

**ANÁLISE CRÍTICA ATUAL SOBRE A TENS
ENVOLVENDO PARÂMETROS DE ESTIMULAÇÃO PARA
O CONTROLE DA DOR**

Ricardo Alexandre Tribioli

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia / Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Orientador: Prof. Dr. José Baptista Portugal Paulin

**Ribeirão Preto
2003**

***Aos meus pais João e Carmen,
aos meus irmãos Robson e Roselene,
à minha esposa Fernanda e minha sogra Geny,
pelo apoio e incentivo incondicional.***

Agradecimentos

Ao meu Orientador Prof. Dr. José Baptista P. Paulin, pelo grande auxílio e experiência, pela amizade e paciência. Obrigado também pelos firmes princípios de sabedoria e exemplo de vida.

Com meus mestres aprendi coisas simples e complexas, exatas e subjetivas. É necessário aprender primeiro as fórmulas simples para resolvermos depois os problemas mais complexos. Temos certeza que em Mat. 6:3+3. Nos números desta fórmula simples, encontramos as respostas para resolvermos o mundo (Mateus 6:33). Agradeço a Deus, o Mestre dos mestres. Ele nos deu a fórmula. Agora, é preciso aplicá-la.

A todos os professores do curso de pós-graduação interunidades em bioengenharia da USP, pelos valiosos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Shimano pelos importantes conselhos científicos e exemplo de profissionalismo.

Aos funcionários do laboratório de bioengenharia do campus de Ribeirão Preto: Terezinha, Eng. Moro, Francisco Carlos e Luiz Henrique, pelo inestimável apoio e amizade.

Aos amigos, companheiros de viagem e colegas de disciplina: Carlos A. Marinheiro, Adriana Valadares, Rosângela, Adriana, Vitor, Kissiner, Marcos Shimano, Marcos Lara, Irene, Célio, Fábio e Marilza, pelos eventuais auxílios e amizade.

Aos Profs Drs José Carlos Pereira e José Marcos pela dedicação ao Curso de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia e apoio aos pós-graduandos no tocante a realização e participação em eventos científicos.

À secretária Janete, pela simpatia e presteza.

Aos professores e funcionários da FUNEC (Fundação de Educação e Cultura de Santa Fé do Sul).

Aos funcionários e colegas profissionais da Clínica Escola de Fisioterapia da FUNEC.

Ao Dr. Volpon e ao Dr. Mazzer pelo aconselhamento científico.

A todos os meus familiares pelo apoio e incentivo.

SUMÁRIO ¹

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I	3
CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A DOR	3
1. Histórico da dor	3
2. Definição da dor	4
3. Classificação das fibras nervosas sensoriais	5
4. Vias nervosas	6
5. Terminações nervosas livres	6
6. Substâncias que desencadeiam a dor e o processo de transmissão	6
7. O espasmo muscular como causa da dor	7
8. Classificação dos Tipos de dores	7
9. Caracterização dos estágios da dor	9
10. Reações psicossociais desencadeadas pela dor	9
CAPÍTULO 2	10
REVISÃO SISTEMÁTICA DOS MECANISMOS DE SUPRESSÃO DA DOR	10
1. Sistemas analgésicos	10
2. Efetividade terapêutica da TENS para o controle da dor	11
3. A Teoria do controle da comporta de dor	17
4. Opióides	21
4.1 <i>Classificação dos opióides quanto à natureza</i>	22
4.2 <i>Mecanismo de ação</i>	22
4.3 <i>Classificação funcional dos opióides</i>	23

¹ Normas de acordo com as diretrizes para elaboração de dissertações e teses na EESC-USP, 2^a ed

