

"TRABALHANDO COM ENDOPHASYS"



INTRODUÇÃO

Março 2007

As unidades da eletroterapia dispõem de varias formas de corrente capazes de estimular de forma seletiva no sistema nervoso com fins de obter uma redução da dor, a normalização do equilíbrio neuro-vegetativo ou uma estimulação muscular.

TENS (Neuroestimulação Elétrica Transcutânea)

O principal objetivo da TENS é reduzir os sintomas da dor. Embora os benefícios secundários, tais como: sedação e elevação da temperatura dos tecidos sejam sempre notados, os efeitos principais residem em produzir analgesia e reduzir a dor.
de excitar as fibras nervosas grossas aferentes para obter uma redução de dor.

Indicações para o uso da TENS

TENS exerce uma função analgésica ativando mecanismos de controle internos do sistema nervoso. Embora a TENS seja efetiva no tratamento de dores agudas, seu maior papel é no tratamento de dores crônicas, como:

- Dores Lombares;
- Síndromes de dores miofasciais;
- Dor de origem Neurogênica;
- Lesões em Nervos Periféricos,
- Dor gerada por artrite reumática;
- Dor de danos na Espinha.
- Neuralgia pós-Herpética;
- Dor de Membro fantasma;

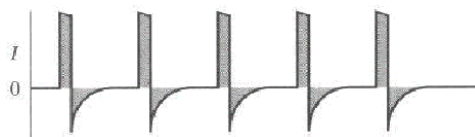
Estudos recentes mostram que a TENS é efetiva para o tratamento de dor aguda e particularmente para o tratamento da dor pos- cirúrgica. Tem sido utilizada com sucesso no alívio de dor aguda devido a traumas não músculo-esqueléticos, tais como espasmos não musculares e distensões de ligamentos em atletas.

Contra Indicações

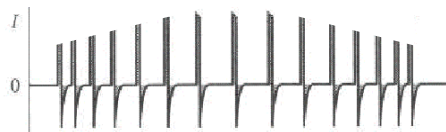
Sensibilidade cutânea diminuída;
Marca Passo;
Gestantes;
Alergias.
Seios carotídeos;

O ENDOPHASYS possui 6 tipos de variação de correntes TENS:

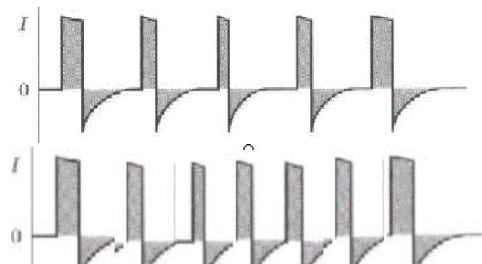
TENS CONVENCIONAL



TENS VIF

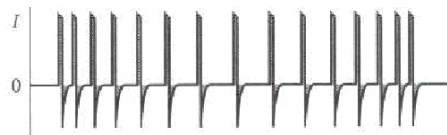


TENS VLP

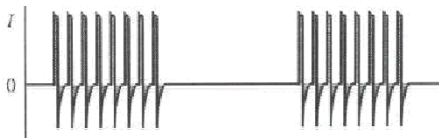


TENS VPF

TENS VFP



TENS BURST



FES (ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA FUNCIONAL)

A freqüência esta entre 5 e 100Hz.

A pele apresenta alta resistência à passagem dessas correntes, por serem de baixa freqüência.

Utiliza **impulsos elétricos bifásicos simétricos** com a finalidade de contrair e relaxar a musculatura. Produz exercícios passivos através do envio de impulsos elétricos ou sinais para o músculo selecionado ou grupo muscular.

É um método de tratamento destinado a devolver ou substituir uma função específica perdida ou prejudicada.

O que é FES (Functional Electrical Stimulation)?

FES é uma TECNOLOGIA de REABILITAÇÃO que utiliza correntes elétricas de baixa intensidade, tipicamente aplicadas ao sistema neuromuscular. Há duas classificações principais para as aplicações FES: Funcional e Terapêutica (terápica).

A aplicação funcional de FES gera recuperação de movimento ou função, como em um sistema de Estimulação Elétrica Funcional (Sistema FES) utilizado por uma pessoa com paraplegia para ficar na posição ereta. Aplicações terapêuticas de FES interrompem ou reverterem o progresso de uma condição de debilitação, como em um sistema de Estimulação Elétrica Funcional (Sistema FES) utilizado para fortalecer músculos enfraquecidos pela falta de utilização.

Atualmente, a tecnologia de Estimulação Elétrica Funcional (Tecnologia FES) é aplicada inicialmente em pessoas com disfunções neuromusculares provenientes de lesão na coluna vertebral, traumatismos cranianos ou derrame.

Além disso, pessoas com escoliose, paralisia cerebral (cerebral palsy), esclerose múltipla, epilepsia, certas condições cardíacas, ou pessoas que possuem disparidade visual ou auditiva podem ser beneficiadas pela tecnologia de Estimulação Elétrica Funcional (Tecnologia FES).

Um sistema FES geralmente é constituído por uma unidade de controle, uma unidade de estimulação, e eletrodo(s). A unidade de controle determina a intensidade do estímulo elétrico aplicado ao paciente através dos eletrodos. A unidade de estimulação gera o estímulo elétrico. Dependendo do tipo de Estimulação Elétrica Funcional (FES) aplicada, os eletrodos são posicionados na superfície da pele, inseridos através da pele, ou implantados cirurgicamente.

Um bom exemplo de FES é o marca-passos cardíaco.

Percebe-se, assim, que não existe um equipamento chamado FES e muito menos existe a corrente FES. Essa terminologia parece ser característica de pessoas mal informadas a respeito de Eletroterapia.

Indicações

Dores Crônicas;
Estimulação Funcional;
Recuperação de atrofia muscular pelo desuso;
Destonização e analgesia;

Contra Indicações

Musculaturas não faradizáveis;
Pacientes grávidas;
Marca Passo ou implantes eletrônicos;
Áreas com sensibilidade alterada ou insensíveis.

CORRENTE RUSSA

A Estimulação elétrica para a ativação de músculos estruturais é uma técnica terapêutica que tem sido utilizada em medicina física por mais de meio século. No início da década de 60 o uso de estimulação elétrica se focou principalmente no tratamento de atrofia de denervação de músculos estruturais. Poucos estudos estavam disponíveis sobre o uso de estimulação elétrica para ativar nervos e normalmente eles eram sobre músculos inervados via o nervo periférico. Um interesse renovado nos efeitos da estimulação nervosa em músculos normalmente inervados (estimulação elétrica neuromuscular, NMES) gradualmente se desenvolveu com o ressurgimento do uso de estimulação elétrica para controle de dor e o desenvolvimento de tipos estimuladores mais novos e sofisticados.

A fagulha que iniciou o amplo interesse em NMES só ocorreu em meados da década de setenta. Em 1976 nos Jogos Olímpicos de Montreal, os atletas soviéticos foram observados fazendo uso de NMES em conjunto com exercícios voluntários como uma técnica de treinamento para fortalecimento. Em 1977 o pesquisador russo Kots, que desenvolvera a técnica de estimulação, relatou que NMES poderia produzir ganhos de força muscular em atletas de elite que eram de 30 a 40% maiores que aqueles obtidos apenas através de exercícios. Estes ganhos de força dramáticos foram alcançados pela execução de contrações musculares de 10 a 30% maiores que aquelas alcançadas com uma contração muscular voluntária máxima. Pesquisadores ocidentais rapidamente reconheceram o potencial de tal técnica e logo iniciaram estudos destinados a verificar os relatos de Kots.

Embora os resultados dos estudos ocidentais não tenham confirmado todos os achados originais de Kots, eles forneceram suporte à informação que NMES pode fortalecer músculos normalmente inervados.

Os objetivos de sua utilização são:

- Aumentar a força muscular para melhorar a estabilidade (ativa) e uma articulação.
- Recuperar a força muscular;
- Aumentar a força muscular a fim de alcançar desempenho físico maior. Isto ocorre em treinamentos de atletas de alto nível.

As contra indicações relativas para o tratamento são:

- Danos Musculares, tendinites;
- Disfunções das articulações agudas tais como artrite e bursite, em combinação com o calor e lesão funcional;
- Fibras não consolidadas, tais como fraturas e rupturas de músculos e ligamentos;
- Formas de espasticidade;
- Formas de Miopias.

A escolha do tipo de corrente é determinada por vários fatores. Além dos citados temos:

- A princípio se está trabalhando com um músculo normal e nervo intacto;
- Há exercício máximo em todas as fascias do músculo;
- Adaptação do nervo motor para o tipo de corrente deve ser evitado o tanto quanto possível;
- O tipo de corrente deve ser tão agradável quanto possível.

Por razões fisiológicas, uma corrente alternada é geralmente escolhida com um componente de corrente contínua igual a zero e com frequência de 2500 – 3000Hz. Contudo, frequências entre 2 e 4 kHz são adequadas. Este tipo de corrente é relativamente agradável, dificilmente fere a pele, e causa uma tensão máxima no músculo quando usada com intensidade suficiente. Este tipo de corrente também permite valores de correntes mais altas, geralmente acima de 100mA, que não é permitido com frequências menores, de acordo com os padrões IEC*. Frequências menores, contudo, são utilizadas. A vantagem aqui é que o músculo pode ser tencionado por mais tempo, i.e. ele se cansa mais lentamente. Contudo, isto também é uma desvantagem, porque o efeito de fortalecimento do músculo ocorre mais lentamente. Correntes retificadas não são adequadas, em função de seus efeitos eletroquímicos na pele (cauterização).

O fortalecimento elétrico dos músculos requer intensidades de corrente relativamente altas. Os efeitos eletroquímicos tornam estes tipos de corrente desnecessariamente desagradáveis.

*** Normas de segurança para equipamentos eletromédicos NBRIEC 60601-2.10, obrigatórias no mundo (inclusive no Brasil).**

Unidades Motoras Tônicas e Fásicas

Em fisioterapia hoje, é comum se falar da musculatura tônica e fásica. Neste contexto seria melhor falar de unidades motoras tônicas e fásicas. O trabalho mais importante de Janda foi descrever o comportamento clínico da musculatura.

