

TEMAS DE REABILITAÇÃO

AGENTES FÍSICOS

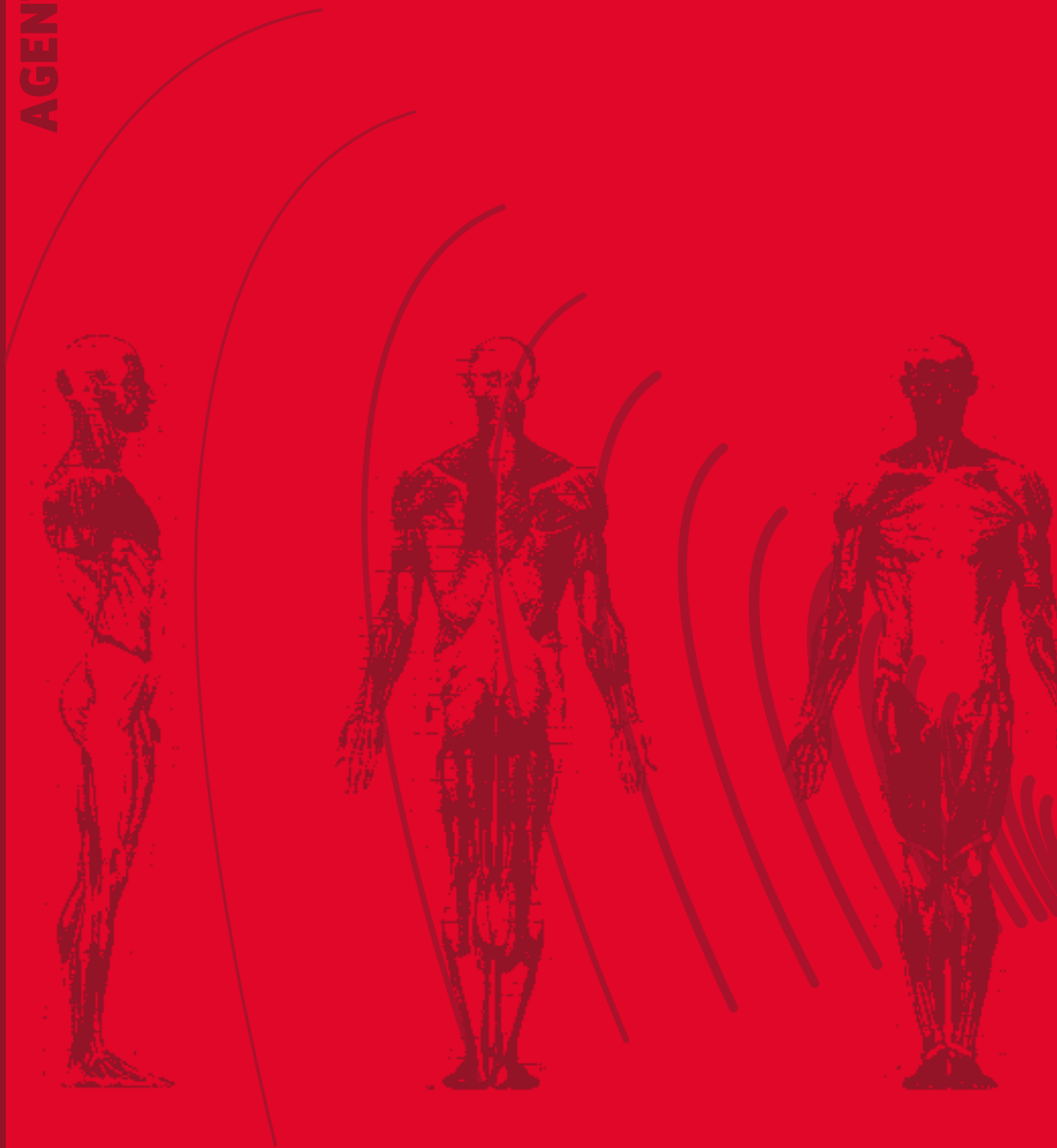
MAGNETOTERAPIA

LASERTERAPIA

VIBROTHERAPIA

ONDAS DE CHOQUE

*Pedro Soares Branco
e colaboradores*



TEMAS DE REABILITAÇÃO

AGENTES FÍSICOS

MAGNETOTERAPIA

LASERTERAPIA

VIBROTHERAPIA

ONDAS DE CHOQUE

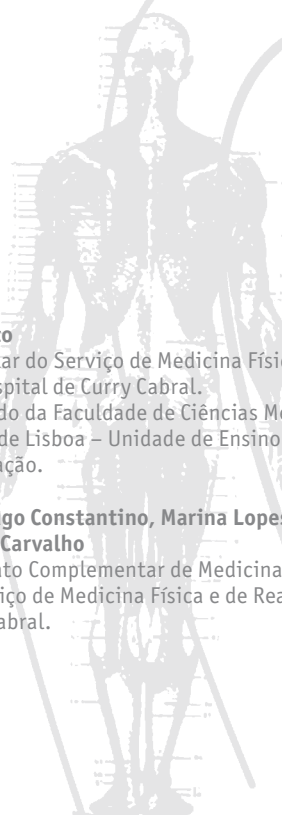
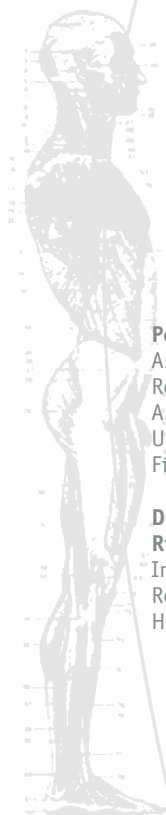
Pedro Soares Branco

Assistente Hospitalar do Serviço de Medicina Física e de Reabilitação do Hospital de Curry Cabral.

Assistente Convidado da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Nova de Lisboa – Unidade de Ensino de Medicina Física e de Reabilitação.

Duarte Martelo, Hugo Constantino, Marina Lopes, Ricardo José, Rita Tomás e Tiago Carvalho

Internos do Internato Complementar de Medicina Física e de Reabilitação – Serviço de Medicina Física e de Reabilitação do Hospital de Curry Cabral.



FICHA TÉCNICA

TEMAS DE REABILITAÇÃO

AGENTES FÍSICOS

Magnetoterapia

Laserterapia

Vibroterapia

Ondas de choque

Texto

© **Pedro Soares Branco** e colaboradores

Edição

© **Medesign – Edições e Design de Comunicação, Lda**

Rua Gonçalo Cristóvão, 347 (Centro Empresarial Mapfre) – s/217

4000-270 Porto · Portugal

Telf. 222001479 Fax. 222001490

medesign@netcabo.pt

Pré-Impressão

Medesign, Lda

Impressão

Inova – Artes gráficas

Depósito Legal

230779/05

Agosto 2005

Edição exclusiva para:

Sanofi Aventis / NIMED

5000 exemplares

© Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em qualquer suporte ou transmitida por qualquer forma (electrónica, mecânica ou outra) sem permissão expressa dos editores.

Os autores e editores fizeram todos os esforços para assegurar a exactidão da informação presente neste livro, mas não se responsabilizam por quaisquer erros ou omissões. Assim, e também porque a investigação médica avança constantemente a grande ritmo, recomenda-se ao leitor que complemente a sua formação através de uma avaliação pessoal dos métodos terapêuticos referidos e das respectivas condições de utilização.

Ao Professor Doutor Mário Moura, junto do qual dei os primeiros passos na aprendizagem da especialidade e, mais tarde, no seu ensino.

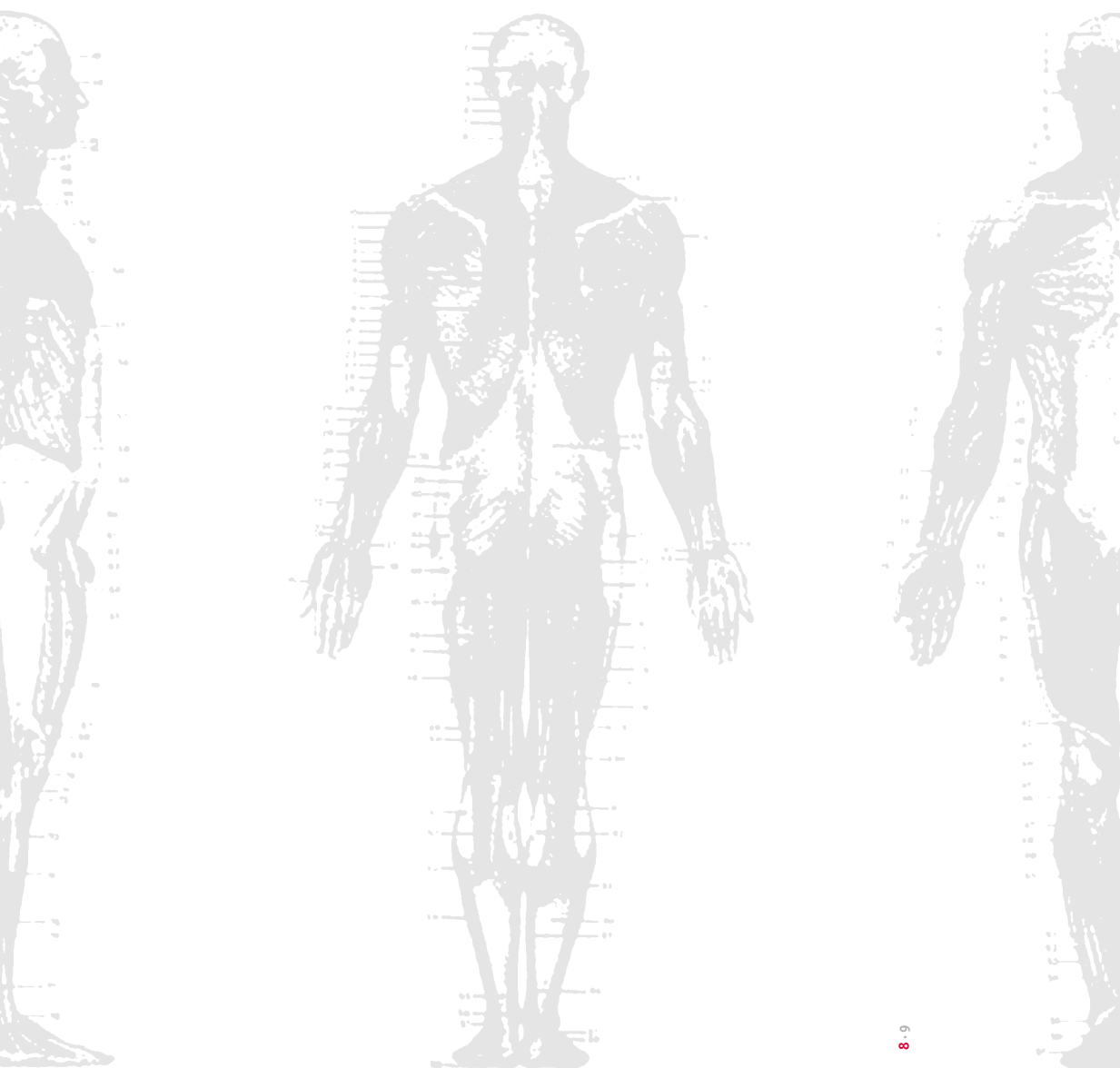
Ao Dr. Luís Pires Gonçalves, médico, humanista e homem de invulgar cultura, pelas suas qualidades tão raras quanto inspiradoras.

