

Mecanismos do efeito terapêutico da radiação laser de baixa intensidade

Os benefícios dos tratamentos de radiação laser de baixa intensidade manifestam-se em todas as áreas da Medicina

Hoje, é do conhecimento geral que os **tratamentos laser (de baixa intensidade)** apresentam benefícios biológicos de carácter anti-inflamatório, analgésico e cicatrizante, através do fenómeno da **bioestimulação**. Na verdade, este processo revela-se bastante simples: a radiação emitida pelo laser terapêutico intervém no metabolismo das células-alvo, produzindo **efeitos bioestimulantes** que se manifestam em processos celulares e vasculares que, aparentemente, interferem de forma directa no processo de **regeneração das células**.

O mecanismo desencadeador das reacções biológicas induzidas pela **radiação laser de baixa intensidade** (Low level laser therapy - LLLT) é único (não específico de uma dada célula, tecido ou órgão, na medida em que influencia todos) e, provavelmente, condicionado pela própria universalidade dos mecanismos de manutenção e regulação da **homeostase**. Por outras palavras, as relações descobertas não são directas, mas sim dependentes da activação dos centros energéticos da célula viva.

Graças ao desenvolvimento da **laserterapia**, a radiação laser de baixa potência é hoje observada como um factor externo responsável apenas pelo desencadeamento de reacções fisiológicas, ou seja, a acção biológica deve ser encarada sob o prisma da interacção dinâmica entre a radiação laser de baixa intensidade e o objecto biológico.

Ao encararmos este fenómeno como uma **interacção termodinâmica** entre a **radiação laser de baixa potência** e a estrutura biológica consegue-se, com surpreendente facilidade, não só explicar os efeitos já conhecidos, mas também prever o resultado do tratamento.

Assim, para elaborar o presente texto analisámos bibliografia referente quer aos mecanismos da acção biológica da radiação laser de baixa intensidade, quer à utilização clínica do laser de baixa intensidade.

Recorremos ainda a estudos contemporâneos nas áreas da bioquímica e da fisiologia, tanto ao nível da **célula viva**, como ao nível da organização da **regulação homeostática** do homem em geral. Os dados obtidos permitiram-nos tirar conclusões e fazer suposições, que viriam a comprovar-se em numerosas experiências e estudos clínicos.