Contudo, a classificação empregada por Janda é falha em alguns pontos. Músculos posturais devem ser tônicos e tendem ao encurtamento. Muitos músculos posturais típicos, tais como o trapézio m. ascendente e transverso pertencem à musculatura fásica. Além do mais, a prática demonstra que a musculatura fásica também sofre encurtamento.

Outras pesquisas mostram que a estrutura de fibras musculares. Em particular, mostrou em um estudo de autópsia, que a estrutura da fibra muscular difere consideravelmente de indivíduo para indivíduo (veja Tabela 2). O trabalho de Johnson foi efetuado em seis homens em um período dentro de 24 horas pós-morte. Com exceção de um único músculo, todos os músculos no corpo humano aparentam possuir uma estrutura mista de fibras musculares. Há obviamente uma diferença entre as estruturas das fibras musculares e o comportamento clínico de um dado músculo.

Em geral pode ser dito que as unidades motoras tônicas são as primeiras a se tornarem ativas durante o movimento. As unidades motoras fásicas somente se tornam ativas quando uma força adicional é requerida. Durante um movimento rápido, as unidades motoras fásicas podem ser ativadas antes das unidades motoras tônicas. Este fenômeno pode ser demonstrado mais claramente por sinergistas com uma estrutura de fibras musculares diferentes.

Tabela 1: Propriedades das unidades motoras tônicas e fásicas [21]

Unidades motoras tônicas	Unidades motoras fásicas
Fibras musculares vermelhas	Fibras musculares brancas
Filogeneticamente mais velhas	Filogeneticamente mais novas
Melhor capilarização	Menor capilarização
Inervada pelos neurônios Aα ₂	Inervadas pelos neurônios Aα ₁
Frequência tetânica de 20-30 Hz	Frequência tetânica de 50-150 Hz
Estática	Dinâmica

CORRENTE INTERFERENCIAL VETORIAL (CIV)

Bases Fisiológicas para Explicar os Efeitos das Correntes de Média Frequência

A eletroterapia pode ser dividida em dois grupos distintos:

Corrente Alternada de Média Frequência

1. Corrente Interferencial de Nemec
2. Corrente Interferencial Estereodinâmica
3. Corrente Interferencial Vetorial
4. Corrente Russa

Características das Correntes de Média Frequência

Com maior frequência e ausência das propriedades galvânicas, ou seja, sem efeito polar, estas correntes são mais adequadas para tratamento das camadas mais profundas dos tecidos.

A corrente alternada de frequência média simétrica se denomina despolarizada, ou seja, cada eletrodo produz os mesmos processos elétricos e eletrolíticos. As correntes alternadas de média frequência carecem das propriedades galvânicas : não produzem hiperemia, endosse, variação do eletrotônus, variação da permeabilidade da membrana lipoprotéica e não apresentam risco dos efeitos eletrolíticos (cauterização).

Atividade Profunda da Corrente de Média Frequência

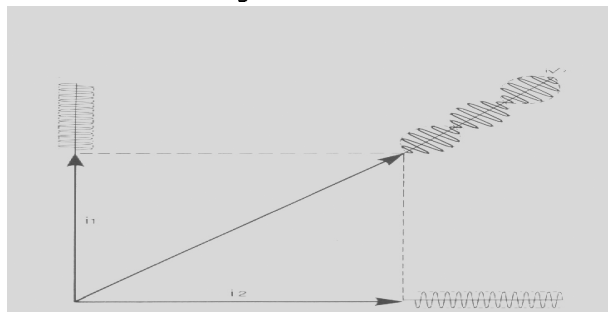
O paciente tolera altas intensidades de corrente com maior facilidade, pois temos uma menor ação deste tipo de correntes ao nível da pele. Com isto conseguimos atingir tecidos profundos, que não são atingidos com correntes de baixa frequência e polarizadas, como demonstra a relação (**I**) já citada.

Outros fatores importantes para diminuir a ação sobre a pele são os métodos de fixação de eletrodos.

a – Método de quatro eletrodos : desenvolve uma corrente alternada modulada no ponto de intersecção, cuja amplitude máxima é igual a $i \sqrt{2}$ (onde i é a amplitude da corrente em cada canal).

Nota : a corrente que se aplica à pele não está modulada e sua amplitude é inferior à da corrente modulada no ponto de intersecção.

Figura 4



b – Método de dois eletrodos : a corrente modulada entre os eletrodos tem em qualquer ponto do corpo a mesma intensidade de modulação que imediatamente abaixo do eletrodo (100%).

Nota : a considerável profundidade do efeito devida a escassa ação sobre a pele e portanto a grande quantidade de corrente aplicada, são as vantagens essenciais das correntes de frequência média em comparação às correntes de baixa frequência.

Comparando-se os dois métodos, o tetrapolar tem menor ação sobre a pele que o método bipolar.

A eletroterapia por média frequência normalmente usa correntes alternadas, retificadas ou não, mas com frequência superior a 1000 Hz. Todos os estímulos de baixa ou média frequência visam uma despolarização das fibras nervosas.

As fibras nervosas se despolarizam mediante estímulos elétricos que tenham impulsos de corrente direta ou alternada, mas sempre que a duração e a amplitude de impulso sejam suficientes. Existem normas fixando esses valores máximos.

Na fibra nervosa se desenvolve potencial de ação em ritmo sincronizado com a frequência da corrente elétrica usada.

Se a frequência de estimulação aumentar, a despolarização aumentará proporcionalmente.

As fibras nervosas têm uma frequência de despolarização máxima, que é determinada pelo período refratário. As fibras mielínicas (grossas) têm frequência máxima na ordem de 800 a 1000 Hz, enquanto as fibras amielínicas (finas) têm frequência máxima na ordem de 80 a 150 Hz.

Quando aplicamos correntes alternadas de média frequência sobre um nervo e a frequência de despolarização é menor que a frequência da corrente, vários ciclos da corrente estimularão o período refratário provocando assim uma despolarização assíncrona, ou seja, a frequência de despolarização não acompanhará a frequência da corrente.

Efeito Gildemeister

A despolarização síncrona se transforma em assíncrona quando a frequência da corrente é superior à frequência de despolarização da fibra nervosa, ou seja, quando aumentamos a frequência da corrente elétrica. Durante a estimulação com correntes alternadas de média frequência, não são todos os ciclos que produzem a despolarização da fibra nervosa, é necessária a soma de alguns ciclos para despolarizar a fibra nervosa.

A metade negativa de um ciclo de uma corrente alternada de média frequência tem um efeito mais hipopolarizante sobre o potencial da membrana nervosa que a metade positiva.

“Isto significa que à medida que mais ciclos se somarem, a diferença do potencial de membrana nervosa se aproximará do valor de umbral de estímulo e, quanto maior a intensidade da corrente menor será o tempo efetivo, ou seja, será necessário um número menor de ciclos para atingir o valor de umbral” (ver figura 5).

A despolarização das fibras nervosas de acordo com o princípio de somação de ciclos de correntes alternadas de média frequência, se conhece por “Efeito Gildemeister”.

Inibição Wedenski

Se uma fibra é estimulada durante certo tempo com uma corrente alternada de média frequência e intensidade constante, a fibra se despolariza inicialmente com sua frequência máxima.

Se a intensidade da corrente for suficientemente alta, existe a possibilidade de se produzir uma despolarização dentro do período refratário (relativo).

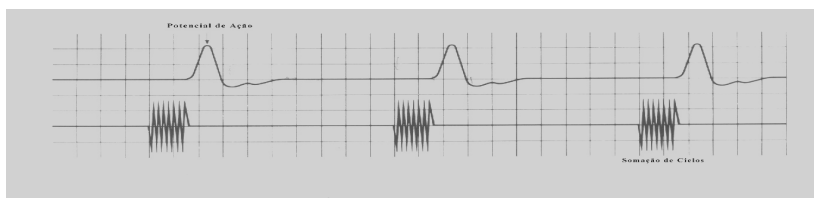
Sendo assim, toda vez que estimularmos uma fibra nervosa com uma corrente alternada de média frequência contínua, podemos produzir a inibição da reação ou um bloqueio completo na transmissão dos estímulos nesta fibra nervosa.

Este fenômeno é conhecido por “Inibição Wedenski”.

A fadiga da placa motora terminal aumenta ao elevar-se a frequência de estimulação elétrica indiretamente. A placa motora terminal fadigada não é capaz de converter cada impulso em uma despolarização da membrana da fibra muscular correspondente.

Para prevenir a inibição Wedenski e a fadiga da placa motora terminal, é necessário interromper a corrente de média frequência depois de cada despolarização. Isto é possível com a modulação na amplitude da corrente, AMF, onde apenas os ciclos que compõem o centro do módulo têm condições de despolarizar a fibra nervosa, pois tem a intensidade suficiente para estimular e atingir o valor de umbral, que depende da intensidade e do tempo efetivo.

Modulação da Amplitude da Corrente de Média Frequência



Para permitir a repolarização, a corrente de média frequência deve ser interrompida depois de cada despolarização, ou diminuída de forma significativa em intensidade.

Este aumento e a diminuição rítmica da intensidade se conhece por modulação da amplitude.

A frequência da modulação de amplitude (frequência de tratamento) determina a frequência da despolarização da fibra nervosa. As duas frequências são síncronas.

A terapia por corrente interferencial proporciona esta modulação específica.

Definição Corrente Interferencial

Corrente Interferencial é o fenômeno que ocorre quando se aplicam duas ou mais oscilações simultâneas no mesmo ponto ou série de pontos de um determinado meio, com frequências levemente diferentes.

Na terapia interfencial são utilizadas duas correntes alternadas de média frequência, que tem uma interação entre si (batimento).

Uma das correntes alternadas tem frequência fixa de 4000 Hz, enquanto que a frequência da outra pode ser ajustada entre 4000 e 4250 Hz.