ÍNDICE

TEMAS DE REABILITAÇÃO

AGENTES FÍSICOS

Introdução	09
01 MAGNETOTERAPIA	11
Terapia por campos magnéticos	
02 LASERTERAPIA	21
Terapia por laser	
03 VIBROTERAPIA (ULTRASSONOTERAPIA)	33
Terapia por ultra-sons	
04 ONDAS DE CHOQUE	45
Terapia por ondas de choque extra-corporais	
Bibliografia	60
Agradecimentos	63



A utilização terapêutica de agentes físicos perde-se na noite dos tempos, existindo, por exemplo, descrições sobre a utilização, pelos antigos egípcios, de enguias eléctricas no tratamento das crises de gota. De Aristóteles a Einstein, a história dos agentes físicos está repleta de nomes ilustres, como Galvani, Muller, Volta, Faraday e Duchenne, para citar apenas alguns. É imperativo que a investigação continue, sistematizando indicações, normalizando formas de actuação e rejeitando definitivamente tudo o que se prove ineficaz. Mas para que isso aconteça, a utilização dos agentes físicos segundo os princípios que hoje se consideram mais adequados é uma condição fundamental. Este trabalho pretende apenas alinhar, de forma tão clara quanto possível, um punhado de noções básicas sobre alguns dos agentes físicos mais frequentemente utilizados: campos magnéticos, lasers, ultra-sons e ondas de choque extra-corporais. Noutro volume será tratada a utilização de frio, calor superficial, calor profundo e correntes eléctricas. O seu objectivo não é dispensar a leitura de outros textos, mas pelo contrário sublinhar a importância dessas leituras, alertando para a enganosa simplicidade dos agentes físicos e para a necessidade de basear a sua prescrição nos princípios científicos que devem reger toda a actividade médica.

MAGNETOTERAPIA

TERAPIA POR CAMPOS MAGNÉTICOS

01

01

MAGNETOTERAPIA

TERAPIA POR CAMPOS MAGNÉTICOS

DEFINIÇÃO:

A magnetoterapia consiste na utilização de campos magnéticos com fins terapêuticos, aproveitando a influência destes nas cargas eléctricas e iónicas do organismo. A primeira referência aos efeitos terapêuticos dos campos magnéticos surgiu no início do século XVI com Paracelsus, mas só recentemente se desenvolveu um verdadeiro interesse quanto aos efeitos biológicos dos campos magnéticos e à sua utilização na prática clínica.

A magnetoterapia visa no essencial a estimulação metabólica mediante aporte de energia magnética. Importa distinguir a aplicação de campos magnéticos produzidos através da corrente eléctrica (magnetoterapia propriamente dita) dos obtidos através de ímans (imanoterapia) e ter presente que todos os seres vivos se encontram sob a influência do campo magnético terrestre, cuja intensidade média se situa actualmente entre 0,4 e 0,5 Gauss.

PROPRIEDADES FÍSICAS

O campo magnético estabelece-se entre dois pólos, norte e sul, sob a forma de linhas. A intensidade do campo magnético expressa-se em *Oersteds*. O campo magnético afecta de forma distinta as diferentes substâncias, fenómeno denominado por **indução magnética** e expresso em *Tesla* ou *Gauss*. A indução magnética não é mais do que o produto da intensidade do campo magnético pela “permeabilidade magnética” duma substância.

Tesla (unidade do Sistema Internacional) e Gauss são medidas de densidade de linhas magnéticas por unidade de superfície. 1 Tesla [T] equivale a 10.000 Gauss [Ga]. No organismo humano a indução magnética é praticamente igual à intensidade do campo magnético pelo que se generalizou, ainda que de forma equívoca, o uso do termo intensidade para designar indução.

Os aparelhos disponíveis possuem geralmente um limite máximo de 100 Gauss, embora alguns possam atingir os 200 Gauss. Importa ter em conta se a energia regulada se refere a um campo contínuo ou pulsátil, pois neste último caso a energia fornecida é consideravelmente menor. Aplicam-se intensidades médias nos casos em que se pretende obter um efeito anti-edematoso e trófico. As intensidades baixas estão indicadas nas situações em que se pretende um efeito analgésico, miorelaxante e hiperémico. Idealmente dever-se-ia utilizar um medidor de Gauss (gaussímetro) para aferir da quantidade efectiva de energia aplicada e do correcto funcionamento do aparelho.

A frequência de pulso pode ser fixa (50 Hz, a mais utilizada, ou 100 Hz) ou variável (entre 1 e 5000 Hz). Valores inferiores a 100 Hz são considerados frequências baixas. Os pulsos magnéticos podem ser de três tipos: campo contínuo, campo alternado ou campo pulsado. O campo contínuo comporta-se

como um ímã clássico; mantém sempre a mesma polaridade e é gerado por uma corrente contínua. Está indicado quando se pretende uma acção anti-inflamatória ou trófica em patologia crónica (norte: processos agudos; sul: processos crónicos). O campo alterno é composto por ondas sinusoidais negativas e positivas, com inversão constante da polaridade. Está indicado em patologia crónica do foro reumatológico e em contracturas musculares. O campo pulsado é composto por impulsos triangulares, rectangulares ou sinusoidais e mantém sempre a mesma polaridade.

EQUIPAMENTO

O equipamento consiste num dispositivo gerador de um campo preferencialmente magnético (superior a 90%), com possibilidade de regulação da intensidade, frequência, forma da onda e sentido do campo. Pode ter a forma de um gerador de corrente, de bobinas ou solenóides de núcleo de ar de diferentes tamanhos, geralmente 20 e 60 cm de diâmetro, de marca com solenóide deslizante de grandes dimensões (figura 1), para varrimento de grandes regiões anatómicas (existem unidades que apresentam dois solenóides colocados em série)



Figura 1: Aparelho de magnetoterapia com solenóide deslizante.



Figura 2: Aparelho de magnetoterapia para aplicações localizadas.

ou de aplicadores em formas de placa (quadradas ou redondas) situados sobre a região a tratar (figura 2). Permite, na maioria dos casos, regular a forma da onda (modalidade contínua, pulsátil ou alterna), a polaridade magnética, o tempo da sessão, a intensidade, a frequência e a posição do solenóide.

FORMAS DE APLICAÇÃO

O doente deve ser colocado em posição cómoda. O solenóide deve envolver a zona a tratar. No caso dos solenóides cilíndricos, o membro deve situar-se o mais próximo possível da superfície do solenóide. Os aplicadores em forma de placa, reservados para tratamentos mais localizados, devem colocar-se directamente sobre a pele ou através de gaze seca na zona a tratar. As sessões devem ter duração de 30 a 60 minutos. A excepção será o atraso de consolidação óssea, situação na qual as sessões deverão ser mais prolongadas. O número de tratamentos a realizar varia consoante se trate de patologia aguda ou crónica, com maior número de sessões neste último caso.