<i>5. Outros mecanismos pelo qual a TENS pode inibir algumas dores específicas.</i>	29
CAPÍTULO 3	31
CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A TENS	31
1. Equipamentos de TENS disponíveis comercialmente	31
2. Corrente constante versus voltagem constante	33
3. Tipos de eletrodos mais utilizados	34
3.1 Colocação dos Eletrodos	35
4. Contra-indicações e precauções quanto ao uso da TENS	35
5. Revisão sistemática dos parâmetros de estimulação da TENS para o controle da dor	36
<i>5.1 Convencional (de alta frequência)</i>	36
<i>5.2 Baixa frequência e alta intensidade</i>	37
<i>5.3 Burst ou “Trem” de pulsos</i>	38
<i>5.4 TENS breve-intensa</i>	39
<i>5.5 Modulação de TENS</i>	40
<i>5.6 TENS de força-duração</i>	40
<i>5.7 TENS – VIF (variação de intensidade e frequência)</i>	42
6. Frequências ideais segundo critérios fisiológicos	43
<i>6.1 Correntes ideais para eletroanalgesia</i>	45
7. Corrente pulsada bifásica, simétrica, retangular	46
8. Corrente pulsada bifásica, equilibrada, assimétrica	47
DISCUSSÃO	48
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
APÊNDICES	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01– Diagrama esquemático da teoria do controle das comportas (formulação original)	17
FIGURA 02 – Controle de comporta comparado a um sistema eletrônico (porta lógica invertida)	21
FIGURA 03 – Padrão de Pulsos	32
FIGURA 04 – Eletroestimuladores modernos.....	33
FIGURA 05 – Eletrodos para TENS	35
FIGURA 06 – Curva força-duração	41
FIGURA 07 – Estimulação de força-duração	42
FIGURA 08 – Corrente VIF	43
FIGURA 09 – Ilustrações de Receptores Cutâneos	44
FIGURA 10 – Corrente ideal para eletroanalgesia e estimulação muscular	45
FIGURA 11 – Valores iguais dos produtos $I \times T$ indicam equilíbrio de carga em ambas as fases (amplitudes e tempos iguais)	46
FIGURA 12 – Valores iguais dos produtos $I \times T$ indicam equilíbrio de carga em ambas as fases, mesmo com amplitudes e tempos diferentes	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMP	-	Amplitude da corrente elétrica
ADM	-	Amplitude de Movimento
e	-	Constante matemática
EAVN	-	Escala Analógica Visual Numérica
ECG	-	Escala de Classificação Gráfica
F	-	Frequência
g	-	Grama
GABA	-	Ácido Gama-Amino-Butírico
Hz	-	Hertz
I	-	Intensidade da corrente elétrica
IASP	-	International Association for the Study of Pain
Irh	-	Reobase
K	-	Constante, como função da cronaxia
μ A	-	Microampere
mA	-	Miliampere
mg	-	Miligrama
ml	-	Mililitro
μ s	-	Microsegundo
ms	-	Milissegundo
mV	-	Milivolt
Pw	-	duração / largura do pulso
QP	-	Queixa Principal
R	-	Resistência elétrica
T	-	Tempo
TENS	-	Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation
U	-	Tensão elétrica
VIF	-	Varição de Intensidade e Frequência
v	-	Volt

RESUMO

TRIBIOLI, R.A. (2003). *Análise crítica atual sobre a TENS envolvendo parâmetros de estimulação para o controle da dor*. Ribeirão Preto, 2003. 61p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A estimulação elétrica nervosa transcutânea ou TENS (como é conhecida pela abreviação do inglês: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation), é uma valiosa técnica clínica não invasiva, onde estímulos elétricos são aplicados na superfície da pele, para promover o alívio sintomático da dor de diversas origens. Os mecanismos de ação e os parâmetros utilizados com essa técnica vem sendo pesquisados na tentativa de se obter os melhores resultados possíveis. A polêmica sobre o assunto atingiu proporções dignas de uma revisão sistemática, com abordagem das teorias envolvidas na modulação da dor pela TENS, evidências clínicas e fisiológicas mais discutidas. As pesquisas atuais sugerem que a TENS pode produzir analgesia por diferentes mecanismos, sendo que as evidências revelam a preferência de parâmetros preferenciais individuais como determinante para o sucesso no tratamento da dor.

Palavras-chave: Estimulação elétrica nervosa transcutânea, Parâmetros de estimulação, Dor.

ABSTRACT

TRIBIOLI, R.A. (2003). *The current critical analysis about TENS involving parameters of stimulation to control the pain*. Ribeirão Preto, 2003. 61p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Transcutaneous electrical nerve stimulation or TENS is a valuable clinical technique no invasive, where electrical stimulus are applied on the skin surface to foment the symptomatic relief of pain from several origins. The action mechanisms and the parameters used with this technique are being researched on attempt to obtain the best results as possible. The polemics about the subject reached proportions deserved for a systematical review, with approaches of theories involved on pain modulation by TENS, clinical evidences and physiological more discussed the current surveys suggest that TENS may produce analgesia for different mechanisms, being that evidences reveal the preference of individual parameters as determinant for success on treatment of pain.

Keywords: Transcutaneous electrical nerve stimulation, Stimulus parameters, Pain.

INTRODUÇÃO

O termo TENS é uma abreviação em inglês (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) que significa: estimulação elétrica nervosa transcutânea. Trata-se de uma valiosa técnica clínica não invasiva, utilizada para promover o alívio sintomático das dores de diversas origens, tanto da aguda como da dor crônica. A dor aguda, segundo CASTRO (1998), aparece como um sinal de alerta, um sintoma derivado de uma lesão tissular, geralmente é intensa, mas decresce e desaparece, sendo predominante um quadro de ansiedade durante sua duração. Já a dor crônica constitui uma síndrome, um problema clínico em si, incluindo além de elementos físicos, aspectos psicológicos complexos. Este tipo de dor persiste após a cura aparente de uma lesão, associando-se a quadros de depressão (LOBATO, 1992; CASTRO, 1998; ANDRADE FILHO, et al., 2001). Atualmente, é enorme o montante de tempo e de recursos gastos com os pacientes de dor crônica, sendo esta, a razão mais comum para absenteísmo ao trabalho (THOMPSON Apud MELLO FILHO et al., 1992). Entre os vários procedimentos não farmacológicos existentes para o tratamento sintomático da dor crônica, a TENS tem se destacado como um excelente recurso terapêutico, amplamente utilizado pelos profissionais fisioterapeutas.