A superposição das duas correntes alternadas se denomina: interferência.

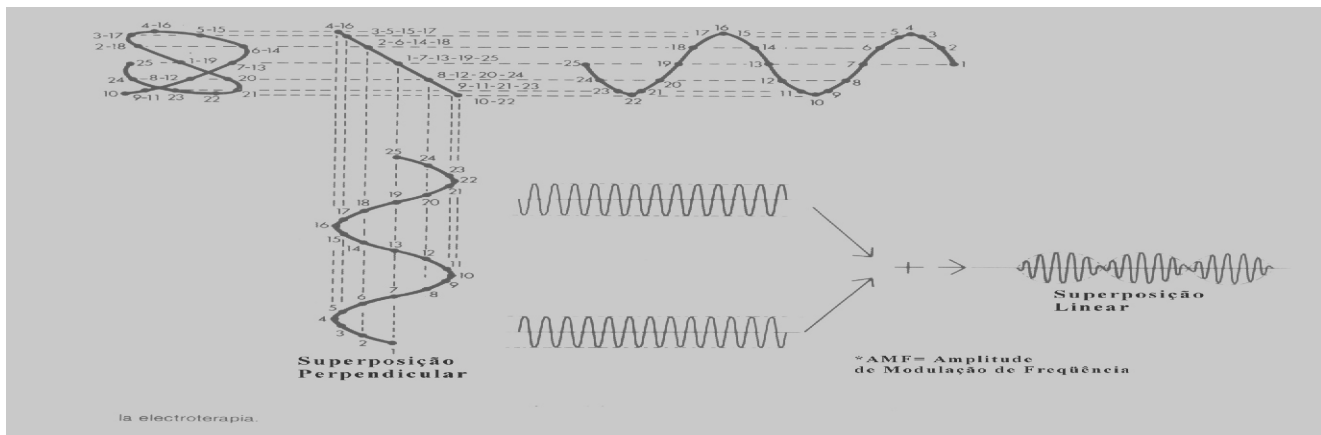


Figura 6

No ponto onde ocorre a intersecção das correntes, surge uma nova corrente alternada de média frequência com amplitude modulada.(figura 6)

A frequência da nova corrente modulada de média frequência pode ser calculada pela fórmula:

$$\frac{(F_1 + F_2) + |F_1 - F_2|}{2} = F_m$$

Exemplo : $F_1 = 4.000\text{Hz}$
 $F_2 = 4.150\text{Hz}$

$F_1 + 1/2\Delta F = 4.000 + 75 = 4.075\text{Hz}$ (frequência portadora resultante)

A frequência com que varia a amplitude se designa como frequência da modulação de amplitude (AMF).Em terapia interferencial, a AMF (frequência de tratamento) corresponde as frequências usadas para a eletroterapia de baixa frequência.

AMF tem um valor de : $|F_1 - F_2| = \Delta F$

Exemplo : $F_1 = 4.000\text{Hz}$
 $F_2 = 4.150\text{Hz}$

$$|F_1 - F_2| = |4.000 - 4.150| = 150\text{Hz} - (\text{AMF ou frequência de tratamento}).$$

Profundidade da Modulação e Intensidade da Corrente

A modulação da amplitude (intensidade) se caracteriza não somente pela frequência da modulação mas também pela profundidade da modulação (M).

A profundidade da modulação se expressa com um percentual e pode variar entre 0 e 100%.

Segundo Edel, para fins terapêuticos é indicada uma profundidade de modulação próxima de 100%. Na terapia interferencial são utilizados os seguintes métodos :

A – Método de dois pólos (bipolar)

Para este método são utilizados dois eletrodos e duas correntes alternadas se superpõem dentro do aparelho. O sinal elétrico que proveniente do aparelho já está modulado em 100% (ver figura 7). Com o método de dois pólos a profundidade da modulação é sempre de 100% e tem o mesmo valor em todo o trajeto entre os pólos.

A amplitude é maior na direção da linha que une os dois pólos e tem um valor zero na direção perpendicular a essa linha.



Figura 7

b – Método de quatro pólos (tetrapolar)

Para este método são usados quatro eletrodos. O equipamento libera duas correntes alternadas não moduladas em circuitos separados. Quando estas correntes se superpõem no tecido, ocorre a interferência (dentro do tecido em tratamento).

A profundidade da modulação depende da direção das correntes e pode variar entre 0 e 100%.

Quando duas forças (circuitos) iguais se cortam em um ângulo de 90° , a força resultante máxima se encontra na metade do caminho entre as duas forças (45° , diagonal do circuito).

A magnitude de M (profundidade da modulação) para várias direções se mostra em um diagrama polar.

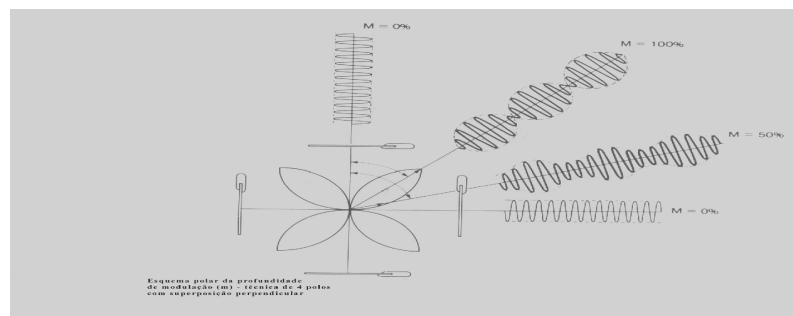
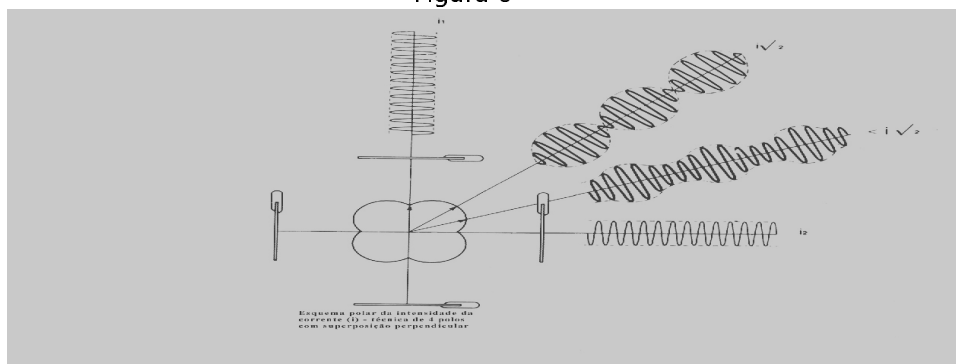


Figura 8



A magnitude da amplitude (i) também pode ser representada em um esquema similar.

Figura 9

Na região onde a profundidade de modulação é de 100% a amplitude de corrente é maior. Quando a profundidade de modulação é inferior a 100% a amplitude de corrente (i) tende a diminuir e, portanto os efeitos fisiológicos também.

C- Método de quatro pólos utilizando o rastreamento de vetor automático

O rastreamento automático foi criado para aumentar a área útil de estimulação, com uma profundidade de modulação de 100%, pois apenas a área que está na direção dos 45° teria a profundidade de modulação na ordem de 100%. Com o rastreamento conseguimos aumentar a estimulação efetiva numa região maior.

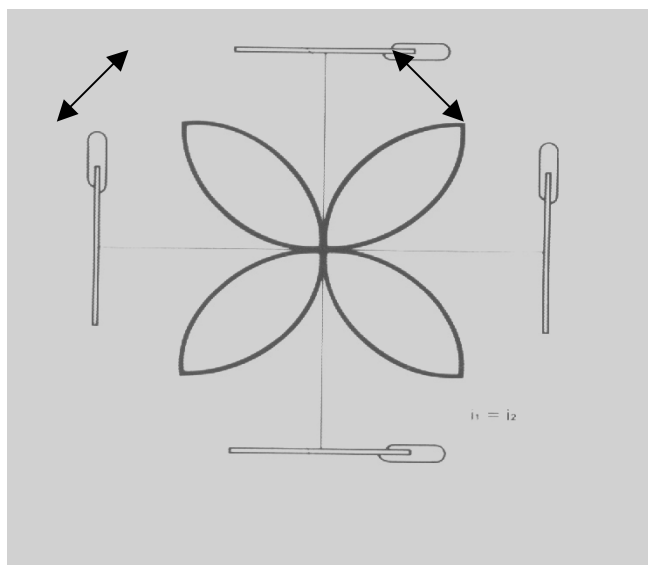


Figura 10

Para ocorrer este efeito, a intensidade da corrente de cada canal (pólos pretos e vermelhos) sofrerá alterações com o passar do tempo. No ENDOPHASYS NMS 0501 a variação é a seguinte: Enquanto o primeiro canal varia a intensidade de 75% a 125% do máximo valor ajustado no aparelho, o segundo canal faz a mesma variação no sentido inverso. Desta forma, teremos 2 vetores simultâneos ou seja podemos dizer que este modo seria bem definido como **corrente interferencial tensorial**

O ENDOPHASYS realiza apenas a corrente interferencial vetorial automática. Não existe o vetor manual.

Propriedades Fisiológicas da Corrente Interferencial Vetorial

Efeito das Correntes Interferenciais

Com este tipo de estímulo da eletroterapia, podemos ativar de forma seletiva as fibras nervosas aferentes mielinizadas (fibras nervosas grossas) originando :

- diminuição da dor
- normalização do balanço neurovegetativo, com relaxamento e melhoria da circulação

A estimulação das fibras nervosas aferentes grossas tem um efeito inibidor ou bloqueante sobre a atividade das fibras finas (amielínicas), e em consequência a sensação de dor diminui ou desaparece por completo.

Os efeitos resultantes da estimulação das fibras nervosas grossas são explicados pela teoria das comportas.

