

Lasers em Medicina

LUÍS M. BERNARDO

Centro de Física da Universidade do Porto

Introdução

Um ano após a sua invenção em 1960, o laser de rubi foi utilizado numa aplicação médica experimental — fotocoagulação da retina —, em substituição da lâmpada de Xenon, usada na altura para esse fim. Abriu-se assim ao laser o campo da oftalmologia que se tornou a mais importante aplicação dos lasers em Medicina. Durante a década de 60, muitas tentativas foram feitas com o objectivo de conhecer os efeitos dos lasers sobre a matéria viva, com vista a novas aplicações, mas que tiveram aparentemente pouco sucesso. Nos anos 70, com o desenvolvimento de lasers contínuos de potências elevadas (até centenas de W) surgiram, além das oftalmológicas, as aplicações cirúrgicas que jamais deixaram de se desenvolver. Nessa altura, começaram a aparecer lasers com grande variedade de comprimentos de onda, o que facilitou o desenvolvimento de algumas aplicações terapêuticas por fotorradiação. No início dos anos 80 continua a verificar-se um grande interesse nos lasers oftalmológicos e cirúrgicos, com a introdução de lasers mais aperfeiçoados e sistemas mais fáceis de manusear e com maior precisão e fiabilidade. Desenvolveram-se também sistemas com vista a aplicações terapêuticas por fotorradiação e renasce o interesse dos anos 60 na área da bioestimulação. Enquanto que técnicas de fotorradiação se mostram muito promissoras, nomeadamente no tratamento de carcinomas, os avanços feitos em bioestimulação são difíceis de avaliar. Dificuldades de verificação experimental e algumas dúvidas sobre a validade de alguns resultados exige um esforço concertado dos investigadores, nesta área.

Absorção da radiação e seus efeitos

A radiação laser, visível ou invisível, ao incidir sobre um meio pode sofrer reflexão,

transmissão e absorção. A energia absorvida pode modificar o estado físico e/ou químico desse meio, alterando as suas propriedades. A absorção de radiação de um dado comprimento de onda por uma célula depende dos materiais da sua composição e do estado energético das suas moléculas. A Fig. 1 mostra curvas do coeficiente de absorção em função do comprimento de onda para o caso de hemoglobina, oxiemoglobina e carboxiemoglobina.

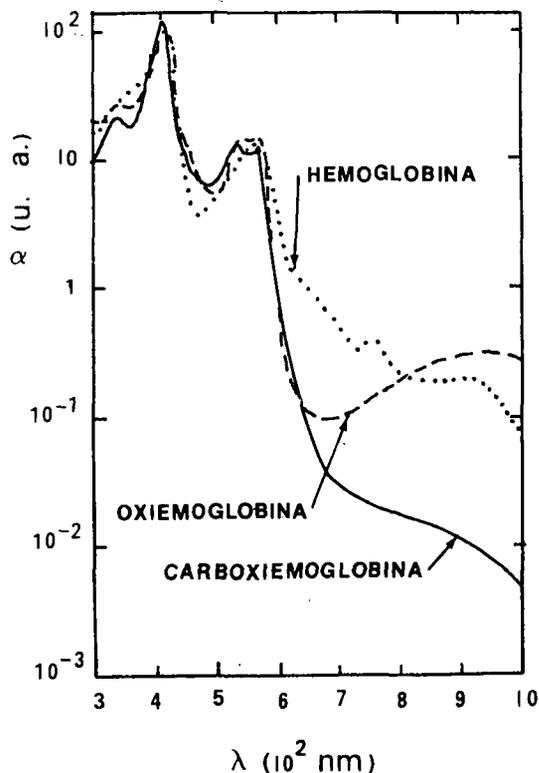


Fig. 1 — Curvas de absorção em unidades arbitrárias (u.a.), para diferentes formas de hemoglobina, em função do comprimento de onda da radiação.