MECANISMO DE ACÇÃO E PRINCIPAIS EFEITOS

Admite-se que o campo electromagnético induz uma deformação mecânica que provoca a reorientação mecânica de moléculas e átomos de determinadas estruturas, com a consequente alteração da sua configuração espacial. No caso do tecido ós-

seo, por exemplo, atribui-se ao campo electromagnético um efeito de regeneração quando se consegue suficiente electro-negatividade na proximidade da zona afectada por um atraso de consolidação. Para tal aplicar-se-iam 2 bobinas polarizadas de forma que o pólo norte obtenha a electronegatividade suficiente para estimular o crescimento do calo ósseo. De acordo com o efeito Hall, as linhas de força magnética mobilizam os electrões de forma que estes são atraídos pelo pólo norte e repelidos pelo pólo sul. Os principais efeitos da magnetoterapia são os seguintes:

- Promoção de aporte energético à bomba de sódio-potássio.
- Restabelecimento do equilíbrio iónico da membrana celular, normalizando o potencial de membrana alterado.
- Minimização do consumo de oxigénio.
- Estimulação da síntese de ATP, AMPc e ADN, favorecendo a síntese proteica, a divisão celular e a produção de prostaglandinas.
- Orientação dos dipolos magnéticos.
- Produção de correntes induzidas intra e extra-celulares.
- Activação dos sistemas oxiredutores a nível dos ribossomas e da cadeia enzimática da respiração celular.
- Promoção da libertação de substâncias anti-inflamatórias.
- Promoção da formação de calo ósseo por acção magnética directa e por acção eléctrica do campo induzido, bem como pelo estímulo das células produtoras de colagénio.
- Melhoria do ordenamento das fibras de colagénio a nível do foco de fractura.
- Promoção da fixação de cálcio no osso.
- Através de um mecanismo de iontoforese, produção de um aumento de deposição mineral nas fibras de colagénio, facilitando a ossificação.
- Estimulação da síntese de ácido hialurónico.
- Estimulação da formação de fibroblastos.
- Activação dos osteoblastos.
- Estimulação da actividade fagocitária dos leucócitos.
- Promoção da formação de novos vasos sanguíneos.

- Aumento da circulação periférica.
- Diminuição da viscosidade sanguínea.
- Estimulação do retorno venoso.
- Melhoria do metabolismo aeróbio.
- Aumento da pressão parcial de oxigénio nos tecidos.
- Aumento da libertação de endorfinas.

PRINCIPAIS EFEITOS COM UTILIDADE TERAPÊUTICA

Os principais efeitos com utilidade terapêutica da magneto-terapia incluem: efeito trófico sobre órgãos e tecidos (por aumento da pressão parcial de oxigénio e vasodilatação), efeito anti-inflamatório (decorrente, entre outros, dos efeitos circulatórios), discreto efeito analgésico através da acção directa nas terminações nervosas, libertação de endorfinas e da acção anti-inflamatória, efeito descontracturante (músculo estriado) e anti-espasmódico (músculo liso) por diminuição do tónus simpático, efeito piezoeléctrico com estimulação do calo ósseo, efeito estimulante sobre a cicatrização de feridas (aumento da produção de colagénio), efeito sedativo (aumento de endorfinas) e efeito relaxante generalizado (relaxamento muscular e acção hipotensora).

INDICAÇÕES

EM PATOLOGIA DO APARELHO LOCOMOTOR:

- Atrasos de consolidação de fracturas: maior eficácia no indivíduo jovem
- Pseudartroses congénitas e adquiridas
- Artroplastia total da anca: alívio da dor leve a moderada no contexto de falência da prótese
- Artrodese vertebral
- Osteartrose
- Entorses
- Contusões
- Tendinites

- Algoneurodistrofia
- Artrite reumatóide
- Osteoporose (eficácia duvidosa)

EM PATOLOGIA VASCULAR:

- Insuficiência venosa periférica
- Flebites, úlceras varicosas (utilizando intensidades elevadas)
- Doença obstrutiva arterial crônica

EM PATOLOGIA DERMATOLÓGICA:

- Dermatite atrófica (intensidades baixas)
- Psoríase
- Úlceras de pressão (vantagens na associação com laserterapia)
- Queimaduras

EM PATOLOGIA NEUROLÓGICA:

- Insuficiência vascular cerebral
- Acidente vascular cerebral
- Esclerose múltipla
- Neuropatias periféricas e lesão nervosa periférica (melhoria da vascularização e condução nervosa e promoção do processo de reinervação)
- Nevrites e nevralgias

CONTRA-INDICAÇÕES

Com exceção dos doentes portadores de “pacemaker”, não existem contra-indicações absolutas. No entanto, deve ser utilizada com precauções especiais durante a gravidez, bem como na presença de neoplasias e patologia cardíaca. Em ortotraumatologia, deve ser utilizada com precaução na presença de material de osteossíntese e ainda em situações de pseudartrose, fracturas com imobilização deficiente, fracturas com distância superior a 1 cm entre os topos ósseos e em fracturas patológicas ou com interposição de tecidos moles. À excepção de casos pontuais, desaconselha-se a aplicação em simultâneo com outras modalidades de electroterapia.

LASERTERAPIA

TERAPIA POR LASER

02

02

LASERTERAPIA

TERAPIA POR LASER

INTRODUÇÃO:

O termo laser significa “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”, ou seja, amplificação luminosa por emissão estimulada de radiação. Em 1913, Bohr concebeu o modelo atômico para a constituição da matéria, defendendo a existência de estados energéticos estacionários quantificados. Segundo este modelo, cada átomo é constituído por um núcleo central de cargas eléctricas positivas, rodeado por igual número de cargas eléctricas negativas, distribuídas em várias “camadas” correspondentes a níveis energéticos precisos crescentes. A absorção de energia por um átomo leva à sua excitação, com passagem de um electrão para uma camada de energia superior. O regresso ao estado fundamental, correspondente ao estado de menor energia de um átomo, faz-se com a libertação da energia anteriormente absorvida.

Em 1917, Einstein introduziu o conceito de emissão espontânea de luz: quando um átomo num estado excitado (E_1) regressa ao estado fundamental (E_0), liberta a energia previamente absorvida sob a forma de um fóton cuja emissão é espontânea e alea-

tória (figura 3). O efeito laser consiste numa emissão induzida de luz na qual um átomo previamente excitado é atingido com um fóton de uma radiação incidente cuja energia é exactamente igual a aquela que foi necessária para excitar o átomo inicialmente. Este átomo volta ao seu estado fundamental restituindo um fóton que terá todos os parâmetros idênticos aos do fóton incidente (mesma direcção, fase, polaridade e energia). Assim, é possível obter dois fótons (incidente e induzido) a partir de um único fóton (figura 4). Estes vão estimular mais dois átomos, e assim sucessivamente, numa reacção em cadeia com amplificação considerável da energia inicial. A teoria da emissão induzida de Einstein só foi demonstrada na prática em 1960 pelo físico norte-americano Theodor Maiman, responsável pela construção do primeiro aparelho de laser.

Um aparelho de laser apresenta três componentes básicos: o material activo, a fonte de energia exterior e o oscilador óptico (figura 5). O material activo, que pode ser sólido, gasoso ou líquido, é composto por moléculas e átomos susceptíveis de serem facilmente excitados, favorecendo os fenómenos de emissão estimulada com o máximo rendimento. A fonte de energia exterior serve para provocar o fenómeno de emissão estimulada, ou seja, para realizar o “bombardeamento” que leva à inversão da população (maior número de átomos excitados do que no estado fundamental), indispensável para o efeito que se pretende. O oscilador óptico ou cavidade oscilatória vai permitir a amplificação. É a parte mais complexa do laser, sendo composta por dois espelhos paralelos, um opaco e outro semi-transparente.

A emissão estimulada cria uma radiação, que por sua vez vai estimular mais átomos e permitir um grande número de transições, levando à amplificação. Para que a amplificação seja significativa, é necessário que o trajecto que a radiação faz seja longo, o que se consegue pela utilização dos espelhos. Nestes, a radiação é reflectida a cada passagem, percorrendo

uma grande distância e aumentando o número de transições, o que resulta num ganho energético significativo. O espelho semi-transparente permite que uma pequena proporção de fótons saia para o exterior, formando um feixe com um determinado comprimento de onda.

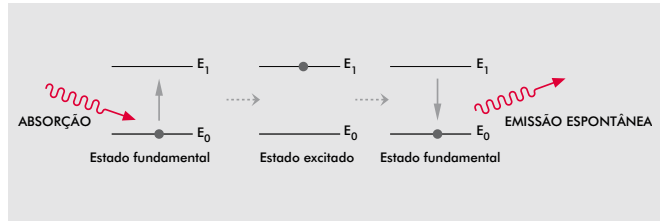


Figura 3: Emissão espontânea de luz.

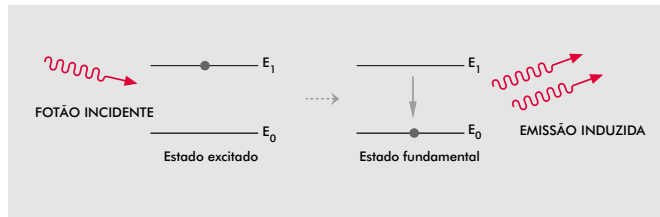


Figura 4: Emissão induzida de luz.

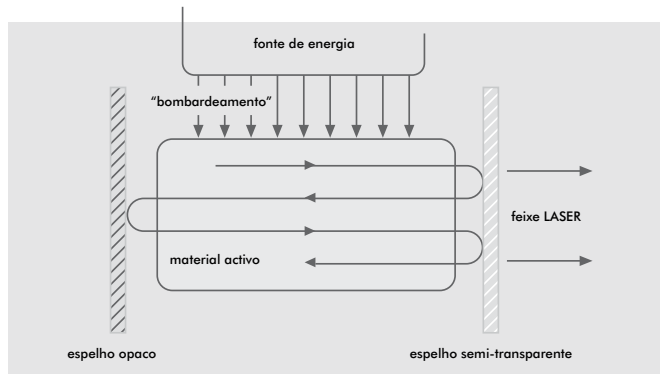


Figura 5: Esquema de um aparelho de laser.