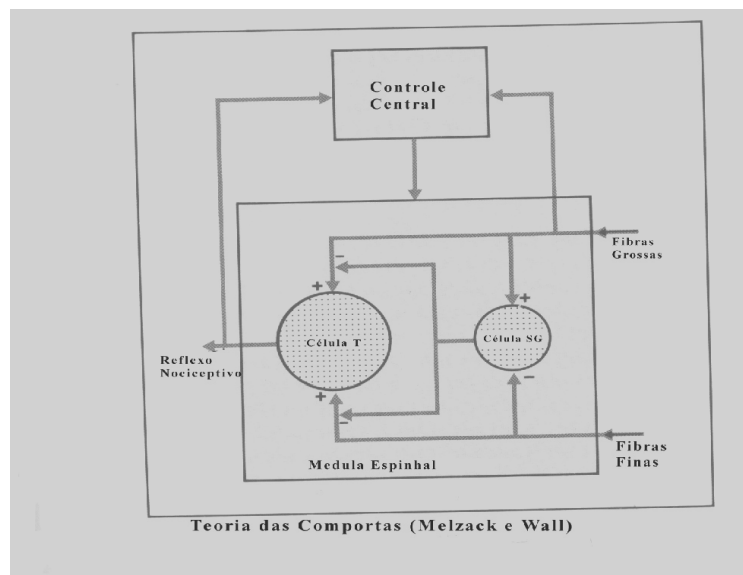
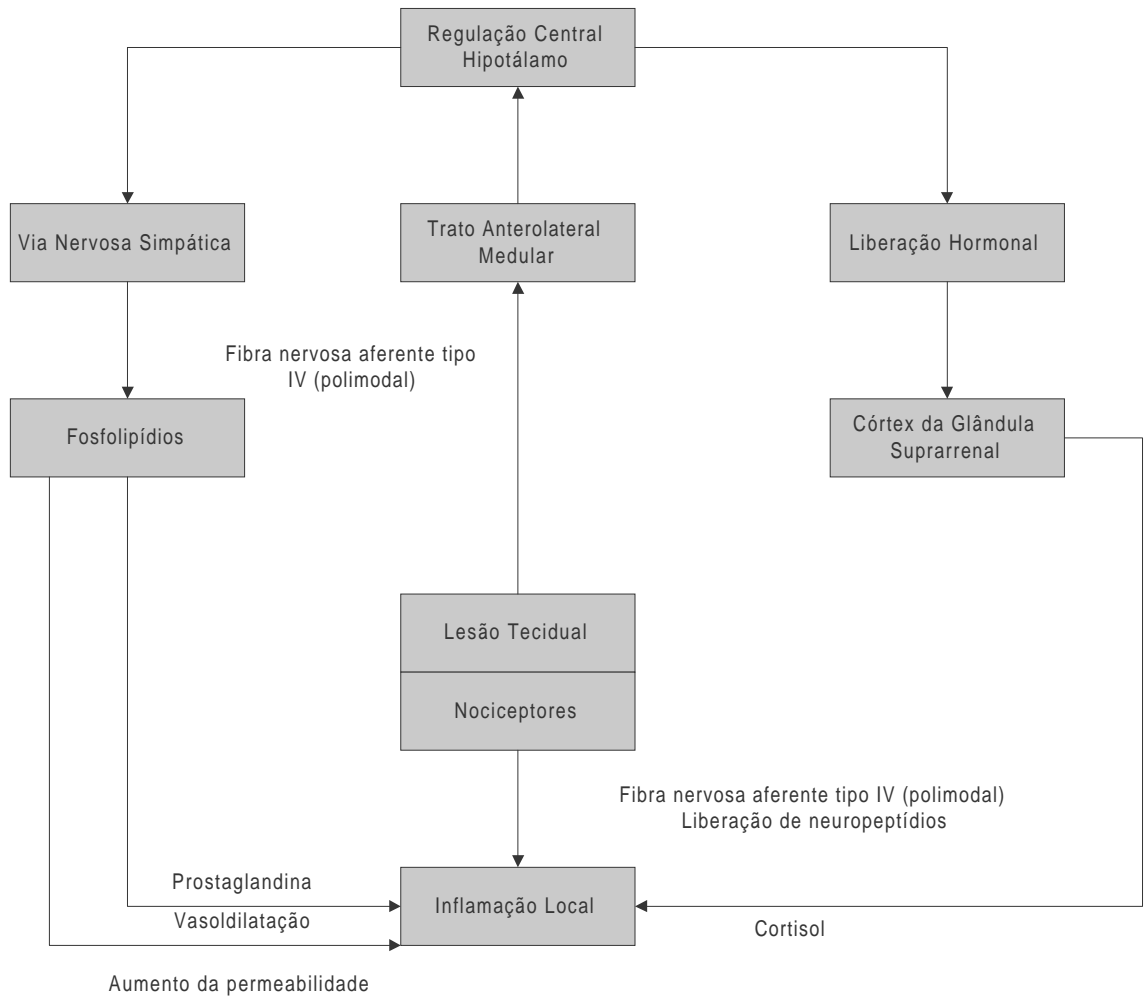


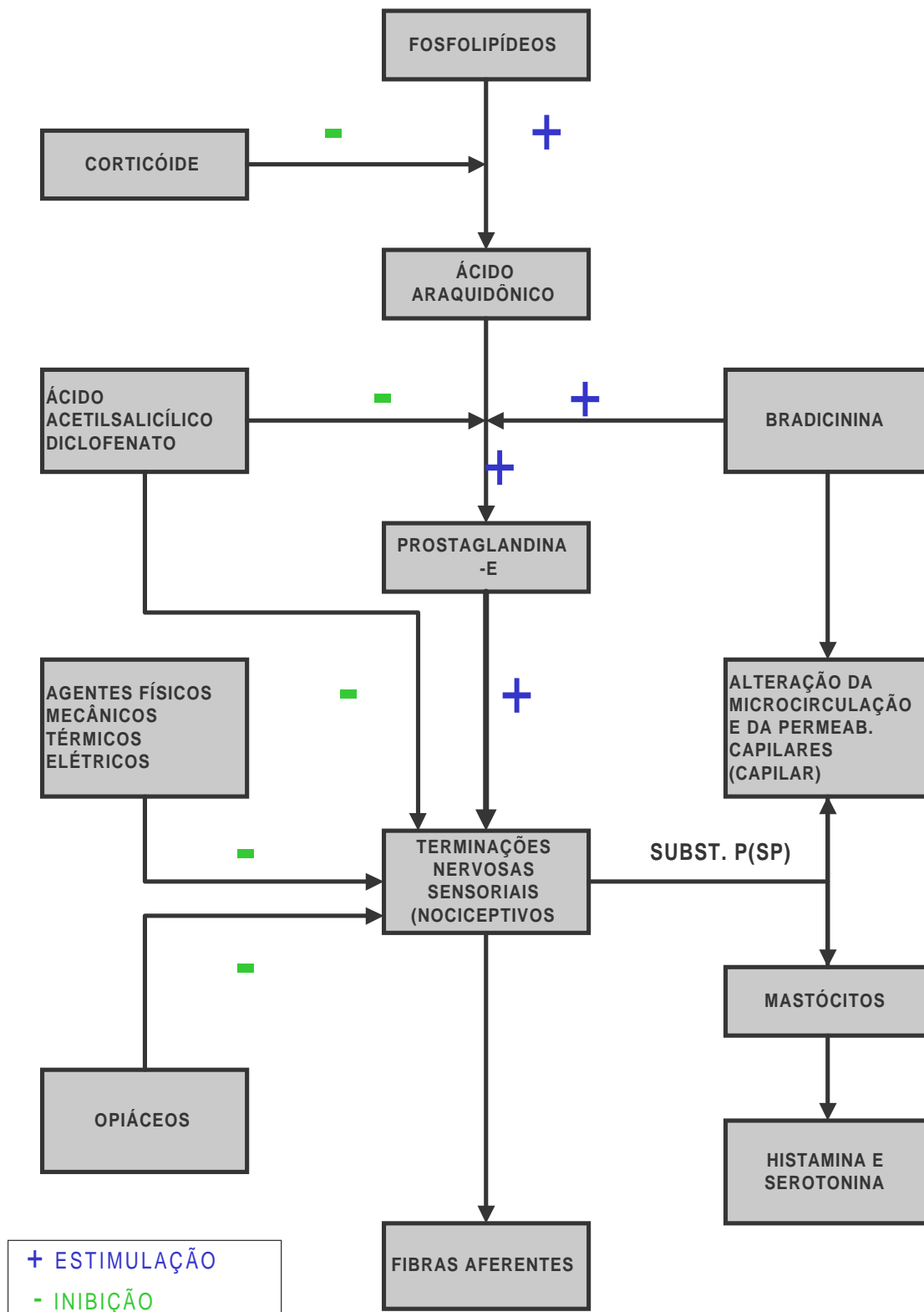
Figura 12

Além de reduzir a dor por estimulação das fibras grossas, se produz normalização do equilíbrio neurovegetativo. Isto significa um amortecimento do sistema ortossimpático, que se reflete em relaxamento e melhoria da microcirculação, o que também contribui no bloqueio da liberação dos mediadores químicos "inflamatórios e algícos".

A estimulação das fibras aferentes mielinizadas no tecido muscular ou cutâneo, causa descargas reflexas ortossimpáticas, seguidas por uma pós-excitação espontânea da atividade reflexa ortossimpática. Esta interrupção breve do ciclo vicioso conduz a normalização da atividade espontânea dos reflexos ortossimpáticos.

Inflamação Neurogênica





As condições que devem reunir as correntes alternadas senoidais para estimular de forma seletiva as fibras nervosas grossas, podem ser deduzidas das investigações de Lullies.

Estas condições são

- 1 – uma intensidade de corrente relativamente baixa
- 2 – uma frequência relativamente alta, superior a 3 KHz (ver figura 13)

Com esta corrente de média frequência é possível estimular as fibras nervosas grossas com certa segurança.

Com esta corrente de média frequência é possível estimular as fibras nervosas grossas com certa segurança.