Os efeitos da absorção podem ser classificados essencialmente em 4 grupos: (a) efeitos térmicos (b) efeitos fotoquímicos (c) efeitos electromecânicos e (d) efeitos bioestimulantes.

(a) Efeitos térmicos

A absorção da luz pelas moléculas que constituem a matéria viva pode levá-las a níveis energéticos mais elevados, decaindo em seguida, muito rapidamente (em alguns ns), para níveis energéticos mais baixos, muitas vezes com emissão de energia não radiativa. A consequente elevação de temperatura provoca em tecidos vivos a desnaturação e coagulação ($T \approx 80-100^\circ\text{C}$) assim como a volatilização ($T \geq 100^\circ\text{C}$). É este o efeito dominante em aplicações onde é feito o corte ou destruição dos tecidos vivos por laser.

(b) Efeitos fotoquímicos

A excitação de uma molécula pela radiação laser pode causar a ruptura de cadeias moleculares e, em presença de outras moléculas, a formação de compostos quimicamente estáveis ou instáveis. A utilização destes efeitos permite estudar processos biofísicos complexos tais como a fotossíntese da clorofila, biossíntese da vitamina D e o processo de visão. Aplicações baseadas em técnicas de fotorradiação exploram os efeitos fotoquímicos resultantes da interacção da radiação com determinadas substâncias e as células vivas. É o caso dos tratamentos da psoríase e de carcinomas, que utilizam corantes injectados nos tecidos vivos a tratar.

(c) Efeitos electromecânicos

Nestes efeitos, que ocorrem em condições de densidades de potência incidente muito elevadas, estão incluídos fenómenos de: ionização multifotónica, formação de plasmas e de ondas de choque, e ainda outros fenómenos de natureza não linear. A sua ocorrência, em geral de ordem secundária, é, a maior parte das vezes, indesejável nas aplicações médicas, pelo que tais efeitos devem ser minimizados.

(d) Efeitos bioestimulantes

Efeitos de manifestação lenta envolvendo, provavelmente, modificações físicas e/ou químicas

a nível celular e de natureza cooperativa têm sido descritos como estimulantes e supressores de actividades vitais («soft laser effects»). Espera-se que alguma controvérsia gerada em torno destes efeitos incentive um estudo mais aprofundado que leve ao conhecimento da sua natureza e mecanismos.

Os diferentes tipos de efeitos acima descritos podem ocorrer simultaneamente durante a interacção da radiação laser com a matéria viva. As Figs. 2a) e b) mostram duas geometrias