PROPRIEDADES FÍSICAS

O laser apresenta ao seu nível fundamental o fóton, não diferindo neste aspecto da luz “clássica”, mas caracteriza-se pelo agrupamento de um número considerável de fótons com o mesmo comprimento de onda. Portanto, mais do que um tipo de luz, o laser é um efeito aplicável à luz. Todos os tipos de laser apresentam quatro características comuns: a coerência, a direcção, a monocromaticidade e a luminiscência. A coerência significa que todos os fótons se encontram na mesma fase, isto é, todos oscilam na mesma cadência (ao mesmo tempo e no mesmo plano). O feixe tem uma única direcção (feixe unidireccional), perpendicular aos espelhos. Todos os fótons são paralelos e praticamente não se afastam no infinito, o que permite a utilização do laser como ponteiro. A monocromaticidade significa que só um determinado comprimento de onda, dependendo do meio utilizado, é amplificado. A luminiscência corresponde à concentração de radiações fotónicas por unidade de tempo e de superfície. A grande quantidade de energia focalizada numa superfície reduzida permite atingir uma elevada intensidade, permitindo a utilização do laser como instrumento terapêutico.

O comprimento de onda, inversamente proporcional à frequência, é específico de cada tipo de laser e serve habitualmente de base à sua classificação. Outra característica específica, a potência, reflecte o número de fótons e a energia de cada um deles. O modo de emissão é determinado pelo tipo de substância activa. No caso dos sólidos, a emissão é pulsátil, porque o “bombardeamento” prolongado provocaria um desarranjo térmico severo, com destruição do material activo. No caso dos gases, por outro lado, a emissão contínua é possível, e até mesmo indispensável. Ambos os tipos de emissão permitem modulação, ou seja, variação de intensidade ao longo do tempo. Existem vários termos utilizados para quantificar e do-

sear a radiação laser: potência, energia total de tratamento, energia total por ponto de aplicação, densidade de energia e densidade de potência.

A potência corresponde à energia libertada num segundo. A unidade de potência é o watt, que corresponde a 1 joule/seg. No caso dos aparelhos de emissão pulsátil é necessário calcular a potência média. A energia total de tratamento, expressa em joules, depende do tempo e da potência de emissão. A energia total por ponto de aplicação obtém-se ao dividir a energia total de tratamento pelo número de pontos de aplicação. A densidade de energia (ou fluxo energético), expressa em J/cm^2 consiste na relação entre a energia administrada por um laser e a área de superfície de um ponto ("spot") de aplicação. A densidade de potência é um dos parâmetros mais importantes, porque se relaciona com os diferentes efeitos sobre os tecidos. Refere-se à relação entre a potência e a área de superfície de um "spot" e a sua unidade é o W/cm^2 . Os aparelhos de laser usados em Medicina Física e de Reabilitação têm potências entre 5 e 60 mW, pelo que são considerados de baixa potência. São essencialmente de dois tipos: os de Arsénio-Gálio (As-Ga), que emitem, de forma pulsátil, radiação invisível na banda dos infra-vermelhos (figura 6) e os de Hélio-Néon (He-Ne), que emitem, de forma contínua, radiação vermelha. Pela adaptação de um obturador especial, os aparelhos de laser de Hélio-Néon podem também emitir de forma pulsátil.

Ao incidir sobre a pele, a radiação laser está sujeita ao fenómeno de reflexão, que é mínima para um ângulo de incidência de 90° . A reflexão aumenta com a existência de substâncias, como líquidos ou gordura, sobre a pele. Ao atravessar os vários tipos de tecidos, a radiação sofre diversos efeitos, que incluem a refração, transmissão e absorção. Ao incidir sobre tecidos com diferentes índices de refração, a trajetória do



Figura 6: Aparelho de laser de Arsénio-Gálio.

feixe varia, havendo várias reflexões internas, até que cada fotão seja absorvido. Este conjunto de fenómenos é conhecido por “scattering” ou dispersão (figura 7). A maior penetração nos tecidos é obtida com radiação entre 600 e 1100 nm de comprimento de onda, intervalo no qual emitem os aparelhos de laser de baixa potência.

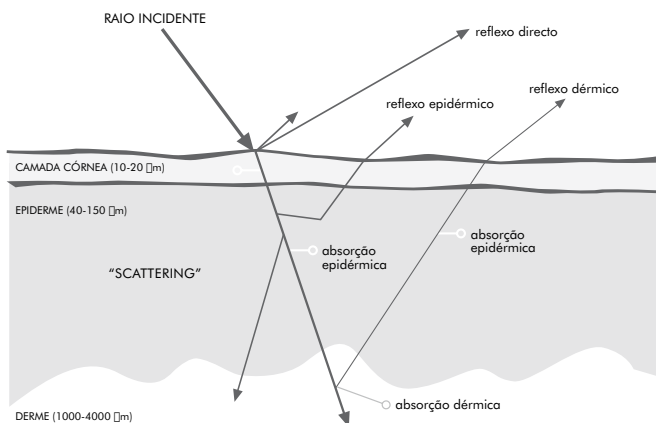


Figura 7: Fenómeno de “scattering” ou dispersão.

MECANISMO DE ACÇÃO E PRINCIPAIS EFEITOS

Os efeitos do laser sobre os tecidos variam com a densidade de potência, sendo esta de $0,001-1 \text{ W/cm}^2$ em reabilitação. Nesse intervalo o efeito é atérmico existindo a conversão de energia lumínica em energia bioquímica, capaz de gerar efeito bio-estimulante ou analgésico. A pequena dissipação térmica que necessariamente se produz, num tecido irradiado mais de 10 minutos, não aumenta a temperatura mais de um grau Celsius. Com densidades de potência crescentes vai havendo elevação da temperatura, até se atingir a disrupção mecânica dos tecidos.

O mecanismo de acção sobre os tecidos parece depender da existência de foto-receptores, capazes de absorver a radiação e induzir uma variação no metabolismo celular. A foto-estimulação depende da monocromaticidade da emissão, actuando sobre os vários tipos de foto-receptores dispersos no organismo. Os efeitos biológicos do laser podem dividir-se em primários ou directos e secundários ou indirectos. Os efeitos primários correspondem aos efeitos da radiação a nível celular, incluindo efeitos bioquímicos, entre os quais o aumento da síntese de ATP mitocondrial e efeitos bioeléctricos, com regularização do potencial de membrana. Considerando que nos processos inflamatórios existe um desequilíbrio iónico na membrana celular, cuja normalização necessita de um grande consumo de ATP, o laser poderá contribuir, através dos seus efeitos primários, para a normalização do metabolismo celular.

Os efeitos secundários decorrem dos efeitos primários, que permitem aumentar o índice mitótico, activar a formação de várias proteínas e estimular a micro-circulação. Quando não existe lesão, não há lugar à produção de efeitos primários, pelo que associa à radiação laser o chamado efeito eutrófico. Os efeitos secundários incluem, a nível local, a melhoria na qualidade e rapidez da cicatrização, a activação dos processos

de regeneração de fibras nervosas, a neoformação de vasos e a regeneração do tecido ósseo.

As alterações biológicas induzidas pelo laser condicionam efeitos terapêuticos. O efeito anti-inflamatório, que se encontra bem demonstrado, relaciona-se com a estimulação da microcirculação e a regeneração dos linfáticos, melhorando a drenagem da zona inflamada. Foi também demonstrado que os lasers de Hélio-Néon activam defesas humorais específicas e inespecíficas, modificando as concentrações de prostaglandina E e a histamina. O laser tem uma acção bioestimulante e trófica, nomeadamente em zonas com depleção celular por perda de substância, como úlceras, queimaduras, fracturas ou lesões nervosas. O efeito anti-álgico, demonstrado em processos agudos e crónicos, relaciona-se com o aumento do limiar doloroso, inibição da transmissão do estímulo doloroso e aumento dos níveis de endorfinas.

NORMAS DE APLICAÇÃO

A aplicação terapêutica de laser deve respeitar um conjunto de regras básicas. É indispensável a utilização de óculos de protecção específicos para o comprimento de onda usado, tanto pelo doente como pelo técnico que efectua o tratamento (figura 8). A sala de tratamento não deve ter superfícies reflectoras (espelhos, vidros, superfícies metálicas). A pele da zona de tratamento deve ser cuidadosamente limpa e a aplicação deve ser perpendicular à pele, devendo os vários pontos de tratamento distar 0,5 a 2 cm entre si. No final de cada tratamento deve proceder-se à limpeza e verificação da ponteira laser.

A maior parte dos autores refere que a melhoria deve ser verificada por ocasião da sexta sessão de tratamento, devendo o número total de sessões ser, em média, de dez. A escolha do tipo de laser a utilizar deve ter em consideração o facto



Figura 8: Óculos de protecção para aplicação terapêutica de laser.

dos aparelhos de Hélio-Néon produzirem efeitos mais superficiais que os de Arsénio-Gálio. Alguns valores indicativos de densidade de energia e frequência de emissão, em diversas situações, são apresentados no quadro 1.

EFEITO PRETENDIDO	DENSIDADE DE ENERGIA (J/cm²)
Analgésico	2-4
Anti-inflamatório	1-3
Cicatricial	3-6
	FREQUÊNCIA DE EMISSÃO (Hz)
Analgésico e anti-espástico	10-100 Hz
Estimulação trófica	300-600 Hz
Anti-inflamatório	5000-10000 Hz

Quadro 1: Alguns valores indicativos de densidade de energia e frequência de emissão na utilização terapêutica do laser.

INDICAÇÕES

As indicações terapêuticas do laser são vastas, incluindo patologias dermatológicas, neurológicas e músculo-esqueléticas. Encontra-se indicado em traumatismos e contracturas musculares, entorses, fracturas, cicatrizes, queimaduras e úlceras, bem como nevralgias, algoneurodistrofias e patolo-

gia músculo-esquelética peri-articular. Está também indicado nas raquialgias e artralguas periféricas associadas a diversas patologias, designadamente osteoartrose e artropatias inflamatórias.