No entanto, na prática clínica, percebe-se a grande discrepância de parâmetros sugeridos e utilizados, na tentativa de se extrair os melhores resultados com a aplicação deste recurso. Para o controle da dor aguda, de acordo com CASTRO (1998), os parâmetros mais utilizados seriam de alta frequência e baixa intensidade (TENS convencional), e para a dor crônica, parâmetros de baixa frequência e alta

intensidade (Burst ou “Trens” de pulso e TENS – acupuntural). A analgesia obtida com a primeira modalidade, seria pelo “fechamento” de comportas medulares ascendentes, e, a segunda modalidade, levaria a ativação de um sistema de opióides endógenos. Embora o mecanismo real de produção de eletroanalgesia pela TENS seja muito controverso, consideramos, após análise da literatura, os meios pelos quais a TENS pode inibir a dor. Constatamos também, a existência de duas teorias, as quais parecem ser atualmente as mais aceitas, e cujos mecanismos parecem estar intimamente relacionados. Estas são: a teoria do controle da comporta de dor, e a teoria neurofarmacológica. Com os avanços tecnológicos, vários equipamentos de TENS tem surgido no mercado, apresentando características diferentes, como frequências, tempos de pulsos, tipos de correntes, número de canais de saída, e também alguns fabricantes já estão produzindo aparelhos microprocessados pré-programados, onde no display aparecem os tipos de dor ou patologias, e não os parâmetros propriamente ditos, o que os tornam didática e funcionalmente inapropriados tanto para pesquisa como para outras programações a critério do fisioterapeuta. Muitos desses equipamentos não apresentam sequer miliamperímetro para registro de intensidade, enquanto que em outros, os valores no painel do aparelho não correspondem com os valores reais de saída, sendo muitos destes fatores discutidos a longo tempo (CAMPBELL, 1982). Também, algumas mudanças muito pequenas na regulagem do equipamento, podem levar a uma grande variação na saída do mesmo (LOW & REED, 2001).

Frente a todos esses aspectos, o objetivo principal desse trabalho consiste na determinação de informações científicas referente a melhor forma de utilização da TENS, com uma visão crítica dos parâmetros sugeridos e utilizados, através de uma metodologia que envolve a revisão sistemática da literatura relevante, incluindo a dor e seus mecanismos, os meios de supressão de dor pela estimulação elétrica, e evidências clínicas, incluindo relatos de casos. Para o levantamento bibliográfico, utilizou-se pesquisa eletrônica através de consultas nos seguintes bancos de dados: Medline, Pubmed, Lilacs, Cochrane, e também através de pesquisas convencionais em bibliotecas da rede USP, onde foram obtidos artigos, periódicos e volumes nacionais e internacionais.

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A DOR

1. Histórico da dor

Os conceitos de dor apresentam variações quando considerados dentro de uma perspectiva histórica e cultural. Na civilização egípcia antiga, de acordo com BONICA (1990b), os processos dolorosos não provenientes de ferimentos eram atribuídos às influências dos deuses, ou aos espíritos dos mortos que entravam em seus corpos, através das narinas ou dos ouvidos. Na Índia, a dor foi reconhecida como uma sensação, no entanto, KEELE apud BONICA (1990b), relata que assim como os egípcios, os antigos hindus acreditavam que a dor era uma experiência localizada no coração, sendo este considerado a sede da consciência. Na China antiga acreditava-se que a deficiência ou excesso na circulação de energia *ch'i* no organismo de uma pessoa causava um desequilíbrio entre as energias complementares, yin e yang, resultando em doenças e dor. Este autor relata ainda que na civilização européia antiga, alguns pensadores gregos acreditavam que o cérebro, e não o coração, era o centro da sensação e da razão. Inicialmente, essa idéia não foi bem aceita pelos antigos gregos. Hipócrates, afirmava que a dor era sentida quando um dos quatro humores (sangue, fleuma, bile branca e bile negra) estava em déficit ou excesso. Platão e Aristóteles também acreditavam que a dor era sentida no coração como uma qualidade ou paixão da alma, um estado de sentimento, uma experiência oposta ao prazer. Aristóteles distinguiu os cinco sentidos (visão, audição, paladar, olfato e tato). No entanto, acreditava que o cérebro não tinha função direta