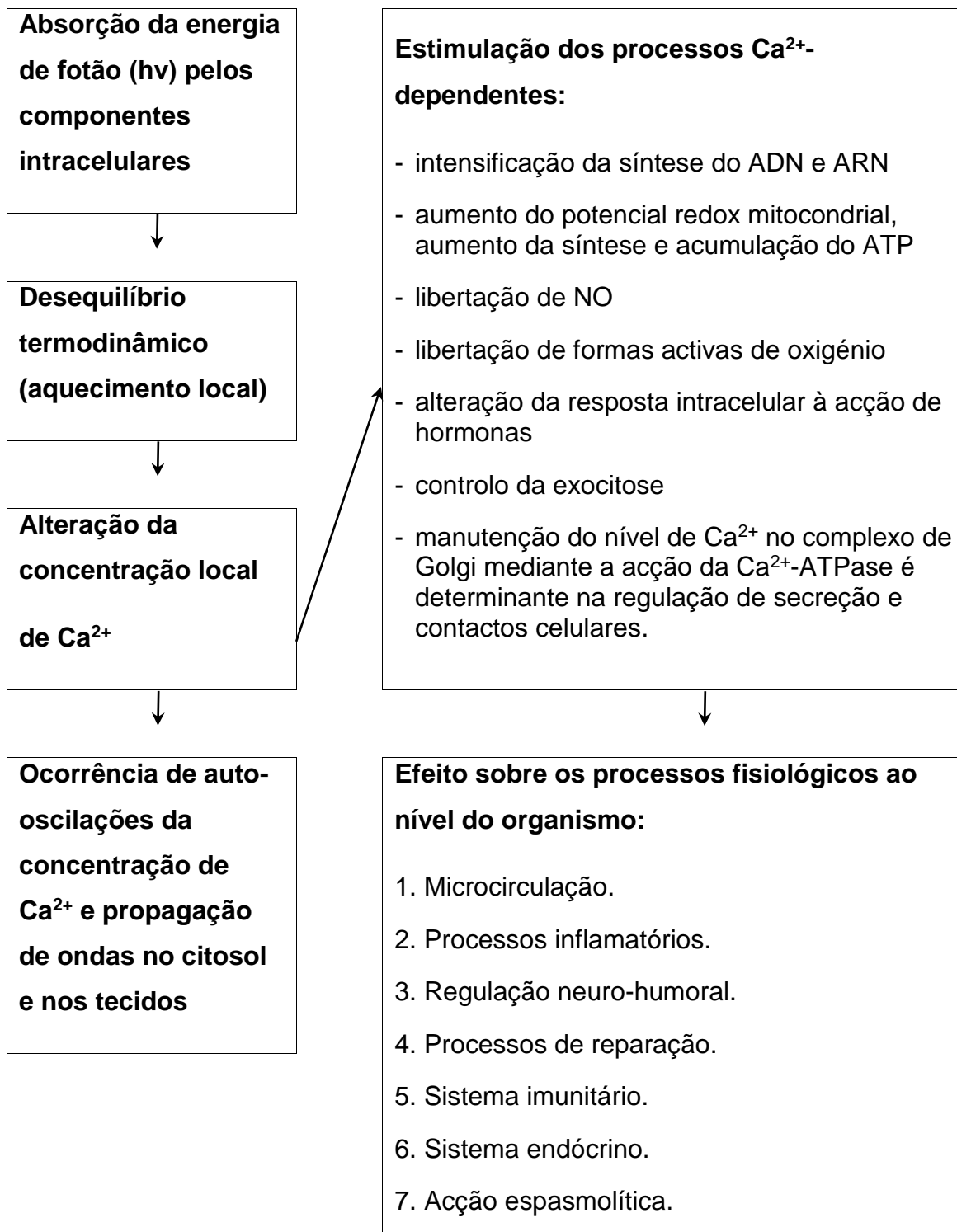
Sabe-se que as forças electromagnéticas exercem um papel fundamental na organização da natureza viva: todos os processos decorrentes da célula viva, a saber, as reacções químicas, as trocas de iões, as transferências protónicas nas mitocôndrias, etc., são, no fundo, manifestações das forças electromagnéticas.

A fisiologia ao nível do organismo não é excepção: a contracção do músculo cardíaco, o fluxo sanguíneo, a digestão ou a transmissão de impulsos nervosos são manifestações do **electromagnetismo**.

Também os processos que se desenvolvem durante a absorção da energia da radiação laser de baixa intensidade têm natureza electromagnética: a transformação da energia do campo electromagnético ocorre em reacções biológicas em todos os níveis de organização do organismo vivo. Por seu lado, a regulação das citadas reacções biológicas efectua-se através dos meios mais diversos. Aliás, esta é a razão pela qual os efeitos induzidos pelo laser de baixa intensidade se apresentam tão multifacetados.

Neste caso, trata-se apenas do desencadeamento dos processos de auto-regulação, ou seja, auto-recuperação da homeostase desequilibrada. Portanto, nada há de surpreendente na universalidade do efeito terapêutico da radiação laser de baixa intensidade, que nada mais é do que o resultado da correcção da condição patológica do organismo, que se manifesta na manutenção da regulação fisiológica fora dos limites normais.

Sequência de desenvolvimento da acção biológica induzida pela radiação laser



Ou seja, a acção biológica da radiação laser de intensidade reduzida é primariamente desencadeada pelo aquecimento local e não pela reacção fotobiológica propriamente dita. Assim sendo, trata-se do efeito de natureza termodinâmica e não fotobiológica, conforme se pensou anteriormente. Este ponto é de crucial importância.

O aumento de concentração de **Ca²⁺** no **citósol** é o principal mecanismo desencadeador dos processos induzidos pela radiação laser de baixa intensidade. De notar também que todas as transformações fisiológicas resultantes que ocorrem nos mais diversos níveis são cálcio-dependentes [S. V. Moskvín, 2003].

O conhecimento existente sobre o papel do cálcio na manutenção da homeostase é, hoje, cada vez maior. Por exemplo, a alteração do potencial da **membrana mitocondrial** e o aumento do pH intracelular induzidos por Ca²⁺ provocam uma intensificação da produção do ATP, exponenciando a proliferação energética e celular [T. I. Karu, 2000; M. Schaffer et al., 1997].