PRECAUÇÕES E CONTRA-INDICAÇÕES

A irradiação da retina representa a única contra-indicação absoluta em reabilitação. O tipo e grau das lesões na retina dependem sobretudo do comprimento de onda; os feixes com comprimento de onda na banda dos infra-vermelhos (As-Ga) são absorvidos à superfície do olho. Os aparelhos de laser que emitem radiação vermelha (He-Ne) são mais perigosos, uma vez que atravessam sem absorção as diferentes estruturas do olho, concentrando-se na retina. As lesões graves atribuídas ao laser parecem resultar sobretudo a procedimentos incorrectos na sua aplicação. Danos mais ligeiros, causados por fenómenos de reflexão do laser, só são detectáveis através do controlo periódico dos técnicos sujeitos a exposições prolongadas.

Embora não se tenham demonstrado efeitos do laser de baixa potência na proliferação de células neoplásicas ou disseminação de infecções, o laser não é utilizado na presença destas patologias. No caso de doentes grávidas, os dados existentes são contraditórios, mas embora possa não existir contra-indicação, o método não é geralmente utilizado. A irradiação da região tiroideia, pelo seu efeito na elevação dos níveis hormonais, deve ser evitada. A utilização em doentes medicados com fármacos fotossensíveis deve ser ponderada, pelo risco de potenciação dos efeitos farmacológicos. A irradiação sobre próteses metálicas é segura porque os lasers de baixa potência não têm um efeito térmico significativo. Do mesmo modo, a utilização em doentes portadores de “pace-makers” não parece implicar precauções especiais.

VIBROTERAPIA **ULTRASSONOTERAPIA**

TERAPIA POR ULTRA-SONS

03

03

VIBROTERAPIA ULTRASSONOTERAPIA

TERAPIA POR ULTRA-SONS

DEFINIÇÃO:

Os ultra-sons (US) são vibrações mecânicas da matéria semelhantes ao som mas de frequência superior a 20.000 Hz. São produzidos a partir de uma corrente eléctrica de alta frequência, transformada em energia mecânica pela passagem através de um cristal piezoeléctrico (figura 9). Para este efeito utilizou-se inicialmente o quartzo, preferindo-se hoje em dia materiais mais resistentes, como o titanato de bário e titanato de chumbo-zircónio.



Figura 9: Aparelho de ultra-sons.

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ULTRA-SONS

Os US propagam-se por fenómenos de dilatação e compressão da matéria, com transmissão de energia mecânica através de vibração molecular, podendo refractar-se e reflectir-se. A reflexão ocorre quando um feixe de US passa de um meio para outro com diferente impedância acústica e é, no corpo humano, significativa na transição entre os tecidos moles e o osso.

No feixe de ultra-sons podem considerar-se duas zonas: proximal e distal (figura 10). A zona proximal, ou zona de Fresnel, é caracterizada por fenómenos interferenciais que levam à existência de picos de intensidade superior à ajustada no aparelho. Este fenómeno é referido, na literatura anglo-saxónica, como “Beam Non-uniformity Ratio” e corresponde à relação entre o valor do ponto de intensidade máxima e da intensidade média na superfície do transdutor. Deve ser tão baixo quanto possível, aceitando-se valores entre 2 e 6.

Os efeitos terapêuticos dos US ocorrem essencialmente na zona proximal. Na zona distal, ou zona de Fraunhofer, o feixe

é divergente e caracteriza-se pela ausência de fenômenos interferenciais, apresentando uma área progressivamente maior e uma intensidade progressivamente menor com o aumento da distância ao transdutor/cabeça emissora.

O meio de propagação dos US pode ser sólido ou líquido. O ar não pode ser utilizado como meio de propagação porque a interface ar/pele reflecte a quase totalidade do feixe. Na propagação, as vibrações são difractadas, reflectidas, refractadas e absorvidas. A velocidade de propagação, que exprime a distância percorrida por unidade de tempo, varia segundo o meio de propagação, sendo tanto maior quanto mais densos forem os tecidos. O comprimento de onda corresponde à distância entre dois picos consecutivos da onda de pressão e a frequência, expressa em Hz ou ciclos por segundo, representa o número de oscilações que uma molécula realiza em 1 segundo. Considerando que os US se propagam, nos tecidos moles, a uma velocidade de 1540 metros por segundo, o comprimento de onda será de 1,5 mm para uma frequência de 1 MHz.

A impedância acústica representa a resistência à propagação do som num determinado meio de acordo com a maior ou me-

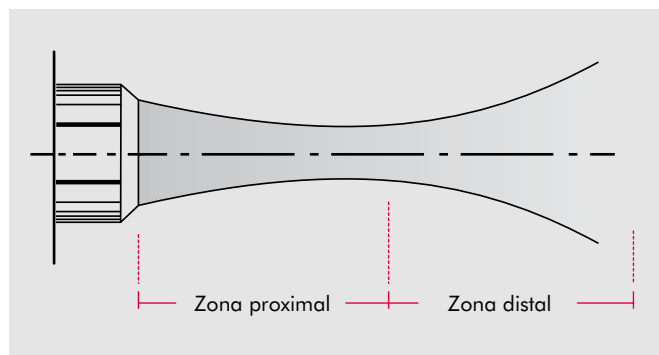


Figura 10: Feixe de ultra-sons.

nor capacidade de deformação deste. A absorção corresponde à transferência de energia do feixe de US para os tecidos. A absorção dos US aumenta à medida que a frequência aumenta, devido à fricção interna entre as moléculas para permitir a passagem do som. Devido à absorção, a intensidade do feixe vai diminuindo progressivamente, sendo a sua capacidade de penetração nos tecidos limitada.

O feixe de US transporta uma determinada quantidade de energia; a quantidade de energia por unidade de tempo equivale à potência, cuja unidade é o Watt. A intensidade corresponde à quantidade de energia por unidade de tempo dividida pela superfície do feixe e exprime-se em W/cm^2 . Habitualmente utilizam-se intensidades entre os 0,5 e os 2,5 W/cm^2 e a O.M.S. limita a intensidade dos US, para fins médicos, a um máximo de 3,0 W/cm^2 .

EFEITOS DOS ULTRA-SONS SOBRE OS TECIDOS ORGÂNICOS

Efeito termogénico: as moléculas dos tecidos são submetidas a vibrações de elevada frequência sendo a energia mecânica transformada em calor pelo processo de absorção. Os efeitos biológicos do calor podem assim ser obtidos mediante a utilização dos US, que podem elevar a temperatura tecidular até profundidades de 5 cm ou mais.

Alguns dos efeitos dos US não podem ser explicados pela termogénese. Estes incluem a cavitação (efeito vibracional de expansão e compressão de pequenas bolhas de gás presentes nos tecidos), bem como alterações mecânicas e químicas. Pode ocorrer aumento da permeabilidade celular, penetração de água em colóides e transformação de géis em sóis. Em aplicações estacionárias de US na sua forma contínua, com intensidades elevadas, pode ocorrer localmente lesão endotelial e agregação plaquetária.

Como consequência dos efeitos termogénicos e não termogénicos, podem observar-se, a nível dos tecidos, os seguintes efeitos:

- Alteração do metabolismo local, com estimulação das funções celulares e da capacidade de regeneração celular, dispersão e reabsorção de edemas, aumento da permeabilidade celular e aumento do pH tecidual.
- Extensibilidade do tecido rico em colagénio, por alteração das propriedades visco-elásticas do colagénio, com aumento da sua plasticidade. Os tecidos ricos em colagénio, como tendões, cápsulas articulares e cartilagens, absorvem uma percentagem do feixe de US 2 a 5 vezes maior do que os restantes tecidos moles, o que torna esta terapêutica especialmente direccionada para essas estruturas.
- Alterações circulatórias, com vasodilatação decorrente quer da libertação de mediadores vasoactivos, incluindo a histamina, prostaglandinas e a bradicinina, quer de reflexos espinais com diminuição da actividade adrenérgica pós-ganglionar. Ocorre vasodilatação dos vasos de resistência e um aumento da permeabilidade capilar e das vénulas pós-capilares.
- Analgesia, com elevação do limiar doloroso das terminações livres cutâneas e estimulação preferencial das fibras nervosas de grande calibre e de condução rápida (activando o mecanismo de “gate-control”) a nível medular e inibindo as fibras desmielinizadas, mais pequenas.
- Alterações da actividade contráctil do músculo esquelético, com efeito espasmolítico associado à redução da actividade do fuso neuromuscular (inibindo o reflexo de estiramento) e acção indirecta pela interrupção do ciclo dor-contração-dor.

FORMAS DE APLICAÇÃO

Na aplicação por contacto directo, com utilização de um meio de interposição adequado (como um gel), a superfície da cabeça emissora deve manter um contacto perfeito com a superfície a tratar, sem angulações, exercendo pressão suave e evitando a interposição de ar de forma a assegurar a minimização do fenómeno de reflexão na interface. A aplicação subaquática utiliza-se quando a irregularidade da região a tratar impede a coaptação perfeita entre a cabeça emissora e a superfície cutânea. Neste modo de aplicação há tendência para se formarem pequenas bolhas na superfície do transdutor e da pele, devendo-se respeitar uma distância entre ambos de 0,5 a 3 cm.