nos processos sensoriais, sua função era produzir secreções frias para resfriar o sangue quente proveniente do coração. KEELE apud BONICA (1990b), informa ainda que na antiga Roma, durante muitos séculos, prevaleceu a concepção de Aristóteles, a dor como paixão da alma, sentida no coração. Não obstante, os romanos deixaram contribuições importantes, tais como o estabelecimento da anatomia dos nervos craniais, espinhais e troncos simpáticos. Três classes de nervos foram definidas por Galeno, sendo uma delas relacionada às funções sensoriais, outra às funções motoras e uma terceira classe de nervos relacionada à sensação de dor. As concepções de Aristóteles predominaram também durante a idade média, embora não fossem aceitas por todos os estudiosos da época. No período denominado Renascimento, a contribuição de cientistas, dentre eles Leonardo da Vinci, atribuiu ao sistema nervoso central o papel fundamental no mecanismo das sensações. Durante o século XVII, conforme, a concepção Aristotélica ainda era aceita por muitas autoridades. Contrário a esta concepção, Descartes considerou os nervos como tubos, contendo fibras finas em seu interior, conectando a substância do cérebro com o final do nervo na pele ou outros tecidos. Desta forma, a estimulação sensorial era transmitida ao cérebro por meio destas fibras. Ainda, segundo este autor, no século XVIII aconteceram importantes progressos relativos ao conhecimento da anatomia e da fisiologia de várias partes do sistema nervoso central. A anatomia e parte da fisiologia do sistema nervoso simpático também foram definidas nesse século. Ao longo dos séculos XIX e XX teorias explicativas sobre a dor surgiram, partindo dos pressupostos básicos de cada uma delas, vários estudiosos foram acrescentando novos conhecimentos, e às vezes propondo modificações na teoria original.

2. Definição da dor

A Associação Internacional para o Estudo da Dor (IASP-International Association for the Study of Pain) publicou a seguinte definição de dor, que reflete o que se aprendeu sobre dor nos últimos quatro séculos, e principalmente no último meio século: “Dor é uma experiência sensorial e emocional desagradável, associada

com um dano tecidual real ou potencial, ou descrita em termos de tal dano” (MERSKEY & SPEAR Apud MELLO FILHO, 1992, p.165; ANDRADE FILHO et al., 2001).

A percepção e a resposta do corpo à dor, é denominada nocicepção, para a qual o organismo possui complexo sistema nervoso.

3. Classificação das fibras nervosas sensoriais

Na classificação geral, as fibras são divididas nos tipos A e C, sendo as do tipo A, subdivididas em: alfa, beta, gama e delta. As fibras do tipo A, são típicas dos nervos espinhais, sendo que as do tipo C são de pequeno diâmetro, não mielinizadas, que conduzem impulsos com baixa velocidade. Temos cinco grupos de fibras sensoriais:

Grupo Ia – terminações de fusos musculares com diâmetro médio de 17 micrômetros, correspondendo na classificação geral às fibras do tipo A alfa;

Grupo Ib – fibras dos órgãos tendinosos de Golgi, com diâmetro médio de 16 micrômetros, correspondendo também às fibras A alfa;

Grupo II – fibras dos receptores táteis cutâneos e dos fusos musculares, com um diâmetro médio de 8 micrômetros, correspondendo às fibras dos tipos A beta e A gama;

Grupo III – são as fibras que conduzem o tato grosseiro, a temperatura e a dor aguda, tendo um diâmetro médio de 3 micrômetros, sendo do tipo A delta na classificação geral;

Grupo IV – são fibras não mielinizadas que conduzem a dor crônica, a temperatura e o tato grosseiro, com um diâmetro médio de 0,5 a 2 micrômetros, sendo na classificação geral chamadas do tipo C.

As fibras nervosas que transmitem a informação dolorosa são as do grupo III (que conduzem a dor rápida), e as do grupo IV (que conduzem a dor lenta). Estes dois tipos de fibras são de pequeno diâmetro e têm um alto limiar de excitação quando comparadas com as do grupo II (LOW & REED, 2001; SALGADO, 1999).

4. Vias nervosas

Os trajetos dos impulsos nervosos que dão origem à dor incluem: o sistema nervoso periférico, a medula espinhal, o tronco cerebral, o tálamo e o córtex cerebral, podendo ser modulados em cada uma dessas regiões. Os corpos celulares das fibras A delta e C são encontrados nos gânglios da raiz dorsal e suas conexões centrais entram na medula espinhal através das raízes dorsais (exceto cerca de 30% das fibras C, que retornam ao nervo periférico e entram na medula pela raiz ventral), onde elas fazem sinapse com células de transmissão nociceptiva central. As células específicas da nocicepção se acham principalmente na lâmina I da substância gelatinosa e respondem apenas aos nociceptores. Contudo, células com amplas faixas dinâmicas se encontram na lâmina V, recebendo impulsos de nociceptores e fibras A beta de grande diâmetro. A partir dessas estruturas, a informação é transmitida pela via direta (tracto espinotalâmico) até o tálamo, ou indiretamente, pelo tracto espino-retículo-talâmico, sendo que, a partir do tálamo, a informação é, então, transmitida para o córtex somatossensorial e outras regiões corticais (LOW & REED, 2001).

5. Terminações nervosas livres

As terminações nervosas livres são os receptores de dor na pele e em outros tecidos, estes chamados de nociceptores polimodais, que representam cerca de 95% das unidades sensoriais da pele humana e respondem a estímulos nocivos mecânicos, térmicos ou químicos (GUYTON & HALL, 1996).