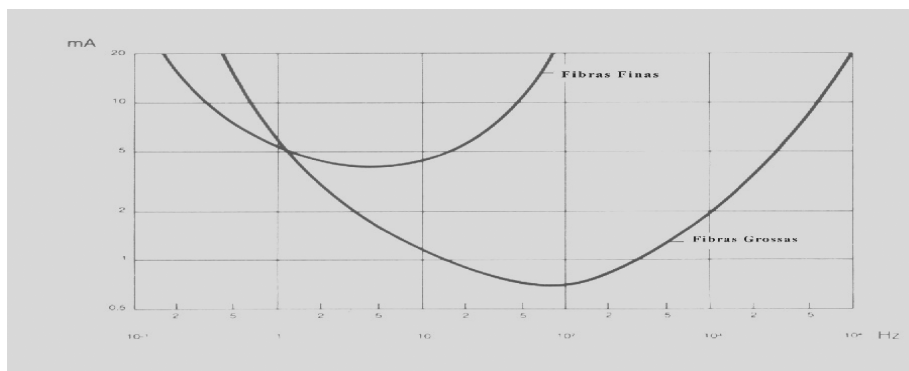


Figura 13

A AMF não tem efeito sobre a estimulação seletiva das fibras nervosas grossas. Ela tem uma função muito importante pois determina a frequência com que as fibras nervosas se despolarizam, evitando que estas fibras sejam estimuladas no período refratário, ou seja, dentro da fase de repolarização. Com isto evitamos a Inibição Wedenski.

Acomodação

Este efeito é bem conhecido pelos fisioterapeutas, principalmente quando usamos correntes diadinâmicas de Bernard, como por exemplo, a corrente do tipo difásica (DF). O efeito ocorre normalmente quando usamos uma corrente com frequência constante e com intensidade de corrente fixa. Com esta situação o sistema nervoso se acomoda com o tipo de estímulo e o paciente relata que a corrente diminuiu de intensidade (acomodação).

Isto ocorre, pois os receptores estimulados passam informações sobre as trocas externas num grau cada vez menor (esgotamento de neurotransmissores da fibra específica).

Para evitar a acomodação pode-se aumentar a intensidade (é o que se faz na CDB do tipo DF) ou variar a frequência da corrente.

Aumento da Intensidade da Corrente

Toda vez que ocorrer a acomodação pode-se aumentar a intensidade da corrente. O paciente vai sentir a mesma sensação que sentiu no início da aplicação, isto pode ser realizadas várias vezes durante a aplicação, mas existe uma objeção: com esta correção da intensidade o terapeuta poderá levar o paciente a níveis de intensidade de corrente excessivos onde poderão ocorrer os efeitos eletrolíticos (cauterizações). Esta situação ocorre com correntes polarizadas de baixa frequência, mas não se produz nas correntes alternadas de média frequência.

Variação da Frequência

Pierre Bernard foi o primeiro a usar a possibilidade de evitar a acomodação variando a frequência. Nas formas de modulação CP e LP onde se alternam ritmicamente as frequências de 50 e 100 Hz.

Na terapia interferencial se usa este princípio e a alternância se conhece por espectro de frequência (ΔF). Este espectro de frequência é sobreposto ao AMF com variações de frequência na ordem de 1 a 100 Hz e normalmente o valor estipulado varia conforme o AMF escolhido. Orienta-se que se use 50% ou mais do valor estipulado do AMF.

Exemplo:

A corrente começa com uma AMF (frequência de tratamento) de 20 Hz e com um espectro de 50 Hz, esta sobreposição ocorre automaticamente, ou seja, a frequência vai de 20 Hz a 70 Hz passando por todas as frequências entre estes valores e retorna a 20 Hz, isto se repete automaticamente.

Um espectro de frequência amplo, evita a acomodação com mais efetividade que um espectro curto.

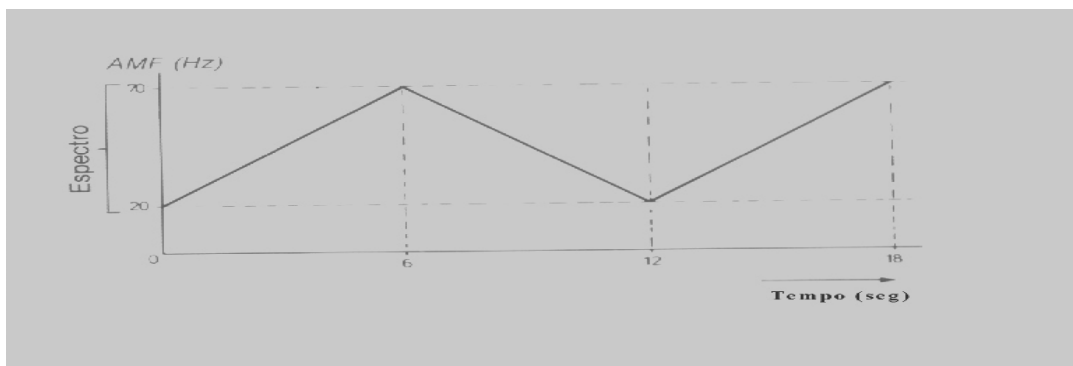


Figura 14

Escolha da AMF ou Frequência de Tratamento

A AMF deve ser ajustada de acordo com o estado fisiopatológico, tipo de tecido (taxa metabólica) ou a gravidade do caso.

Devemos levar em conta a sensação percebida pelo paciente com as diversas AMF's. As frequências mais altas são mais cômodas, mais agradáveis ou mais rápidas.

Aconselha-se AMF's altas para problemas na fase aguda, com dor intensa e hipersensibilidade. O uso de AMF alta também é preferido pelo paciente que sentem temor por estímulos elétricos.

Com frequências mais baixas a sensação é mais forte, mais profunda ou mais intensa.

As AMF's baixas, na ordem de 25 a 75 Hz são usadas para distúrbios na fase crônica. Na fase subaguda devem-se usar frequências na ordem de 70 a 100 Hz aproximadamente.

As frequências entre 25 a 50 Hz tendem a produzir contrações (tetânicas) usadas para eletroginástica.

Escolha do Espectro de Frequência

A acomodação pode ser evitada variando a AMF.

Amplitude do Espectro de Frequência

Um espectro amplo sobreposto a uma AMF baixa causará variações marcadas das sensações e/ou contrações. Esta forma de tratamento pode ser usada para lesões na fase crônica. Um espectro pequeno sobreposto a uma AMF baixa pode ser suficiente para prevenir à acomodação.

Com um espectro pequeno sobreposto a uma AMF alta pode ocorrer a acomodação, o paciente não sente a variação da corrente em processos agudos. O espectro deve ser alto também, ou seja, acima de 50% do estipulado na AMF, assim evitaremos a acomodação.

Existem 03 Programas Para Introduzir a Variação do Espectro (SLOPE)

1- A AMF permanece na frequência base durante 1 segundo, depois troca-se subitamente a frequência somando com o espectro determinado, que também se mantém durante 1 segundo. Esta forma de tratamento tem um efeito agressivo, que se faz ainda mais agressivo conforme se eleja um espectro mais amplo.

Recomenda-se para problemas crônicos que requeiram uma atitude agressiva para a liberação de substâncias vasomotoras e histamínicas.

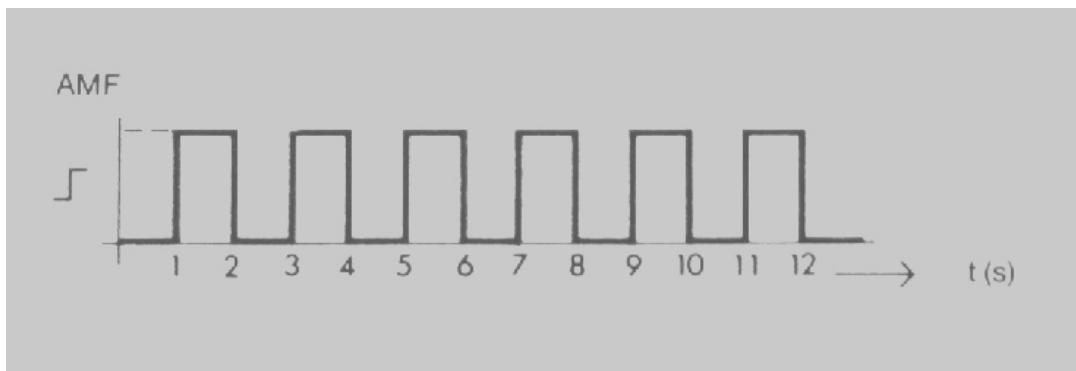


Figura 15

2 – A frequência básica se mantém durante 5 segundos espectro à AMF, a subida de frequência ocorre em 1 segundo, a frequência final se mantém durante 5 segundos, retornando a frequência básica (AMF) em 1 segundo e repete-se o ciclo.

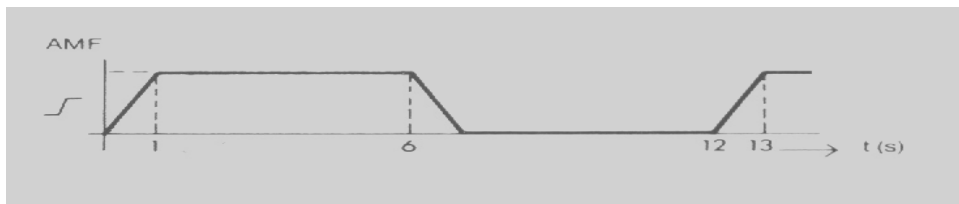


Figura 16

3 – Neste caso a frequência não se mantém, havendo uma mudança constante de frequência iniciando da base do AMF e terminando com a somatória do espectro. A variação de tempo é de 6 segundos para atingir a frequência máxima de 6 segundos para retornar a frequência base do AMF, quando se repete o ciclo. Esta modalidade é a mais suave das três, deve ser usada em situações onde a lesão está na fase aguda e muito sensível.