É importante referir que, na maioria dos casos, a própria organização da célula assegura a sua homeostase precisamente através da influência que o cálcio exerce sobre os processos energéticos.

Neste caso, o circuito RLC da célula (cálcio do citósol/calmodulina (CaM)/sistema de nucleótidos cíclicos) serve de mecanismo coordenador concreto [F. Z. Meerson, 1984].

O aumento local de concentração de Ca²⁺ não termina com a distribuição difusa e uniforme de iões no citósol ou activação de mecanismos responsáveis pelo bombeamento do cálcio extra para os depósitos intracelulares, sendo, isso sim, acompanhado pela propagação de ondas de elevada concentração de Ca²⁺ no interior da célula ao provocar numerosos processos cálcio-dependentes [E. Alexandratou et al., 2003; R. Y. Tsien, M. Poenie, 1986].

Além destas **ondas intracelulares**, a informação pode ser transmitida célula a célula por meio de **ondas intercelulares** - conforme já foi descrito - para as células endócrinas [T. Fauquier et al., 2001], gástrula dos vertebrados [J. B. Wallingford et al., 2001] e rim intacto perfusado [L. D. Robb-Gaspers, A. P. Thomas, 1995].

Em alguns casos, as **ondas intercelulares** podem passar de um tipo de células para outro, o que acontece no caso de **células endoteliais** e células de músculos lisos [Y. Yashiro, B. R. Duling, 2000]. O próprio facto da existência da propagação de ondas de Ca²⁺ é muito importante para explicar o mecanismo de generalização da acção induzida pela radiação laser na cicatrização de uma lesão de grandes dimensões (por exemplo, uma queimadura) após a exposição de uma área local à radiação laser de potência reduzida.

Alterações causadas pela radiação laser de baixa intensidade no organismo

A laserterapia começou a ser utilizada em diferentes áreas da medicina graças à capacidade de a radiação laser de baixa intensidade produzir efeitos bioquímicos e fisiológicos mais diversos.

Estes efeitos manifestam-se sob a forma de um conjunto de reacções de adaptação e compensação resultantes de efeitos primários nos tecidos, nos órgãos e no organismo em geral, destinadas à recuperação das células, dos tecidos, dos órgãos e do organismo em geral. V. I. Kozlov e V. A. Builin (1998) destacam as seguintes reacções:

- 1 - Intensificação do metabolismo celular e aumento da actividade funcional da célula;
- 2 - Estimulação dos processos de reparação;
- 3 - Acção anti-inflamatória;
- 4 - Intensificação da microcirculação sanguínea e aumento do nível de abastecimento trófico dos tecidos;
- 5 - Acção analgésica;
- 6 - Acção imunoestimuladora;
- 7 - Acção reflexógena sobre a actividade funcional de vários órgãos e sistemas.

Além das reacções fisiológicas acima descritas, para ter uma visão geral dos efeitos terapêuticos da radiação laser é necessário saber de que modo a radiação laser pode exercer influência sobre os mecanismos de regulação neuro-humoral.

A comunidade médica associada à investigação e/ou prática da medicina laser – na qual estamos inseridos – encara a radiação laser de baixa intensidade como factor não específico, cuja acção não é direccionada contra o agente ou sintomas da doença, mas que tem por objectivo aumentar a resistência (vitalidade) do organismo.

Trata-se do bioregulador quer da actividade bioquímica celular quer das funções fisiológicas do organismo em geral, nomeadamente dos sistemas neuro-endócrino, endócrino, vascular e imunitário.

O mecanismo apresentado funciona como gerador neurodinâmico espontâneo capaz de ajustar o seu funcionamento segundo o princípio de **sistemas auto-reguladores**. Tal mecanismo, dotado de **mobilidade neurodinâmica**, não só é capaz de assegurar um ajustamento adaptativo, em constante mudança, da regulação de todo o leque de processos plásticos e metabólicos, conforme supôs e brilhantemente provou V. V. Skuptchenko (1991), mas também de gerir toda a hierarquia de sistemas reguladores desde o nível celular até ao sistema nervoso central, inclusive as reestruturações endócrinas e imunológicas [S. V. Moskvín, 2003].

Por norma, verificam-se transições constantes do **estado fásico** para o estado tónico e vice-versa. O stress é provocado pela activação dos **mecanismos reguladores fásicos (adrenérgicos)**, que G. Selier (1960) descreve nas suas detalhadas pesquisas como síndrome geral de adaptação.