6. Substâncias que desencadeiam a dor e o processo de transmissão

Quando é encontrada alguma célula lesada por decorrência de processos inflamatórios, traumáticos ou isquêmicos o organismo libera substâncias algio gênicas como a bradicinina, serotonina, histamina, íons potássio, ácidos, leucotrieno, acetilcolina, tromboxanes, enzimas proteolíticas e prostaglandinas, que estimulam as terminações nervosas livres, conduzindo os impulsos dolorosos via fibras tipo C. No corno dorsal da medula, as fibras C liberam neurotransmissores

excitatórios: glutamato, aspartato, óxido nítrico e a substância P que é um 11 – aminoácido (CASTRO, 1998; SHEON et al., 1989).

7. O espasmo muscular como causa da dor

O espasmo muscular pode ocorrer por diversas causas, diretas ou indiretas, levando a compressão dos vasos sanguíneos e resultando na isquemia dos tecidos, isso cria condições ideais para a liberação de substâncias químicas indutoras da dor, estabelecendo uma condição cíclica de dor-espasmo-dor (LAMPE, 1993).

8. Classificação dos Tipos de dores

Dor aguda – Os segundos iniciais da dor aguda são descritos como dor transitória. Se o dano tissular for insignificante, a dor transitória cessa. A continuidade da dor aguda, portanto, está intimamente relacionada com dano tecidual, já que alterações inflamatórias e exsudação nas primeiras horas podem causar aumento da dor. Obviamente que a função adicional desse tipo de dor seria limitar a movimentação ou as sobrecargas sobre o tecido, agindo como um fator de proteção para evitar maiores danos e facilitar a cicatrização.

Dor somatogênica – esse tipo de dor pode originar-se tanto das paredes do corpo como das vísceras. Superficialmente é bem localizada, sendo que a dor profunda proveniente de tendões, músculos e articulações, tende a ser mais difusa e difícil de localizar. A dor visceral, associada com o sistema autônomo, também não é bem localizada, sendo freqüentemente grave (exemplo: o espasmo do ureter oriundo de cálculo renal). Sensações dolorosas de membranas parietais (pleura, pericárdio, peritônio), são geralmente agudas e mais bem localizadas, e possuem inervação A delta. A dor que se origina em estruturas profundas e pode ser localizada superficialmente em outro local, é conhecida com dor referida (exemplo: dor no ombro esquerdo devido à doença cardíaca), podendo também ocorrer frente à irritação proximal de um nervo periférico, levando a identificação da dor na distribuição sensorial daquele nervo (exemplo: como na Hérnia discal). Os supostos mecanismos envolvidos na dor visceral incluem a condução de impulsos dos nociceptores da pele e das vísceras, para as mesmas células do corno dorsal, e a

bifurcação de axônios de nervos sensoriais periféricos, com um ramo proveniente da pele e outro de alguma estrutura mais profunda. Esse mecanismo é importante para a fisioterapia, pois pode ajudar a interpretar os distúrbios viscerais a nível cutâneo, e explica como a estimulação elétrica afeta esse tipo de dor.

Dor Neurogênica – em geral se expressa por uma sensação de queimação, e pode estar associada com distúrbio do sistema nervoso autônomo, ocorrendo devido a alguma forma de dano neuronal (exemplo: causalgia e neuralgia pós herpética).

Dor Psicogênica – influenciada por centros superiores, é acentuadamente acompanhada por fatores psicológicos, como depressão, preocupações, entre outros (ANDRADE FILHO, 2001; LOW & REED, 2001).

Dor crônica – definida por sua persistência, geralmente está associada a processos degenerativos. “Em termos simples, é a dor que dura mais de quatro a seis meses” (MELLO FILHO et al., 1992, p.168), persistindo além do tempo razoável para a cura de uma lesão, ou que está associada a processos patológicos crônicos que causam dor contínua ou recorrente em intervalos de meses ou anos (TEIXEIRA et al., 1994, p.05). Enquanto a dor aguda é um fenômeno transitório associado com lesão tecidual, presente ou potencial, a dor crônica, por outro lado, é uma condição persistente, mesmo após a cura da lesão. “Isto se deve a impulsos anormais de pequena magnitude no cérebro, que produzem uma atividade auto-sustentada” (BRANDÃO Apud ANDRADE FILHO, 2001, p. 14). Normalmente estes impulsos anormais são inibidos ou modulados pela atividade somática, visceral e autonômica, como também por impulsos ligados à personalidade que ativam mecanismos inibitórios descendentes. Segundo BONICA (1990), esta definição exclui dor oncológica, mas inclui dores decorrentes ou associadas a alterações músculoesqueléticas crônicas, neuropatias e alterações viscerais, tais como a síndrome do cólon irritável, doenças degenerativas e transtornos emocionais.