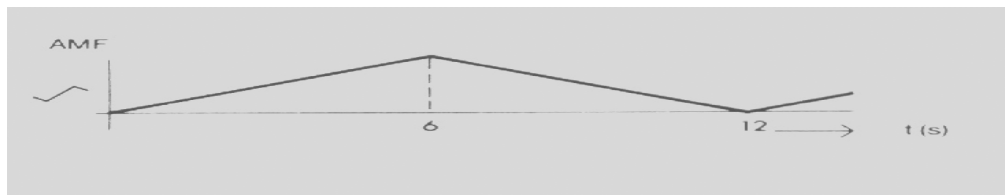


Figura 17

Escolha de Intensidade de Tratamento

Com base no tipo, na natureza, na gravidade e no estado do problema, assim como no efeito que se pretende ter com o tratamento, o fisioterapeuta decidirá em primeiro lugar a sensação que o paciente deverá sentir.

O paciente pode experimentar a corrente com mínima dose (dose mitis), com dose óbvia (dose normal) ou apenas dose quase intolerável (dose forte), deverá indicar quando perceber a sensação desejada.

Desta forma, é o paciente quem determina a intensidade da corrente, dentro dos limites fixados pelo fisioterapeuta.

Duração do Tratamento (tempo de aplicação)

Não se pode dar valores fixos para a duração do tratamento. O período usual oscila em torno de 15 minutos, mas existem trabalhos onde os autores usaram até 30 minutos de aplicação, como também existem aplicações que duram 5 minutos. No dia a dia se vêem mais aplicações em torno de 15 minutos. Aplicações visando a produção de beta-endorfinas devem ser as mais longas (30 a 40 minutos).

Regra Geral Para Dosificação

Em casos extremamente agudos usaremos doses relativamente baixas, dose mitis ou normal, com um tempo de tratamento curto (10 minutos). Em casos crônicos ou subagudos a dose deve ser relativamente alta, dose normal ou forte, com tempo de tratamento longo (20 minutos).

A prática clínica tem demonstrado que o uso de frequências ao redor de 2000 Hz produz mais atividade motora. A corrente se apresenta mais forte e proporciona uma estimulação máxima na musculatura. Para

realizar um fortalecimento muscular é preferível usar frequência portadora de 2000 Hz, quando não se trata de processos dolorosos ou inflamatórios. Para praticamente todas as demais aplicações se usa 4000 Hz.

Pauta de Tratamento

A pauta de tratamento se determina com base na dose. Se a dose é baixa as sessões podem ser administradas com intervalos curtos (diárias ou algumas vezes ao dia com intervalos mínimos de 8 horas). Para doses altas se recomenda uma pausa maior de três a quatro sessões semanais. A pauta depende também do grau de agudez do problema e da possibilidade de combinação com outras formas de terapia ou de recursos.

CORRENTES DIADINÂMICAS DE BERNARD

Descrição das formas de corrente

É uma corrente alternada retificada monofásica fixa (MF) ou difásica fixa (DF). Esta corrente alternada deriva diretamente da corrente da rede, criando impulsos senoidais com uma duração de 10ms. A duração da fase de 10ms causará despolarização em todas as fibras grossas. As fibras finas somente podem ser estimuladas em uma amplitude muito elevada (ver figura 13).

Na história (européia) da fisioterapia, as correntes diadinâmicas ganharam uma posição de destaque indesejável. Às vezes são rejeitadas por serem julgadas, injustamente, como obsoletas quando comparadas com a Corrente Interferencial ou TENS, contudo, as correntes diadinâmicas tem efeitos específicos quando se trata de reduzir a dor e melhorar o trofismo.

Existem cinco formas clássicas de correntes diadinâmicas que constituem a base de eletroterapia de baixa frequência:

MF (Monofásica Fixa), frequência de 50Hz.

DF (Difásica Fixa), frequência de 100Hz.

CP (Curtos Períodos), alterna 1 segundo de MF e 1 segundo de DF.

LP (Longos Períodos): corrente MF durante 6 segundos. Depois, os intervalos entre os pulsos são completados por impulsos, cuja amplitude aumenta progressivamente para alcançar os da corrente MF, tornando-se então uma DF. Depois aqueles impulsos diminuem até zero, deixando somente uma corrente MF. A duração total da fase DF, incluindo o aumento e a redução da amplitude varia, conforme o equipamento, entre 6 e 10 segundos.

RS (Ritmo Sincopado) alterna MF com pausa de 1 segundo.

As formas de corrente CP e LP são utilizadas para evitar a acomodação (em comparação com a Interferencial), o modo CP é mais agressivo que LP. No caso da CP, as mudanças são bastante abruptas. Bernard somente empregou as duas formas de correntes para adaptar o estímulo à condição patológica.

A seleção da forma de CDB

A seleção vai depender da indicação do tratamento, cada uma possui um efeito específico e podem ser associadas entre si, estabelecendo um efeito de estimulação primário e outro de amortecimento secundário sobre o sistema sensorial e motor assim como uma influência muito favorável sobre o sistema vegetativo e trófico.

Corrente Difásica Fixa (DF)

Indicada para tratamento inicial antes da aplicação de outra corrente assim como para tratamento de transtornos circulatórios funcionais periféricos.

Bernard recomendam especialmente a aplicação desta forma de corrente, sobre os gânglios vegetativos, com preferência ao simpático (gânglio cervical superior, gânglio estrelado etc), para o tratamento de transtornos vegetativos.

Corrente Monofásica Fixa (MF)

Indicada no tratamento de dores que não tenham origem espasmódica, com previa aplicação da forma de corrente DF.

Corrente Curto Período (CP)

Indicada para o tratamento de dores de diferentes origens, estados pós-traumáticos e alterações tróficas. Usada preferencialmente em casos crônicos.

Forma de Corrente CPid

Tem uma ação similar à CP, onde são acrescidos mais 10% na intensidade da corrente na fase de 100Hz (fase DF), isto faz com que a ação da corrente seja mais equilibrada, tornando-se mais vigorosa e intensa.

Corrente Longo Período (LP)

Possui um efeito analgésico favorável e persistente. Indicada para o tratamento de mialgias (lumbago, torcicolo) e também nas diferentes formas de neuralgia. Usada de preferência em casos agudos.

As Aplicações das formas de correntes Diadinâmicas

Todas as formas de correntes provocam uma sensação de prurido no paciente, sensação que aumenta com o aumento da amplitude, e que se deve as características especiais da duração da fase. **Além** dos efeitos da corrente galvânica que produzem freqüentemente uma sensação desagradável de modo que não se deseja seguir aumentando a amplitude. Um aumento de amplitude no paciente pode causar as sensações características da corrente diadinâmica: formigamento (DF) e vibrações (MF). Estas sensações não são desagradáveis e já não são determinadas pela sensação de ardência e queimadura. O princípio de Bernard proíbe um aumento de amplitude durante o tratamento para adaptar o estímulo a uma modificação da condição patológica.

Ao aplicar estas correntes retificadas, se deve contar com a possibilidade dos efeitos galvânicos na pele. As características da forma de impulso fazem que a corrente diadinâmica tenha um alto valor de corrente contínua que podem causar efeitos galvânicos na pele. Estes efeitos galvânicos são produzidos por reações eletroquímicas baixa o **catodo e o anodo** e por uma modificação do valor de pH da pele. Para limitar este perigo ao mínimo, a duração de cada aplicação não deve superar 10 minutos, e a amplitude da corrente não pode ser aumentada **até** o umbral de dor do paciente (Bernard aconselha uma duração máxima de 4 a 5 minutos). Devem ser utilizadas esponjas com uma espessura mínima de 1cm para assegurar uma boa retenção de água. Se for necessário, pode se adicionar água durante o tratamento com uma garrafa.

A forma de corrente MF permite provocar contrações com facilidade, de modo que esta forma de corrente parece muito apropriada para estimulação muscular. Todavia isto se desaconselha em virtude do importante componente galvânico da corrente, visto que a estimulação muscular requer uma amplitude relativamente alta.

As Correntes Diadinâmicas são muito apropriadas para o tratamento de dores nas pequenas articulações (dedos e punho). Em casos de atrofia óssea de Sudeck uma aplicação de corrente diadinâmica proporciona um excelente resultado, assim como algias superficiais. Um exemplo conhecido é o efeito da CDB em Herpes Zoster. Apesar de se conhecer muito pouco sobre o mecanismo de funcionamento, os resultados são surpreendentes.

CORRENTE ULTRA-EXCITANTE DE TRÄBERT

Descrição da forma de corrente de Träbert

Consiste em uma corrente contínua com impulsos retangulares com uma duração de fase de dois mseg e intervalo de 5mseg. Na literatura esta forma de corrente também se chama corrente Ultra Reiz. A freqüência da corrente é aproximadamente 143Hz. Esta forma de corrente é apropriada para a estimulação seletiva de fibras grossas.

A forma da corrente é muito simples. Träbert nunca chegou à seleção dos parâmetros.

Esta terapia produz bons resultados, destacando-se o desaparecimento imediato da dor em uma só sessão que poderá se manter por várias horas.

Aplicação da Corrente de Träbert

Träbert descreve quatro tipos de posicionamentos típicos dos eletrodos que concordam com a filosofia segmentada da eletroterapia. A polaridade depende da zona de tratamento. Por exemplo, para tratamento de patologias occipitais, o eletrodo negativo é posicionado distal e o positivo proximal. Nas patologias

cervicais com irradiação para o braço , o eletrodo negativo é posicionado proximal e o positivo distal. Os posicionamentos dos eletrodos são apropriados para aplicações segmentares.

Na ausência da mudança de frequência e ou interrupções poderá haver uma acomodação rápida da amplitude ajustada, depois de um breve período, o paciente não sentirá a corrente na mesma intensidade que antes. Träbert aconselha aumentar a amplitude aos poucos, de acordo com o umbral de tolerância, até que sejam produzidas contrações musculares. A contração deve ser apenas palpável ou apenas visível. As contrações podem contribuir para uma melhora do aporte sanguíneo da musculatura (mecanismo de bombeamento pela contração muscular). Quando as contrações diminuírem deve-se aumentar a amplitude.