No que diz respeito ao movimento efectuado pela cabeça emissora consideram-se três métodos: estacionário, semi-estático e dinâmico. No método estacionário, não há movimento da cabeça emissora. Raramente é utilizado, pois o rápido aumento da temperatura na área tratada acarreta um grande risco de lesão. No método semi-estático produzem-se movimentos rotativos sobre uma pequena superfície e no método dinâmico, o mais usado, a cabeça emissora é movida lenta e ritmicamente em amplos movimentos de rotação a uma velocidade de cerca de 4 cm por segundo.

MODOS DE EMISSÃO

O modo de emissão pode ser contínuo ou pulsátil. O modo contínuo é termogénico e consiste na produção constante de US pelo transdutor, devendo este ser movimentado suave e lentamente sobre a pele, com mudanças de direcção, de modo que a energia se distribua de forma homogénea pela zona a tratar, evitando assim a formação de “pontos quentes” (“hot spots”). No modo pulsátil os US são emitidos sob a forma de impulsos, havendo entre cada impulso uma pausa que permite o

arrefecimento dos tecidos. É desta forma minimizado o efeito termogénico, permitindo a utilização de potências maiores e a aplicação, sob certas condições, em processos inflamatórios.

A fonoforese, método cuja validade tem sido questionada, consiste num sistema de transporte transdérmico que utiliza os efeitos mecânicos dos US para facilitar a penetração de medicamentos aplicados topicamente sob a forma de gel. Pode ser considerada uma variante do método contínuo. Foi demonstrado em estudos laboratoriais que a transmissibilidade dos US através de preparados contendo hidrocortisona é inferior ao verificado com outros meios de acoplamento. Os fármacos mais utilizados são anestésicos, substâncias irritantes como o mentol (aplicadas com intuítos analgésicos) e anti-inflamatórios (esteróides e não esteróides).

SELECÇÃO DA INTENSIDADE E FREQUÊNCIA

A selecção da intensidade depende da natureza da afecção a tratar, do tipo e profundidade do tecido e da modalidade de US seleccionada. O objectivo terapêutico com US em modo contínuo é elevar a temperatura tecidular numa determinada localização anatómica. O modo pulsátil ou mesmo o contínuo em intensidades muito baixas podem ser seleccionados quando se pretende evitar um aumento significativo da temperatura.

Os músculos absorvem duas vezes mais US que o tecido adiposo e o osso dez vezes mais. Quanto maior for a atenuação do feixe de US no tecido alvo menor será a intensidade requerida. As altas frequências (3 MHz) são mais absorvidas que as baixas frequências (1 MHz) pelo que a atenuação do feixe é maior e o seu efeito ocorre preferencialmente sobre as estruturas mais superficiais (entre 1 a 2 cm), enquanto as baixas frequências atingem profundidades até 5 cm (figura 11). Se o objectivo for o aquecimento de tecidos profundos, por exemplo na anca ou na região lombar, devem utilizar-se baixas frequências em



Figura 11: Cabeças emissoras de 1 e 3 MHz.

modalidade contínua, com intensidades entre 1,5 e 2,0 W/cm². Se, pelo contrário, a região a tratar tiver menos tecidos moles e tecido ósseo mais superficial, devem seleccionar-se frequências mais elevadas, com intensidades entre 0,5 e 1 W/cm².

NÚMERO E DURAÇÃO DAS SESSÕES

A duração da sessão depende da área a tratar e do efeito pretendido, tendo em conta que em cada 5 minutos se deve tratar 2 a 3 vezes a área da cabeça do transdutor. O número e a frequência das sessões dependem da patologia em causa. Nas situações agudas utiliza-se o modo pulsátil, durante 6 a 8 dias, em sessões diárias. Nas crónicas são necessárias 10 a 12 sessões em dias alternados.

INDICAÇÕES

Na fase aguda da patologia traumática as indicações são limitadas, pois a ultrassonoterapia, quando demasiado precoce, pode aumentar a lesão tecidular. No entanto, o facto da acção mecânica aumentar a estabilidade da membrana e iniciar a

reparação dos tecidos, permite ocasionalmente considerar a utilização em modalidade pulsátil.

Nas fases subaguda e crónica são benéficos os efeitos térmico, mecânico e coloidoquímico. A ultrassonoterapia melhora a contractura muscular através da diminuição da actividade do fuso neuromuscular e da redução da dor e da inflamação. As patologias ligamentares e tendinosas, com alterações degenerativas extensas beneficiam da acção trófica dos US, verificando-se não só um aumento da elasticidade do colagénio, tornando os US ideais para potenciar o estiramento de retracções de tecidos moles, mas também para promover o aporte sanguíneo, com maior disponibilidade celular e humoral e com aumento da síntese do colagénio. As periostites beneficiam igualmente do efeito anti-inflamatório e anti-álgico dos US.

A significativa reflexão dos US nas interfaces entre o osso e os tecidos adjacentes (como ligamentos e músculos), consequência das diferentes impedâncias acústicas dos meios, induz um aumento electivo da intensidade nessas áreas, sendo portanto mais efectiva a elevação térmica e o efeito terapêutico. É assim legítima a afirmação, tantas vezes repetida, de que os US são “a terapêutica das interfaces”. Curiosamente, alguns trabalhos sugerem a possibilidade dos US no modo pulsátil, com intensidades na ordem de $0,1 \text{ W/cm}^2$, estimularem a consolidação óssea.

Nas sequelas de luxação e nos entorses, os efeitos anti-inflamatório e fibrolítico são de grande utilidade, em especial se associados a outras modalidades de electroterapia. A remodelação cicatricial é estimulada e a extensão dos processos fibrosantes limitada, daí resultando cicatrizes mais elásticas e consequentemente um melhor desempenho gestual. Também no tratamento de úlceras crónicas, os US têm demonstrado potenciar a taxa de cicatrização, quando aplicados à periferia e com intensidades reduzidas.

CONTRA-INDICAÇÕES ABSOLUTAS

São classicamente referidas as aplicações na região ocular, pré-cordial, grandes vasos, gânglios simpáticos, ouvidos, gônadas e útero grávido. Os US não devem ser aplicados em áreas com insuficiência vascular, pelo risco de ocorrer necrose. A existência de neoplasias, infecções, tromboflebites, coagulopatias, hematomas recentes e “pace-maker” constituem igualmente contra-indicações absolutas.

CONTRA-INDICAÇÕES RELATIVAS

A ultrassonoterapia deve ser empregue com prudência em zonas anestesiadas, privilegiando o modo pulsátil e as baixas intensidades, de modo a não produzir efeitos lesivos. A existência de material de osteossíntese, próteses e “cimentos” obriga igualmente a cuidados especiais pelos riscos de aquecimento ou descolamento do material. O seu uso em cartilagens de crescimento deve ser minimizado, pelo risco de lesão epifisária e atraso do crescimento ósseo mas poderá, dentro de certos limites, ser viável.

OUTROS RISCOS ASSOCIADOS À ULTRASSONOTERAPIA

Mesmo quando indicada, a ultrassonoterapia pode acarretar lesões relacionadas com o aumento de temperatura tecidual. Existe assim a possibilidade de ocorrerem queimaduras, quer por deficiente mobilização da cabeça emissora, quer por utilização de intensidades excessivas. É também classicamente referido o risco de embolização associado à aplicação sobre meios líquidos, pela formação de bolhas gasosas.

ONDAS DE CHOQUE

TERAPIA POR ONDAS DE CHOQUE
EXTRA-CORPORAIS

04

04

ONDAS DE CHOQUE

TERAPIA POR ONDAS DE CHOQUE EXTRA-CORPORAIS

INTRODUÇÃO:

As ondas de choque extra-corporais foram utilizadas na década de 1980 para o tratamento de cálculos renais (litotricia). Foi no decurso desses tratamentos que se perceberam os efeitos terapêuticos da técnica em patologia do aparelho locomotor (“extracorporeal shock wave therapy” ou ESWT).

Durante a década de 1990 começou a desenvolver-se a utilização das ondas de choque extra-corporais na desintegração dos depósitos cálcicos de tendinites e aproveitando os seus efeitos anti-inflamatório e trófico. Finalmente, em 1999, foram criadas as ondas de choque radiais. Há, portanto, que distinguir ondas de choque extra-corporais convencionais e ondas de choque extra-corporais radiais.

As ondas de choque extra-corporais convencionais assentam nos princípios da litotricia, cujos aparelhos geradores podem ser electrohidráulicos, electromagnéticos ou piezoelétricos. A localização da zona de acção deve ser determinada com precisão, pelo que exige um aparelho de imagiologia acoplado. O procedimento é, pelas suas características, dispendioso.

As ondas de choque extra corporais radiais são ondas balísticas criadas por um percutor propulsionado por ar comprimido, que se aplica sobre a superfície cutânea, penetrando para tecidos mais profundos, transmitindo-se radialmente. Os aparelhos usados (figura 12) são mais baratos e a sua utilização é mais fácil.



Figura 12: Aparelho de ondas de choque extra-corporais radiais.

PROPRIEDADES FÍSICAS DAS ONDAS DE CHOQUE EXTRA-CORPORAIS CONVENCIONAIS

As ondas de choque convencionais são impulsos de pressão mecânica de muito curta duração (5-10 microsegundos) com um tempo de instalação de 10 nanosegundos e com uma energia compreendida entre 0,07 e 1,2 mJ/mm². Existem três tipos diferentes de geradores: electrohidráulicos, electromagnéticos e piezoelétricos.

Nos geradores electrohidráulicos, coloca-se um eléctrodo no primeiro ponto focal de um semi-elipsóide e faz-se passar uma corrente de alta voltagem. Entre as extremidades do eléctrodo é gerada uma descarga, que leva à vaporização de água, gerando uma onda de choque. As ondas de choque são reflectidas por um metal elipsóide e focadas no segundo ponto focal.