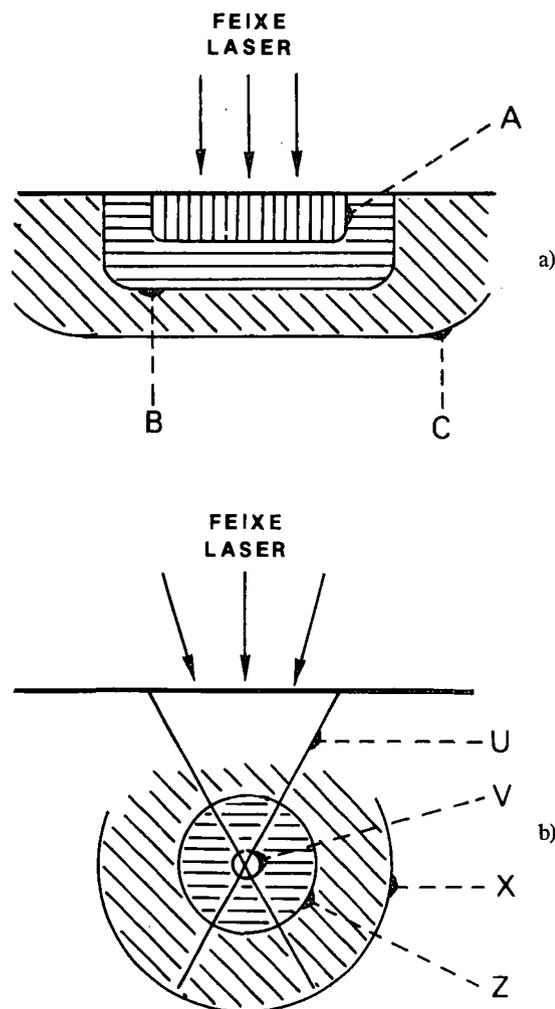


Fig. 2 — Volumes diferenciados de um tecido vivo, sujeito à acção de um feixe laser (a) colimado (b) focado no interior do tecido. Efeitos dominantes em: A e V — vaporização (sobretudo nas zonas mais pigmentadas); B e Z — desnaturação; C e X — danos acústicos; U — danos fotoquímicos.

trias de interação distintas: o feixe laser é colimado em a) e focado no interior do tecido vivo em b). Em ambas as figuras são mostradas as zonas onde ocorrem os diferentes efeitos.

Tipos de lasers médicos e aplicações

O tipo de laser para uma dada aplicação é escolhido de acordo com as propriedades de absorção do tecido a tratar, a potência necessária tendo em conta o objectivo em vista, o modo conveniente de funcionamento (contínuo ou pulsado) e a possibilidade de utilização de fibras ópticas. Nas aplicações que exploram os efeitos térmicos, as potências necessárias são relativamente elevadas (10-100 W, em regime contínuo; 10^3 - 10^9 W, em regime pulsado), sendo o feixe focado em áreas de diâmetro que vai desde alguns microns até poucos milímetros. Nas aplicações onde são desejáveis os efeitos fotoquímicos e bioestimu-

lantes as densidades de potência e energia são mais baixas (mW/cm^2 ; J/cm^2).

Na Tabela I podem ver-se os tipos de lasers usados para as aplicações médicas mais comuns. Dentro de uma dada aplicação cada laser apresenta vantagens relativamente aos outros, devido a circunstâncias específicas. Em cirurgia, por exemplo, a radiação do laser de Argon (Ar) é mais fortemente absorvida pelo sangue do que a do laser de CO_2 e de Nd:Yag, apresentando melhores propriedades hemostáticas. Porém, a profundidade de penetração nos tecidos é maior para a radiação do laser de Nd:Yag. Em cirurgia de tecidos muito vascularizados é mais conveniente utilizar lasers de Nd:Yag que conseguem cauterizar vasos de maior diâmetro ($\approx 1-2$ mm). Em cirurgia endoscópica, o laser de CO_2 , que não pode ser transmitido pelas fibras ópticas comuns, tem uma utilização mais limitada que os lasers de

TABELA I

Aplicação \ Laser	CO_2 (10,6 μm)	AR (488-514 nm)	Nd:Yag (1,06 μm) (532 nm)	Kr (568-647 nm)	Rubi (694 nm)	Corantes (400-700 nm)	Excímero (193 nm)	He-Ne (633 nm)	Ouro (628 nm)	Semicondutor (780-1600 nm)
Oftalmologia		X	X	X	X	X	X			
Ortorrinolaringologia	X									
Obstetrícia	X	X	X							
Ginecologia	X	X	X							
Dermatologia	X	X	X							
Cirurgia Plástica	X	X	X							
Neurologia	X		X							
Urologia		X	X							
Cirurgia Torácica	X	X	X							
Cirurgia Geral	X		X							
Ortopedia	X									
Oncologia	X	X	X	X		X			X	
Odontologia	X		X							X
Cirurgia Cardiovascular	X	X	X							
Bioestimulação								X		X
Metrologia		X			X			X		