A princípio a amplitude é aumentada a cada minuto, o umbral de tolerância só é alcançado dentro de 5 a 7 minutos. Após isto a amplitude não é mais aumentada. Em alguns casos a amplitude pode alcançar 70-80mA.

Ainda que a componente de corrente continua seja relativamente pequena, o brusco aumento de amplitude requer eletrodos com esponjas grossas (espessura de 1cm) e bem molhadas. Eventualmente pode-se adicionar água durante o tratamento.

Aconselha-se um tempo tal de tratamento máximo de 15 minutos.

CORRENTE GALVÂNICA

É uma corrente elétrica **contínua**, ou seja, com fluxo de elétrons constantes e ininterruptos, unidirecional com intensidade constante, para fins terapêuticos.

EFEITOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS

Produção de Calor: ocorre efeito de dissociação molecular (íons positivos se dirigem para pólo negativo (catodo) e íons negativos dirigem-se para o pólo positivo (**ânodo**). São de grande importância as considerações de fatores como intensidade e tempo de passagem de corrente que não podem exceder 1mA por cm de área, e quanto maior o tamanho dos eletrodos, maior a concentração da reação química. Alterações Vasomotoras: devido a passagem de corrente **contínua** obtém-se calor e constante vasodilatação.

Modificação de Excitabilidade: a barreira exercida pelas membranas celulares provoca um acúmulo de cargas em sua superfície, tornando mais lento o fluxo e modificando a polarização da membrana. Haverá diminuição da excitabilidade celular na região do pólo positivo. Na região do pólo negativo haverá aumento na excitabilidade celular.

EFEITOS FISIOLÓGICOS

- Analgesia;
- Hiperemia;
- Anti Inflamatório;
- Ação Bactericida;
- Excitação Espástica.
- Anaforese

INDICAÇÕES

- Traumatismos, artropatias, mialgias;
- Paresias Musculares;
- Edemas (devido ao efeito vasomotor);
- Artrites;
- Hidratar e amolecer locais com evolução de fibrose;
- Enfermidades cutâneas;
- Neuralgias

CONTRA INDICAÇÕES

- Ausência de sensibilidade;
- Presença de placas de metal no paciente;
- Marcapasso;
- Excitação espástica em paresias espásticas cerebrais.

- Iontoforese
- Eletroporação

IONTOFORESE

Este clássico recurso eletroterapêutico tem sofrido, ao longo de sua existência uma **serie** de abandonos e retomadas, à medida que novas descobertas medicamentosas vão surgindo.

Na atualidade presencia-se uma retomada importante desse recurso, não só na área da Fisioterapia como também em Ortopedia e Dermato-funcional, além de aplicações em estética.

Existe um sem número de publicações e livros sobre o assunto, com relatos freqüentemente conflitantes, ou ainda estendendo-se da ineficácia total ao mais absoluto sucesso. São ainda propostos protocolos e técnicas bastante variados, o que leva a maiores **duvidas** que certezas, pois até o momento pouco se fez para tratar este assunto cientificamente. Há ainda muito empirismo. A presente abordagem pretende trazer um pouco de luz ao assunto, observando os preceitos físicos e eletrofisiológicos envolvidos, esclarecendo pontos fundamentais de modo a trazer a Iontoforese para mais perto de uma técnica cientificamente baseada, mostrando ainda quais são os pontos a serem melhorados, quais os definidos e quais os ainda necessários.

Os princípios físicos aplicados à Iontoforese se baseiam na **Eletrolise**, cujo estudo levou Faraday a propor duas leis que regem os fenômenos envolvidos, a saber:

- 1) **A massa depositada de um elemento é diretamente proporcional à quantidade de carga elétrica que atravessa a solução e independe do solvente:**

$m \approx K_1 \cdot Q$ (1)	Primeira Lei
-----------------------------	--------------

- 2) **A massa do elemento é proporcional à massa do Equivalente-grama do elemento:**

$m \approx K_2 \cdot E$ (2)	Segunda Lei
-----------------------------	-------------

Juntando as duas expressões teremos: $m = K \cdot Q \cdot E$ onde:

m = massa em quilogramas (Kg)

Q = carga elétrica em Coulomb (C)

E = equivalente-grama em quilogramas (Kg)

K = constante de proporcionalidade = $K_1 \cdot K_2$ (C^{-1})

As leis acima enunciadas são imprescindíveis para a fundamentação da Iontoforese, pois possibilitam o cálculo da quantidade teórica de massa do princípio ativo a ser introduzida nos tecidos. Nestas condições, pode-se colocar a equação na seguinte forma:

$m = I \cdot t \cdot (M/n) \cdot K$ (3)

onde:

m = massa introduzida (Kg)

M = massa molar (Kg/mol)

t = tempo de aplicação (s)

n = valência do elemento

I = corrente aplicada (A)

K = constante = $1/9,6 \cdot 10^4$ (C^{-1})

Note-se ainda que $I \cdot t = Q$

Esta equação pode não ser tão óbvia quanto possa parecer, razão pela qual seria interessante retomar algumas definições da Química, ou seja, levar em conta que $M/n = E$ (equivalente-grama de uma substância)¹.

Lembrando que, pelas leis de Faraday, a massa é proporcional à carga elétrica e ao equivalente grama, chega-se facilmente à conclusão de que para introduzir 1E de uma substância, é necessário 1 mol de elétrons, fato que permite encontrar o valor da constante K, ou seja:

Fazendo $m = E$ e $Q = 1$ mol de elétrons $= 6,02 \cdot 10^{23}$ elétrons e ainda, sabendo que a carga do elétron vale $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulombs, tem-se:

$$Q = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 96.500 \text{ C}$$

E, portanto: $E = K \cdot 96.500$ E, de onde $K = 1/96.500$ e então:
 $K = 1/9.6 \cdot 10^4$

Depois desta verificação, fica claro que, utilizando a equação proposta, tem-se uma fundamentação científica da massa que, teoricamente, será introduzida nos tecidos. Pela primeira lei de Faraday, sabe-se que a quantidade de massa independe do solvente e, uma vez que se relaciona apenas com o equivalente-grama, não é necessário que se de importância à concentração, pelo menos do ponto de vista eletroquímico. Basta que a solução utilizada contenha massa igual ou maior que aquela a ser introduzida. Do ponto de vista prático, é necessário verificar se alta concentração de determinada substância não irá agredir a pele, como no caso do Iodo, por exemplo.

O passo seguinte é observar que a aplicação do método deve levar em conta a quantidade de carga elétrica necessária, e, para tanto se deve escolher a intensidade de corrente e o tempo de tratamento, pois, o produto do tempo pela corrente resultará na carga total.

Embora não pareça necessário, convém lembrar que estes dois parâmetros são os únicos aos quais o profissional tem acesso e ambos tem limitações. A corrente, por ser polarizada, tem efeitos eletrolíticos consideráveis sobre a pele, podendo levar a queimaduras de difícil cicatrização e, portanto não deve ser utilizada com intensidades maiores que 0,3 mA por centímetro quadrado de eletrodo. Existem estudos² mostrando que a velocidade de penetração de moléculas aumenta com a intensidade, porém deve-se considerar o limite acima citado, que é inclusive especificado por normas de segurança.

Quanto ao tempo, pode-se levar em conta que a aplicação demasiadamente longa também influi na agressão aos tecidos e, portanto deve ser controlado. A quantidade de tempo, uma vez selecionada a intensidade de corrente, está relacionada à quantidade de massa a ser introduzida, e aqui, sem dúvida começam as incertezas.

Através da prática clínica, estipulou-se tempos nunca maiores que alguns minutos (tipicamente 12 a 15, no máximo). As referências bibliográficas mais recentes propõem uma dosificação em mA.minuto, que, examinada mais de perto está significando CARGA ELETRICA, e deveria, conscientemente ser quantificada em COULOMB, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades. Dispensados os comentários, é evidente que a dosimetria se refere ao volume de carga elétrica, necessária para introduzir uma certa massa da substância ativa desejada. A incerteza começa aqui, com a pergunta:- Qual a massa necessária e suficiente para alcançar um resultado satisfatório?

Na realidade, não se sabe. E, neste ponto, encontra-se uma fronteira que, salvo falta de informação do autor, ainda não foi transposta, ou seja, ainda são desconhecidas as doses terapêuticas para as substâncias utilizadas para iontoforese. Cabe então observar que o trabalho necessário para estipular essas quantidades consumiria anos de pesquisa, envolvendo profissionais e instituições, fato que, no momento é até impensável. Resta, entretanto um caminho paralelo, já trilhado de longa data pela indústria farmacêutica, com informações abundantes sobre a posologia de inúmeros medicamentos.

Embora a posologia vise uma dose sistêmica, seria mais fácil derivar delas as massas necessárias a aplicações locais, que trilhar todo um caminho novo. Partindo dessa hipótese, pode-se então listar princípios ativos, tais como corticóides, analgésicos, anestésicos, ou qualquer substância que possua indicação em iontoforese e encontrar seus equivalentes-grama.

A seguir, derivando das doses sistêmicas, valores compatíveis com o volume da região a ser tratada, consegue-se a massa do princípio ativo a ser introduzida. Lembrando que a corrente deve ficar dentro da faixa de valores já normatizados, pode-se aplicar a equação (3), acima descrita e dela extrair o tempo necessário para o tratamento.

É possível que, ao calcular o tempo necessário, seja encontrado um valor demasiadamente alto, ou seja, muito mais que 15 minutos. Como até aqui as considerações estão no campo teórico, é possível que, na

prática, não ocorram essas discrepâncias, ou, por outro lado, seja difícil conseguir tempos e correntes dentro das faixas seguras. Também é difícil continuar fazendo suposições.

Conclusão

O exposto mostra claramente que existe a necessidade de quantificar o tratamento pela iontoforese, caso seja pretendido tornar o método eficiente, eficaz, repetitivo e parametrizado, visando melhor credibilidade inclusive.

Mostra também que, embora a situação seja ainda bastante empírica, existem caminhos viáveis para a pesquisa, objetivando a otimização deste recurso terapêutico.