Nos geradores electromagnéticos utiliza-se uma bobine electromagnética com uma membrana metálica sobreposta. Ao fazer-se passar uma corrente de alta intensidade pela bobine gera-se um campo magnético, que por sua vez induz um outro campo magnético na membrana metálica. Estes campos repelem-se mutuamente criando ondas acústicas de baixa pressão. Estas ondas, inicialmente divergentes, são focalizadas na área de tratamento mediante lentes acústicas.

Os geradores piezoelétricos são formados por centenas a milhares de cilindros piezocerâmicos colocados em duas camadas sobre a superfície côncava de uma semi-esfera. Quando se faz passar uma corrente de alta voltagem pelos cristais, estes contraem-se e expandem-se gerando uma onda de baixa pressão no meio aquoso envolvente. Esta passa pela segunda camada piezocerâmica que nesse instante se activa com outro impulso de alta voltagem. A onda de pressão acumulada

emite-se através da água. Este sistema é auto-focável pela forma geométrica da esfera.

As ondas produzidas são dirigidas para o corpo do doente através de um cilindro de ligação flexível preenchido com água. Um gel comum de ultrassonografia é utilizado como meio de contacto entre o cilindro e a pele, para minimizar a perda de energia por reflexão. Para obter a fragmentação de corpos sólidos, o ponto focal deve coincidir exactamente com o alvo, daí a necessidade do aparelho de imagiologia (fluoroscopia ou ecografia) para localizar o ponto a tratar. A libertação de energia é máxima na área focal mas actua também nos tecidos adjacentes.

PROPRIEDADES FÍSICAS DAS ONDAS DE CHOQUE RADIAIS

Este sistema utiliza energia pneumática e balística para a produção de ondas de choque. As ondas de choque são geradas pneumáticamente. Um projectil situado no cabo é submetido a aceleração com alta velocidade mediante um impulso de ar comprimido. Quando este projectil embate contra o aplicador instalado no cabo, a sua energia cinética converte-se em energia mecânica e é transmitida ao longo da cabeça emissora, que se aplica sobre a superfície cutânea. A zona de acção tem a forma de cone, cujo vértice corresponde ao ponto de impacto (no qual a energia é máxima) e cuja base se localiza a cerca de 35 mm (e na qual a energia se esgota). Esta técnica não necessita de controlo imagiológico, uma vez que o ponto de impacto se faz coincidir com o ponto de máxima dor descrito pelo doente (figura 13). A superfície de deslocação à volta do ponto doloroso deve ser a menor possível, no sentido de aumentar a eficácia. O aplicador deve ser aplicado perpendicularmente à superfície e o tratamento deve ser feito com movimentos circulares.



Figura 13: Aparelho de ondas de choque extra-corporais radiais.

EFEITOS BIOLÓGICOS DAS ONDAS DE CHOQUE EXTRA-CORPORAIS CONVENCIONAIS

A pressão positiva da onda de choque e o curto tempo de instalação são os responsáveis pelo efeito directo das ondas de choque. A onda de tensão, correspondente à fase de pressão negativa, é responsável pelos efeitos indirectos, através de um efeito de cavitação (formação de cavidades ocas nos líquidos). O efeito directo é uma consequência da conversão da onda de choque em energia cinética. Os tecidos contraem-se e expandem-se com a mesma frequência que as ondas. As ondas transmitidas aos tecidos biológicos resultam num movimento oscilatório das moléculas nos tecidos.

A interface entre dois materiais com diferente impedância acústica influencia a onda de choque que sofre fenómenos de reflexão e refacção. Quando as ondas de choque encontram um obstáculo difícil de atravessar (como uma calcificação), grande parte da energia é libertada nesse local. A transição rápida de pressões causa grande “stress” a nível das interfaces, o que pode causar micro-lesões nas diferentes estruturas (este efeito é dependente da sua plasticidade). Durante a

fase de tensão ocorre uma diminuição da pressão local, o que leva à cavitação. As cavidades formadas são microscópicas e desaparecem durante a fase de compressão, concentrando na zona grande quantidade de energia.

Quando a onda de choque se utiliza em litotrícia, é a soma destes dois efeitos que provoca a desintegração do cálculo. Da interacção das ondas de choque com as calcificações resulta a produção de pequenas fissuras, cuja desintegração é depois causada pela enorme violência da explosão das bolhas de cavitação que entretanto se formaram nas referidas fissuras. O mecanismo de acção exacto sobre as calcificações tendinosas está ainda por esclarecer. Admite-se que é o aumento de pressão e o fenómeno de cavitação dentro dos depósitos cálcicos que produz a sua desintegração, sendo o volume de material desintegrado directamente proporcional à energia total libertada na região (representada pelo número de impulsos multiplicado pela energia de cada impulso).

As ondas de choque estimulam e/ou reactivam o processo de cicatrização, provavelmente por microdisrupção dos tecidos pouco vascularizados, levando à libertação local de factores de crescimento relacionados com a angiogénese e estimulando desse modo a neovascularização, com proliferação celular e regeneração tecidual.

O mecanismo exacto que leva à analgesia poderá estar relacionado com a despolarização das fibras nervosas de maior diâmetro, favorecendo o bloqueio dos impulsos nociceptivos a nível medular. Os estímulos intensos poderão iniciar um controlo descendente inibitório da transmissão da dor através das raízes dorsais. Estes estímulos poderão também, segundo alguns autores, provocar a destruição dos receptores da dor impedindo a transmissão da mensagem nociceptiva.

EFEITOS BIOLÓGICOS DAS ONDAS DE CHOQUE RADIAIS

Existem diversas teorias que procuram explicar o mecanismo de acção das ondas de choque radiais:

- Teoria do “gate control”: estimulação das fibras aferentes cutâneas dos nervos periféricos com activação de mecanismos inibidores da transmissão da mensagem dolorosa a nível das raízes posteriores da medula.
- Teoria Química: indução da libertação de endorfinas e outras substâncias analgésicas.
- Teoria Mecânica: destruição dos receptores da dor, acção desfibrante, neovascularização e estimulação do metabolismo local, com melhoria da qualidade do tecido cicatricial.

INDICAÇÕES DAS ONDAS DE CHOQUE ≠ EXTRA-CORPORAIS CONVENCIONAIS

A técnica está indicada em três grupos de patologias: grupo I (pseudartroses), grupo II (tendinopatias com ou sem calcificações) e grupo III (tendinopatias com indicação cirúrgica). O grupo de patologias deve condicionar a selecção dos parâmetros, designadamente da energia e do número de sessões. A energia pode ser baixa (inferior a $0,2 \text{ mJ/mm}^2$), média ($0,2$ a $0,4 \text{ mJ/mm}^2$) ou alta (superior a $0,4 \text{ mJ/mm}^2$). A energia deve ser média ou alta no grupo I e média ou baixa nos grupos II e III. O número de sessões também varia: normalmente no grupo I realiza-se uma única sessão enquanto no grupo II e III se realizam 3 e 5 sessões respectivamente. O grupo I requer anestesia geral ou troncular, enquanto que nos grupos II e III o tratamento se pode realizar sob anestesia local.

INDICAÇÕES DAS ONDAS DE CHOQUE RADIAIS

As ondas de choque radiais têm uma densidade energética de $0,16 \text{ mJ/mm}^2$, penetrando no corpo humano a uma profundidade de 35 mm. Os estudos realizados sugerem a utilidade deste tratamento em diversas patologias, incluindo epicondilite, fascíte plantar, tendinites (calcificadas ou não) do ombro, tendinite rotuliana e tendinite do Aquiles. Os parâmetros a definir para o tratamento dependem da patologia em questão e incluem o número de impulsos (1500-4000), a frequência de impulsos (1-15 Hz, sendo mais frequente entre 6 e 10 Hz), o tamanho da sonda de percussão (6 ou 15 mm), a pressão exercida sobre a sonda, o número de sessões de tratamento (1 a 5) e o intervalo entre sessões.

Em pacientes muito sensíveis à dor, o tratamento pode iniciar-se com frequências e pressões operacionais baixas. Depois da aplicação de cerca de 500 impulsos produz-se um efeito analgésico que permite modificar aqueles parâmetros até alcançar os valores recomendados. Se mesmo assim a sensibilidade dolorosa do paciente não permitir a realização do tratamento, deve-se recorrer à administração local de um anestésico.

EFEITOS SECUNDÁRIOS

Os efeitos secundários observados são semelhantes em ambos os tipos de ondas de choque extra-corporais, mas mais frequentes nas radiais onde têm uma frequência de cerca de 10%. Incluem edema, hiperémia, petéquias, hematoma, lesões cutâneas (especialmente em pacientes submetidos a corticoterapia) e aumento da dor. Estes efeitos, em regra, agravam-se ao longo dos primeiros três dias e desaparecem progressivamente em cerca de uma semana. Devem ter desaparecido completamente antes de se iniciar o tratamento seguinte.

CONTRA-INDICAÇÕES

As contra-indicações gerais incluem a existência de “pace-maker”, alterações da coagulação ou medicação anticoagulante, gravidez, infecções ou feridas na área de tratamento, patologia vascular local, polineuropatias, neoplasias, material de osteossíntese, mau estado geral e dor associada a doença sistêmica. Não se realizam estes tratamentos sobre as regiões pulmonares, sistema nervoso central e cartilagens de crescimento. Para além das contra-indicações gerais existem diversas contra-indicações específicas.