Nd:Yag e de Ar. Porém, em cirurgia de áreas de fácil acesso, o laser de CO₂ é ainda o mais utilizado. Sistemas constituídos por lasers de CO₂ e de Nd:Yag têm sido testados em neurocirurgia, o primeiro para destruir camadas de células de alguns microns de espessura; o segundo para realizar cortes profundos e destruir maiores massas de tecido. Em oftalmologia, vários lasers são também usados para diferentes tipos de tratamentos e cirurgia: lasers de rubi, Kr, Ar e Nd:Yag com e sem duplicador de frequência. O laser de Ar é neste momento o mais usado. No entanto, a utilização de lasers de Nd:Yag tem aumentado consideravelmente, devido à sua elevada potência (MW) debitada em impulsos de duração muito curta (ps e ns). Lasers de exímeros, desenvolvidos mais recentemente, podem por efeito fotoquímico, controlados por um computador, fazer a ablação de finas camadas da córnea, de modo a corrigir defeitos de visão. Porém, efeitos secundários da sua radiação, ultravioleta, ainda não estão suficientemente estudados. Em oncologia, além dos efeitos térmicos da radiação laser, também os efeitos fotoquímicos são explorados; é o caso do tratamento do carcinoma, por fotorradiação. Alguns corantes, nomeadamente derivados de hemetoporfirina (Hp.D.), quando são injectados em tecidos afectados por câncer, são mais facilmente absorvidos pelas células cancerosas. Quando expostas à radiação de 625-640 nm, ocorre a ionização do corante, formando-se oxigénio singlete que provoca a desnaturaçãõ selectiva dessas células. Lasers de corantes e de vapor de ouro têm sido utilizados em tratamentos experimentais deste tipo.

Outros tipos de aplicações, não abrangidas pelos efeitos acima referidos, têm sido exploradas em Medicina, a exemplo do que acontece com outras ciências experimentais. Têm sido desenvolvidas técnicas metrológicas com lasers, como por exemplo o estudo de deformações (ossos e próteses) e dinâmica de variadas funções orgânicas (audição, visão e movi-

mento), assim como sistemas de medição directa de características do fluxo sanguíneo e de contagem e identificação de células.

Conclusão

Descrevemos neste curto artigo os aspectos fundamentais da utilização dos lasers em Medicina. Pretendemos apresentar as características dos lasers e as causas que levam à sua utilização nas aplicações médicas, as quais estão em constante crescimento e evolução. A diminuição do custo dos lasers médicos, melhoramento das suas características e mais fácil manuseamento são condições necessárias de expansão que já se verificam actualmente e que fazem do laser uma ferramenta cada vez mais utilizada em Medicina.

BIBLIOGRAFIA

- Lasers Applications to Medicine and Biology, vol. 1, 2, 3, Ed. M. L. Wolbarsht, Plenum Press (1974).
- Lasers in Biology and Medicine, ed. F. Millenkamp, R. Pratesi, C. A. Sacchi, Plenum Press (1979).
- Lasers in Medicine, vol. 1, Ed. Hans K. Koebner, John Wiley & Sons (1980).
- Optics in Biomedical Sciences, Ed. G. Von Bally and P. Greguss (1982).
- Optoelectronics in Medicine, Ed. W. Waidelich, Springer-Verlag (1982).
- Optoelektronik in der Medizin/Optoelectronics in Medicine, Ed. W. Waidelich, Springer-Verlag (1984).
- The Science of Photobiology, Ed. K. C. Smlith, Plenum/Rosetta (1977).
- Lasers in Photomedicine and Photobiology, Ed. R. Pratesi, C. A. Sacchi, Springer-Verlag (1980).
- Holography in Medicine, Ed. P. Greguss, IPC Science and Technology Press (1974).
- Holography in Medicine and Biology, Ed. G. Von Bally, Springer-Verlag (1979).
- Pulsed Argon Laser, Edward J. Petrus, Eye Center of Austin, Austin, Texas (1984).
- La Clinique Ophtalmologique, revue médicale, Laser Yag, número special Ed. Laboratoires Martinet (1984).