Corrente contínua versus corrente pulsada, ou seja, iontoforese versus eletroporação

A aplicação de corrente contínua durante tempos muito longos pode resultar em polarização da pele, diminuindo o fluxo iônico e conseqüentemente a eficiência do tratamento. Esta diminuição parece ser inversamente proporcional à duração o tempo de aplicação. A polarização da pele pode ser contornada com o uso de corrente galvânica pulsada, pois durante a pausa entre pulsos a pele retorna à sua condição de repouso (não polarizada). O transporte iônico pode diminuir se a pulsação da corrente tiver frequência muito alta. O transporte iônico de peptídeos e proteínas é maior com corrente pulsada que com corrente contínua. Este fato se deve ao fenômeno da **eletroporação**, que preferimos chamar de **eletropermeabilização**, e que consiste na abertura de poros na membrana celular através da aplicação de pulsos rápidos de alta voltagem a eletroporação é superior à iontoforese com corrente contínua. Porém a combinação de ultra-som com correntes pulsadas com alta voltagem associada à iontoforese tem resultados ainda melhores.

Intensidade da corrente

Existe uma relação linear entre o fluxo de íons de um composto e a intensidade da corrente aplicada. Ao nível de 1 miliampere/cm² a corrente não poderá ser aplicada por mais que 3 minutos devido ao desconforto do paciente irritação local da pele e queimaduras. Com o aumento da corrente, aumenta o risco de reações vasculares não específicas. Com correntes de 0,4 a 0,5 mA/cm² essas reações se iniciam após alguns segundos de iontoforese com água deionizada. Esse efeito, provavelmente, deve-se à alta densidade de corrente, o que estimula as terminações nervosas sensoriais causando reações tais como liberação da Substancia P das terminações das fibras C (FIGURA 2).

Competição Iônica

Numa solução de cloreto de sódio haverá uma quantidade igual de íons negativos (Cl⁻) e íons positivos (Na⁺). A migração de um íon de sódio requer que um íon de carga oposta esteja nas vizinhanças. Este íon de carga oposta é chamado de contra-íon. Um íon de carga igual mais de tipo diferente é chamado de co-íon.

Quando se utiliza a iontoforese é importante saber que o ajuste do pH é conseguido através da adição de agentes tampões. Esses agentes adicionam co-íons que são geralmente menores e mais móveis do que o íon a ser introduzido. Isto resulta numa redução na quantidade de droga introduzida. No exemplo do cloreto de sódio (NaCl) isto significa que quando uma droga de cargas positivas é diluída em soro fisiológico os íons de sódio competirão com os íons da droga a ser introduzida. Idealmente a utilização do sistema tampão deveria ser evitada na iontoforese, mas se isso não for possível deve se utilizar tampões consistindo de íons de baixa mobilidade / condutividade.

Concentração da Droga

Dependendo da droga utilizada demonstra-se que o fluxo iônico aumenta com o aumento da concentração do soluto no eletrodo de liberação da droga. Existe, entretanto um fator limitante que é a intensidade da corrente utilizada. Entretanto a partir de uma certa concentração o transporte iônico torna-se independente da concentração, provavelmente devido à saturação da camada limítrofe do volume da solução doadora.

Tamanho molecular

É sabido que os coeficientes de permeabilidade em solutos carregados positivamente, negativamente ou não carregados, através do tecido epitelial extraído de humanos, é função das dimensões moleculares, embora se saiba que certos solutos com grandes dimensões moleculares, tais como insulina e diversos hormônios de crescimento, conseguem penetrar facilmente a barreira epitelial, através da iontoforese, caindo na circulação sistêmica.

Transporte convectivo ou Eletro Osmótico

Durante a execução da iontoforese com determinada corrente, o fluxo iônico através da membrana induz um fluxo do solvente, denominado eletro-osmose. Comparado ao transporte iônico, a contribuição eletro-osmótica é pequena. A penetração de substâncias não iônicas, tais como soro bovino, parece ser facilitada pelo efeito eletro-osmótico. A iontoforese parece também melhorar a penetração de íons dipolares, como a fenilalanina. Muitas dessas substâncias têm sua penetração significativamente aumentada, quando liberadas através do pólo positivo.

Entretanto é necessário ressaltar que os melhores resultados da iontoforese são conseguidos quando se utilizam compostos iônicos, principalmente íons monovalentes.

Otimizando o transporte iontoforético

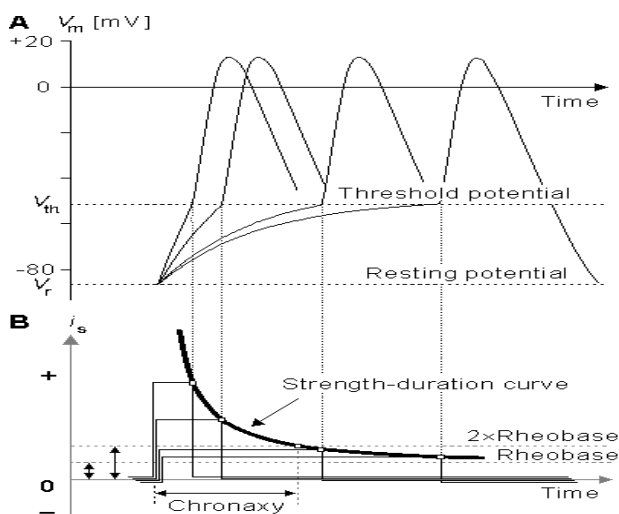
1. O transporte iontoforético pode ser regulado pela variação da densidade da corrente aplicada. Entretanto, existe limite para a densidade de corrente. Densidades seguras devem estar abaixo de $0,5 \text{ mA/cm}^2$, pois neste valor e valores maiores causam desconforto ao paciente, podendo levar a danos teciduais e queimaduras localizadas, aumentando proporcionalmente ao tempo de aplicação.
2. O controle do pH é importante e deve ser controlado para permanecer próximo a 7. A prevenção desses desvios fica a cargo das substâncias adicionadas às soluções iontoforéticas.
3. A área de tratamento deve ser previamente limpa com esfoliantes ou peelings superficiais que não deixam resíduos, diminuindo o risco de introduzir substâncias não desejadas.

ELETRDIAGNÓSTICO

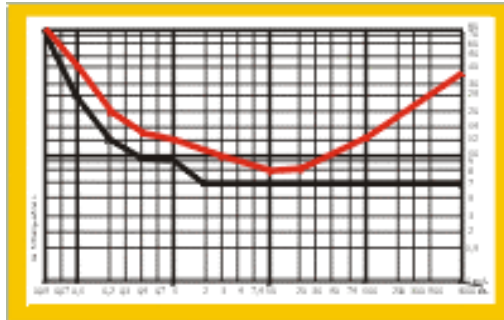
O Endophasys gera também pulsos triangulares e retangulares com faixas de variação de duração de pulso e repouso (T/R) capazes de executar o chamado eletrodiagnóstico moderno, encontrando-se os valores de **Reobase**, **Cronaxia** e **Índice de Acomodação**.

Esses parâmetros são necessários para verificar a integridade do sistema neuromuscular, podendo detectar degeneração desse sistema, bem como executar tratamento, conforme o grau de degeneração neuromuscular encontrado.

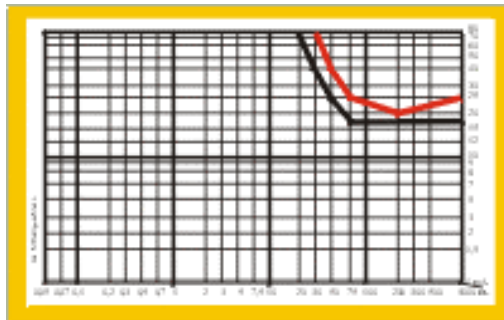
Em princípio, o eletrodiagnóstico está baseado na propriedade de acomodação exibida pela fibra nervosa, de modo que estímulos de crescimento lento (triangulares) provocam a acomodação do potencial de membrana, evitando a sua despolarização, enquanto que, pulsos retangulares não apresentam essa particularidade. Dessa forma, a aplicação conveniente de pulsos triangulares e retangulares sobre um sistema neuromuscular, permite que se constate a existência ou não de uma lesão periférica.



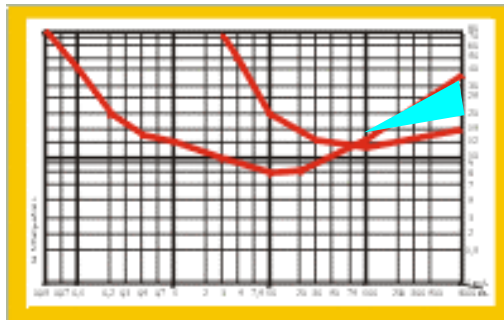
Os pontos levantados através da variação de intensidade, tempo de duração e forma do pulso, quando dispostos em gráficos cartesianos mostrarão o curvo i/t conforme as figuras abaixo:



Curvas de resposta de um sistema neuromuscular normal, frente a pulsos retangulares (curva inferior) e triangulares (curva superior)



Curvas de resposta de um sistema neuromuscular com lesão periférica



Superposição de curvas de um sistema íntegro e um sistema parcialmente lesado. O triângulo à direita constitui-se na área correspondente aos valores i/t dos pulsos adequados para tratamento.

Foge ao escopo deste trabalho um aprofundamento nas técnicas e teorias do eletrodiagnóstico.

Aos interessados, existem trabalhos específicos sobre o assunto, como, por exemplo, Eletroterapia Explicada, Low e Reed, ed. Manole 2001, entre outros. A KLD possui várias referências de boa qualidade em suas instalações, que poderão ser consultadas pelos interessados.

Foge ao escopo deste trabalho um aprofundamento nas técnicas e teorias do eletrodiagnóstico.

Aos interessados, existem trabalhos específicos sobre o assunto, como, por exemplo, Eletroterapia Explicada, Low e Reed, ed. Manole 2001, entre outros. A KLD possui várias referencias de boa qualidade em suas instalações, que poderão ser consultadas pelos interessados.