Atualmente, de acordo com a “International Association for the Study of Pain”, cerca de 90 milhões de pessoas sofrem de dor crônica e cefaléias nos Estados Unidos, o que representa custos anuais de 125 bilhões de dólares com o tratamento destes pacientes. Devido a este problema, a maioria dos pacientes acometidos se aposentam por volta dos 30 anos, o que implica em gastos exorbitantes com seguro social e privado. Os afastamentos geralmente se prolongam por mais de seis meses,

sendo que 50% desses pacientes não retornam ao trabalho. No Brasil a dor crônica atinge cerca de 30% a 40% da população, sendo a principal causa de absenteísmo, afastamentos e incapacidades. Os objetivos do tratamento da dor crônica têm consistido não na cura, mas no controle, bem como na eliminação do uso excessivo e abusivo de medicamentos. De acordo com MELLO FILHO et al. (1992), a dor crônica é difícil de ser localizada em um ponto preciso, devido à conectividade multissináptica, envolvendo várias estações intermediárias (formação reticular, hipotálamo e sistema límbico), antes de atingir o córtex sensoriomotor. Segundo ANDRADE FILHO et al. (2001), ela também pode ser um comportamento aprendido e reforçado pelo meio social. Dentro de um grupo étnico as atitudes e valores frente à dor são transmitidos de pai para filho, este aprendizado permite que o indivíduo identifique-se com a cultura e o comportamento dos demais.

9. Caracterização dos estágios da dor

O indivíduo no primeiro nível apresenta um sinal registrado pelo ego de ameaça à integridade estrutural ou funcional do organismo. Num segundo nível, ao verificar-se que a experiência pode ser comunicada a outra pessoa, faz da dor um meio básico de pedir ajuda, e num terceiro e último plano, a dor não mais denota uma referência ao corpo e sim ao psíquico (ANDRADE FILHO et al., 2001, p.45).

10. Reações psicossociais desencadeadas pela dor

A dor crônica é um fenômeno multidimensional, complexo, que não pode ser explicado apenas em uma dimensão sensorial. Caracteriza-se pela pequena expressão dos sinais físicos da doença orgânica e pela ocorrência de depressão, ansiedade, hostilidade, adoção de posturas particulares, aumento das preocupações somáticas e do período de repouso com conseqüências financeiras e sociais, além de anorexia, libido diminuída e constipação (ANDRADE FILHO et al., 2001, p.45).

CAPÍTULO 2

REVISÃO SISTEMÁTICA DOS MECANISMOS DE SUPRESSÃO DA DOR

1. Sistemas analgésicos

Analgesia é a ausência de dor em resposta a um estímulo que normalmente seria doloroso (MERSKEY & BOGDUK apud LUNDY-EKMAN, 2000). As substâncias endógenas de ocorrência natural, que ativam os mecanismos analgésicos, são chamadas opióides endógenos. Estes incluem as encefalinas, as dinorfinas e as beta-endorfinas. Os opióides são substâncias analgésicas que bloqueiam os sinais nociceptivos, sem alterar as demais formas de sensibilidade, se fixando aos mesmos receptores que as endorfinas. A transmissão de informação nociceptiva também pode ser inibida pela atividade de níveis supramedulares do sistema nervoso. As áreas do tronco encefálico, produtoras de analgesia intrínseca, formam um sistema neuronal descendente, com origem nos núcleos da rafe (no bulbo), na substância cinzenta periaquedutal (no mesencéfalo) e no locus cerúleos (na ponte). Quando os núcleos da rafe são estimulados, os axônios que se projetam para a medula espinhal liberam o neurotransmissor serotonina no corno dorsal, o qual exerce função inibitória, impedindo a transmissão da mensagem nociceptiva. A estimulação da substância cinzenta periaquedutal produz analgesia pela ativação dos núcleos da rafe. O sistema descendente do locus cerúleos inibe a atividade espinotalâmica no corno dorsal, mas não é mediado por opióides, mas sim pelo neurotransmissor norepinefrina, que se fixa aos neurônios aferentes primários suprimindo diretamente a liberação de substância P.

A transmissão da informação nociceptiva pode ser alterada em diferentes locais do sistema nervoso. LUNDY-EKMAN (2000), resumiu o fenômeno da inibição em cinco níveis:

- Nível I: ocorre no sistema nervoso periférico. Analgésicos não narcóticos (como a aspirina), diminuem a síntese de prostaglandinas, impedindo-as de sensibilizar os receptores da dor;
- Nível II: ocorre no corno dorsal, por meio de neurônios inibitórios liberadores de encefalinas ou endorfinas. Esse é o nível dos efeitos contra-irritantes, como calor superficial e TENS de alta frequência e baixa intensidade. A atividade em ramos colaterais de neurônios aferentes primários não nociceptivos diminui ou abole a transmissão de informação dolorosa para o neurônio de segunda ordem na medula espinhal.
- Nível III: é o sistema neuronal descendente, de ação rápida, no qual estão envolvidos a substância cinzenta periaquedutal, os núcleos da rafe e o locus cerúleos;
- Nível IV: é o sistema hormonal, do qual participam a substância cinzenta periventricular (no hipotálamo), a glândula hipófise e a medula adrenal. A estimulação elétrica direta da substância cinzenta periventricular resulta em analgesia com latência de 10 minutos, com efeito, perdurando por horas após o término da estimulação. TENS de baixa frequência podem atuar a esse nível, porque o padrão de sua ação tem a mesma latência e duração semelhantes de seus efeitos;
- Nível V: é o nível cortical, o qual pode ser influenciado por expectativa, excitação, distração e placebos.