BIBLIOGRAFIA

MAGNETOTERAPIA

- Dhawan SK, Conti SF, Towers J, Abidi NA, Vogt M: The effect of pulsed electromagnetic fields on hindfoot arthrodesis: a prospective study. *Med Pr* 2004; 55(1):55-62.
- Guillot JD: Magnetoterapia, su aplicación en la medicina. *Rev Cubana Med Milit* 2001; 30(4):263-71.
- Graberski Matasovic M, Matasovic T, Markovac Z: Anthropometric and quantitative EMG status of femoral quadriceps before and after conventional kinesitherapy with and without magnetotherapy. *Zh Nevropatol Psikiatr Im S S Korsakova* 1997; 97(3):32-5.
- Jerabek J: Pulsed magnetotherapy in Czechoslovakia - a review. *Fiziol Zh* 2003; 49(2):91-5.
- Johnson MT, Waite LR, Nindl G: Noninvasive treatment of inflammation using electromagnetic fields: current and emerging therapeutic potential. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 1999; 10(3):729-54.
- Leclaire R, Bourguoin J. Electromagnetic treatment of shoulder periartthritis: a randomized controlled trial of the efficiency and tolerance of magnetotherapy. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72(5):284-7.
- Mackenzie D, Veninga FD: Reversal of delayed union of anterior cervical fusion treated with pulsed electromagnetic field stimulation: case report. *South Med J* 2004; 97(5):519-24.
- Martín R: Electroterapia en Fisioterapia, pp 495-514, Panamericana, 2004.
- Morillo M, Vega J, Portero F: Manual de Medicina Física, pp 286-293. Harcourt Brace, 1998.
- Pilla AA, Markov MS: Bioeffects of weak electromagnetic fields. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi* 1996; 100(1-2):62-5.
- Saunders RD: Rapporteur report: weak field interactions in the central nervous system. *Ann Pharm Fr* 2004; 62(4):219-32.
- Shupak N: Therapeutic uses of pulsed magnetig-field exposure: a review. *Radio Science Bulletin* 2003; 9-32.
- Toro J: Electroterapia y Electrodiagnóstico. Universidad de Valladolid, 1996.

■ Touitou Y: Evaluation of the effects of electric and magnetic fields in humans. *Minerva Med* 1983; 74(14-15):823-33.

■ Trock DH: Electromagnetic fields and magnets. Investigational treatment for musculoskeletal disorders. *Biomed Sci Instrum* 2004; 40:469-74.

■ Vallbona C, Richards T: Evolution of magnetic therapy from alternative to traditional medicine. *Rev Environ Health* 1994; 10(3-4):155-69.

LASERTERAPIA

■ Delisa J: *Rehabilitation Medicine: Principles and Practice*. Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

■ Toro J: *Electroterapia y Electrodiagnóstico*. Universidade de Valladolid, 1996.

■ Pinheiro J: *Medicina de Reabilitação em Traumatologia do Desporto*. Ed. Caminho, 1998.

■ Redureau D: *Laser- Applications en physiotherapie*. Ed. Maloine, 1985.

■ Scardigno A: *Laser- Éléments de thérapeutique et de radioprotection*. Ed. Maloine, 1984.

VIBROTERAPIA

■ Bisshopp G: *Électrothérapie Appliquée*, pp 59-66. Masson, 1989.

■ Callam MJ, et al: A controlled trial of weekly ultrasound therapy in chronic leg ulceration. *Lancet* 1987; 2(8552):204.

■ Chantraine A: *Encycl Méd Chir*, 26-145-A-10. Elsevier, 1998.

■ Dyson M, Brooks M: Stimulation of bone repair by ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1982; 8(Suppl 50):50.

■ Dyson M, Suckling J: Stimulation of tissue repair by ultrasound: A survey of mechanisms involved. *Physiotherapy* 1978; 64:105.

■ Forster A: *Clayton's Electrotherapy Theory and Practice*. Baillière Tindall, 1995.

■ Morillo M: *Manual de Medicina Física*, 23: 294-307. Harbcourt Brace, 1998.

■ Payne C: Ultrasound for post-herpetic neuralgia. *Physiotherapy* 1984; 70:96.

■ Paul BJ et al: Use of ultrasound in the treatment of pressure sores in patients with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1960; 41:438.

■ Pinheiro JP: *Medicina de Reabilitação em Traumatologia do Desporto*. Caminho, 1998.

■ Portwood MM et al: Ultrasound treatment of reflex sympathetic dystrophy. *Arch Phys Med Rehabil* 1987; 68:116.

■ Renstrom P: Sports traumatology today. A review of common sports injury problems. *Ann Archiv Gynaecology* 1991; 80(2):81-93.

■ Toro JR: *Electroterapia y Electrodiagnóstico*. Universidad de Valladolid, 1996.

■ Vaughn JL, Bender LF: Effects of ultrasound on growing bone. *Arch Phys Med Rehabil* 1959; 40:158.

ONDAS DE CHOQUE

■ Amaral C, Ferreira A, Pereira A, Laín J: Ondas de choque na tendinopatia crónica do ombro. *Medicina Física e de Reabilitação* 2002; 10: 31-4.

■ Grant H, Arthur A, Pichora D: Evaluation of interventions for rotator cuff pathology: a systematic review. *J Hand Ther* 2004; 17(2): 274-99.

■ Harniman E, Carette S, Kennedy C, Beaton D: Extracorporeal shock wave therapy for calcic and non calcic tendonitis of the rotator cuff: a systematic review. *J Hand Ther* 2004; 17(2): 132-51.

■ Heller D, Niethard U: Using extracorporeal shock wave therapy in orthopedics – a meta-analysis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1998; 136(5): 390-401.

- Juliano J, Harris G: Plantar fasciitis, entrapment neuropathies, and tarsal tunnel syndrome: current up to date treatment. *Current Opinion in Orthopaedics* 2004; 15(2): 49-54.
- Extracorporeal shock wave treatment for chronic tendinitis of the elbow (lateral epicondylitis). *Tecnol Eval Cent Asses Program Exec Summ* 2005; 19(16):1-3.
- Martini L, Fini M, Giavaresi G et al: Primary osteoblasts response to shock wave therapy using different parameters. *Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol* 2003; 31(4): 449-66.
- Ogden J, Alvarez Z, Levitt R, Marlow M: Shock wave therapy in musculoskeletal disorders. *Clin Orthop Relat Res* 2001; (387): 22-40.
- Ogden A, Alvarez G, Marlow M: Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis: a meta-analysis. *Foot Ankle Int* 2002; 23(4):301-8.
- Ogden J, Kischkat A, Schultheiss R: Principles of shock wave therapy. *Clin Orthop Relat Res* 2001; (387):8-17.
- Perez M, Weiner R, Gilley C: Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. *Clin Podiatr Med Surg* 2003; 20(2):323-34.
- Rioja J: Analgesia eléctrica. *Electroterapia y electrodiagnóstico* 1996; 12: 229-35.
- Rioja J: Aplicaciones clínicas de las ondas de choque extracorpóreas. Hospital Rio Hortega, Valladolid.
- Rompe J, Hopf C, Kullmer K, Heine J, Burger R: Analgesic effect of extracorporeal shock wave therapy on chronic tennis elbow. *British Editorial Society of Bone and Joint Surg* 1996; 78-B(2):233-37.
- Rompe J, Kullmer K, Vogel J et al: Extracorporeal shock wave therapy. Experimental basis, clinical application. *Orthopade* 1997; 26(3):215-28.
- Sass W, Braunlich M, Dreyer H et al.: The mechanisms of stone disintegration by shock waves. *Ultrasound Med Biol* 1991; 17(3): 239-43.
- Speed A, Nichols D, Wies J et al.: Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. A double blind randomised controlled trial. *J Orthop Res* 2003; 21(5):937-40.
- Theodore H, Buch M, Amendola A et al.: Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 2004; 25(5):290-7.
- Thiel M: Application of shock waves in medicine. *Clin Orthop Relat Res* 2001; (387):18-21.
- Thiel M, Nieswand M, Dorffel M: Shock wave application in medicine, a tool of modern operating theatre. www.ismst.com/history.htm.
- Wang C: An overview of shock wave therapy in musculoskeletal disorders. *Chang Gung Med J* 2003; 26(4):220-32.
- Weil S, Roukis S, Weil S, Borrelli H: Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic plantar fasciitis: indications, protocol, intermediate results, and a comparison of results to fasciotomy. *J Foot Ankle Surg* 2002; 41(3):166-72.
- Wilbert D: A comparative review of extracorporeal shock wave generation. *BJU Int.* 2002 Set ; 90(5): 507-11.
- Wild C, Khene M, Wanke S: Extracorporeal shock wave therapy in orthopedics. Assessment of an emerging health technology. *Int J Technol Assess Health Care* 2000; 16(1):199-209.

AGRADECIMENTOS:

À Sanofi Aventis, por todo o apoio prestado de forma ética, profissional e cortês à especialidade de Medicina Física e de Reabilitação, em especial à Inês Souto, que encaminhou este projecto, e ao Jorge Feio, que o recebeu, avaliou e permitiu que se tornasse uma realidade.

À Enraf Nonius I. Portugal e ao seu Director Comercial, Sr. Pedro Coelho, pelas facilidades concedidas na utilização das imagens de alguns dos seus tão conceituados produtos.

Aos meus colegas de Serviço, entre os quais me permito destacar o Director, Dr. José Capitão, que me passou o “bichinho álaçre” da electroterapia, e os internos que trabalharam árdua e diligentemente neste manual.

À Medesign e em particular ao Nuno Almeida, pela grande disponibilidade, invulgar simpatia e rigoroso profissionalismo que empenhou, durante muitas e longas horas, na estruturação deste trabalho.

A todos, muito obrigado!

