2) a perda de função da fibra óptica, após as primeiras descargas de L na corrente. Para eliminar esses inconvenientes, construiu-se um cateter especial<sup>3</sup>, com o qual se demonstrou a possibilidade de se usar o L para perfurar a válvula pulmonar, restaurando a circulação sanguínea normal, sem ser necessária a sua exposição. Aparentemente, não houve formação de trombos ao se fazer análise da circulação pulmonar pela cineangiografia. Por outro lado, a fibra óptica não perdeu possibilidade, até aqui teórica, de se usarem cateteres especiais que conduzam o L a qualquer ponto do sistema sua potência e tampouco apresentou alterações quando posteriormente examinada. Fica assim provada a cardiovascular, com capacidade de destruir suas estruturas (fig. 8 e 9). Nenhuma referência sobre esse aspecto foi até aqui encontrada na literatura.

Baseados nos resultados dessas experiências e das precedentes<sup>1</sup>, pode-se admitir, com grandes probabilidades de acerto, que o L seria capaz de: 1) destruir placas de ateromas sem que a isso se siga tromboembolismo, obstrução ou oclusão arterial; 2) destruir ou perfurar estruturas do sistema cardiovascular como válvulas e septos através do cateterismo cardíaco; 3) ser usado nas arterioplastias, hemostasias e anastomoses artério-arteriais, veno-arteriais e venovenosas, em substituição aos métodos convencionais, pelas vantagens que apresenta, tais como não produção de macrotrombos e conseqüentemente de estenoses ao nível da “sutura”, e pela rapidez com que se faz a “sutura”.

Com os dados expostos, concluiu-se que o Laser poderá ser usado na prática cardiovascular.

## SUMMARY

Laser beam was applied in mongrel dogs in four types of experiments: 1) lesion of the intima and medial layers of the arteries, as proof of non-existence of stenosis or thrombus formation up to 20 days of evolution; 2) arterial “suture” of arterioplasty, showing complete hemostasy and the high resistance to rupture, with acute experiments up to 17 days; 3) arterio-arterial anastomoses showing permeabi-

lity of lumen vases, the non-production of stenosis and thrombus; 4) a - possibility to use laser beam through a catheter, without needing to stop blood circulation at the cardiovascular system; b - pulmonary stenosis elimination through cardiac catheterism.

The authors believe, with these data, that the use of Laser beam in Cardiology can be started.

#### REFERÊNCIAS

1. Macruz, R.; Martins, J. R. M.; Tupinambá, H. S.; Lopes, E. A.; Vargas, H.; Penna, A. F.; Carvalho, V. B.; Armelin, E.; Décourt,

- L. V. - Possibilidades terapêuticas do raio Laser em ateromas. Arq. Bras. Cardiol. 34: 9, 1980.
2. Armelin, E.; Macruz, R.; Gomes, O. M.; Mnittentag, J.; Brum, J. M. G.; Ribeiro, M. P.; Lopes, E. A.; Penna, A. F. S.; Bozinis, D. G.; Bittencourt, D.; Ver. Ginelli, G.; Pillegi, F.; Zerbini, E. J. - Novo cateter intravascular para aplicação dos raios Laser. Anais do XXXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Cardiologia, Curitiba, 1981. p. 24.
3. Yahr, W. Z.; Strully, K. J.; Hurwitt, E. J. - Non-occlusive small arterial anastomosis with neodymium laser. Surgical Forum, 224: 15, 1964.
4. Jain, K. K.; Gorisch, W. - Repair of small blood vessels with neodymium YAG laser: A preliminary report. Surgery, 684: 85, 1979.