2. Efetividade terapêutica da TENS para o controle da dor

A efetividade da TENS no alívio da dor tem sido bem apoiada por um grande número de estudos e experimentos clínicos, embora um número considerável de experimentos não puderam demonstrar benefícios. MANNHEIMER & LAMPE em 1984 (O'SULLIVAN & SCHMITZ, 1993) verificaram que a TENS proporcionou alívio aos pacientes com dor pós-operatória, e aos que sofriam de dor associada a traumatismos agudos, sendo que os percentuais de êxito oscilaram entre 70 e 90%. ROBERTS (1978) utilizou a TENS para o tratamento da pancreatite aguda com estimulação em nível sensorial. NATHAN & WALL (1974) relataram o tratamento

da neuralgia pós-herpética através da aplicação da estimulação elétrica prolongada. O trabalho de ERSEK (1976) utilizou a estimulação elétrica em 35 pacientes, comprovando a sua eficácia no alívio das dores lombares. Nesses casos, a estimulação em nível sensorial foi considerada um modulador eficaz da dor aguda. SCHOMBURG & CARTER-BAKER (1983) investigaram possíveis benefícios da eletroanalgesia pós-operatória no tempo de permanência hospitalar de 150 pacientes submetidos a laparotomia. 75 desses pacientes receberam estimulação em nível sensorial paraincisionalmente. Os outros 75 pacientes no grupo controle, foram operados antes da implantação do protocolo de estimulação elétrica pós-operatória. O tempo de permanência e o uso da medicação foram as únicas comparações feitas entre os grupos. Os resultados revelaram uma redução no uso de medicação no grupo de estimulação elétrica, porém não houve diferença entre os tempos de permanências. ISSENMAN et al. (1983), compararam 20 pacientes após sofrerem cirurgia da coluna para realização de fusão espinhal. Dez pacientes receberam estimulação em nível sensorial paraincisionalmente. Os outros dez permaneceram no grupo controle. O tempo de permanência e o uso de medicamentos foram mais baixos no grupo de estimulação elétrica. HARGREAVES & LANDER (1989), realizaram um estudo comparativo em 75 pacientes, utilizando a estimulação elétrica, estimulação elétrica simulada (placebo), e grupos de controle, após cirurgia abdominal. O procedimento foi aplicado 15 minutos antes e durante a mudança de roupa que ocorreu no segundo dia após a cirurgia. Uma escala analógica visual foi usada para avaliação da dor. Houve um alívio significativamente maior no grupo de estimulação elétrica e nenhuma diferença entre os grupos de controle ou placebo. DAWOOD & RAMOS (1990), elaboraram um estudo randomizado para comparar a eficácia da estimulação elétrica, com a estimulação elétrica simulada e ibuprofeno no tratamento da dismenorréia. Com a estimulação elétrica, as mulheres requereram menos medicação de auxílio do que durante os ciclos de estimulação elétrica placebo, e apresentaram um alívio da dor comparável com aquele ocorrido durante os ciclos de ibuprofeno. LONG (1991) afirmou não existir estudos comparativos da TENS com outras modalidades, para tratamento da dor aguda. REUSS et al. (1988), realizaram um estudo com 64 pacientes com quadros de dor devido a colecistectomia. A TENS em nível sensorial foi aplicada com eletrodos colocados

cerca de 2 centímetros da incisão cirúrgica, em metade do número total de pacientes que participaram desse estudo. Não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa na duração de permanência hospitalar, uso de narcóticos ou em relação a complicações pulmonares entre os grupos. CARMAN & ROACH (1988), estudaram comparativamente, três grupos de crianças e adolescentes, com idade entre 11 e 21 anos, que foram submetidos a cirurgias de coluna. Esses pacientes foram escolhidos aleatoriamente, sendo que cada grupo era composto por 15 pacientes. Esse estudo comparou os efeitos da estimulação elétrica analgésica, estimulação elétrica simulada, e analgésicos. A aplicação da estimulação elétrica envolveu frequências de 60 Hz, em nível sensorial. Os resultados não mostraram diferenças no uso de narcóticos ou na duração da permanência hospitalar entre os grupos. SMEDLEY et al. (1988), também escolheram aleatoriamente, 62 homens submetidos a reparo cirúrgico de hérnia discal, que foram divididos em dois grupos. Foram comparados os efeitos da estimulação elétrica e estimulação elétrica simulada, sendo que a primeira foi aplicada em nível sensorial. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos quanto ao uso de opiáceos no pós-operatório, funções pulmonares ou quanto a classificação da dor, utilizando uma escala analógica visual. FINSEN et al. (1988) analisaram os efeitos da TENS em 52 pacientes, após sofrerem amputações cirúrgicas de membros. Os pacientes foram divididos em três grupos, e analisados os efeitos da estimulação elétrica, estimulação elétrica simulada, e estimulação placebo associada a analgésicos. Novamente, não houve diferenças no uso de narcóticos ou na duração da permanência hospitalar entre os grupos. WALKER et al. (1991), realizaram um estudo através de uma seqüência de tratamento com 30 paciente no pós-cirúrgico de artroplastia total de joelho, unilateralmente. A estimulação elétrica em nível sensorial foi aplicada ao joelho associada a movimentação passiva contínua, sendo esta última utilizada também sem a estimulação elétrica para fins de comparação. Os resultados não mostraram diferenças entre o tempo de permanência hospitalar e nem entre as amplitudes do movimento da flexão do joelho ou no uso de analgésicos.