Simultaneamente, em resposta à predominância da influência dopaminérgica, são activados os mecanismos reguladores tónicos (gabaérgico e colinérgico). Este facto é o ponto fundamental que permite explicar o princípio do papel auto-regulador do gerador neurodinâmico. Por norma, ao cooperar entre si, ambos os sistemas recuperam o equilíbrio perdido.

Numerosas doenças relacionam-se com a predominância de um dos estados do mencionado sistema regulador. Caso o factor de stress seja duradouro e não compensado poderão ocorrer falhas no funcionamento do gerador neurodinâmico, em que se observa a fixação patológica no estado fásico (o que se verifica mais frequentemente) ou na fase tónica, ao passar para o regime de constante alerta para responder à excitação.

Assim sendo, o stress, ou tensão nervosa constante, poderá ocasionar um deslocamento da homeostase, fixando-a de forma patológica no estado fásico ou tónico ao causar as respectivas doenças, cujo tratamento deverá privilegiar, antes de mais, a correcção da homeostase neurodinâmica.

Vários aspectos combinados (predisposição hereditária, determinado tipo de constituição física, factores exógenos e endógenos vários, etc.) poderão gerar o desenvolvimento de uma patologia concreta num indivíduo específico, embora todas as patologias apresentem uma causa comum: a predominância estável de um dos estados do gerador neurodinâmico.

Atentemos a factos de extrema importância: por um lado, o Sistema Nervoso Central (SNC) e o Sistema Nervoso Periférico (SNP) estão a efectuar a regulação de vários processos em todos os seus níveis; por outro, um factor externo local, como a radiação laser de reduzida intensidade, poderá gerar deslocamentos sistémicos, eliminando o desequilíbrio do gerador neurodinâmico (a verdadeira causa da doença). Através da acção local da radiação laser é possível extinguir a forma generalizada da doença. Estes aspectos devem ser tidos em consideração aquando da elaboração de métodos de laserterapia.

Na maior parte dos casos, os métodos referem as doses mínimas, mais comuns, da radiação laser (1 a 3 J/cm² para a radiação contínua). Contudo, na prática clínica, por vezes é exigida precisamente a acção inibidora da radiação laser de intensidade de baixo nível.

Em suma

O recurso a uma análise sistémica permitiu elaborar uma teoria geral dos mecanismos de acção biológica da radiação laser de baixa intensidade. Esta acção apresenta como factor primário os transtornos termodinâmicos locais, que geram uma série de reacções fisiológicas cálcio-dependentes do organismo. Refira-se também que a direcção das reacções depende da dose administrada e da área de aplicação da radiação, bem como do estado em que o organismo se encontra numa fase inicial.

Esta concepção não só permite explicar praticamente todos os factos até agora conhecidos, mas também prever os efeitos da radiação laser de baixa intensidade sobre os processos fisiológicos e tirar conclusões sobre a possibilidade do aumento de eficácia da laserterapia.

Indicações da radiação laser de baixa intensidade

A principal indicação para aplicar laser de baixa intensidade resulta de um conjunto de necessidades:

- Síndromes de dor de carácter neurógeno e orgânico;
- Alterações na microcirculação;
- Modificações no estado imunitário;

- Sensibilidade do organismo aos medicamentos, bem como manifestações alérgicas;
- Patologias de carácter inflamatório;
- Necessidade de estimular os processos de reparação e regeneração dos tecidos;
- Necessidade de estimular os sistemas de regulação da homeostase (reflexoterapia).

Contra-indicações da radiação laser de baixa intensidade:

De referir que a laserterapia não apresenta contra-indicações específicas. No entanto, é possível que se verifiquem limitações na aplicação da radiação laser de nível inferior em função do estado geral do paciente, da fase em que a(s) patologia(s) em causa se encontra(m), entre outros aspectos. Em áreas da medicina como a oncologia, a psiquiatria, a endocrinologia, a pediatria ou no tratamento da tuberculose é imprescindível que a laserterapia seja indicada e realizada por um especialista ou, no mínimo, com a sua participação directa.

Bibliografia:

Moskvin C. V., Atchilov A.A. Bases da terapia de Laser// “Triada”, 2008. – 256 p.