Estudos realizados com a aplicação da estimulação elétrica para o alívio da dor crônica, também apresentaram resultados bastante positivos. MELZACK et al. (1983), compararam os efeitos da TENS em nível motor, utilizando frequências entre

4 a 8 Hz, com os efeitos da massagem por sucção, na dor lombar crônica. Quarenta e um pacientes foram determinados aleatoriamente nesse estudo duplo-cego. O questionário de avaliação da dor de McGill, que cataloga e apresenta os índices de dor, foi aplicado aos pacientes a partir da elevação da perna estendida. O grupo que recebeu estimulação elétrica, foi estatisticamente melhor do que o grupo que recebeu massagens, em todas as avaliações. No entanto, um trabalho de DEYO et al. (1990), sugeriu um efeito mínimo da estimulação elétrica em nível sensorial, no alívio da dor crônica. Nesse estudo quatro grupos de pacientes foram designados aleatoriamente, sendo que todos apresentavam quadros de dor lombar por pelo menos três meses, e que não estavam em tratamento ativo. A estimulação elétrica, a estimulação elétrica simulada, estimulação elétrica e exercícios, estimulação elétrica simulada e exercícios foram as modalidades terapêuticas utilizadas. Para a avaliação de intensidade da dor, foi usada uma escala analógica visual, e também uma escala de avaliação de atividade foi utilizada para analisar o efeito de cada tratamento. O exercício foi mais eficaz do que a estimulação elétrica, e a estimulação elétrica não foi mais eficaz do que o placebo. JOHNSON et al. (1991), estudaram usuários de TENS portáteis, submetidos a terapias de longo prazo. Cerca de 50% desses pacientes relataram um alívio da dor mais do que a metade do quadro. A eletroanalgesia teve um rápido início e não foi duradoura após o aparelho ser desligado. Um terço dos pacientes utilizaram a TENS por mais de 61 horas por semana, sendo que aproximadamente metade dos pacientes relataram uma redução da dor a partir de uma modulação por burst (“trens” de pulsos), e muitos usaram frequências de estimulação entre 1 a 70 Hz.

“Uma das principais críticas dos estudo de estimulação elétrica, em que a eficácia não foi demonstrada, é que os investigadores não usaram as características de estimulação corretas” (ROBINSON & SNYDER-MACKLER, 2001, p. 263). JOHNSON et al. (1989), analisaram os efeitos analgésicos de diferentes frequências de TENS, no controle da dor induzida pelo frio, em indivíduos normais. Os resultados demonstraram que a maior analgesia ocorreu em frequências entre 20 e 80 Hz, quando a TENS era aplicada em nível sensorial, sendo que as frequências acima e abaixo dessa variação, foram menos efetivas. TULGAR et al. (1991), examinaram diferentes padrões de estimulação em dois estudos. O primeiro estudo

utilizou a estimulação sensorial de frequência constante, estimulação sensorial modulada por burst, e estimulação sensorial modulada por frequência. Os pacientes portadores de dores crônicas, preferiram os modos de estimulação de frequência constante. No segundo estudo, foram aplicadas a estimulação por frequências de variação alta (55 a 90 Hz), modulada também por frequências de variação baixa (20 a 60 Hz), e estimulação em nível sensorial modulada por burst, para aliviar a dor crônica em 14 pacientes com uma variedade de condições de dor, medidas por uma escala analógica visual de intensidade de dor. Seis de 14 pacientes não relataram qualquer efeito na estimulação de sua dor. Entre os pacientes restantes, houve uma preferência pelos modos de variação alta, modulados por frequência e modulados por burst. Esses estudos começaram a tratar dos resultados de resposta de dose com relação a frequência e a modulação da frequência, porém outras características como a intensidade da corrente, duração do pulso, devem ser sistematicamente examinadas, o que é uma parte pouco discutida, mas crucial na literatura.

A dor crônica lombar afeta uma grande parte da população. A TENS foi introduzida há mais de trinta anos, como uma terapia alternativa aos tratamentos farmacológicos. Contudo, apesar de sua ampla utilização, a eficácia da TENS ainda é controvertida. O objetivo de uma metanálise realizada por BROSSEAU et al. (2002), foi determinar a eficácia da TENS no tratamento da dor crônica lombar. Somente estudos clínicos randomizados controlados foram incluídos. Os resumos geralmente foram excluídos, exceto os que puderam contribuir com dados adicionais para os autores. Cinco trabalhos foram incluídos, onde 170 pacientes receberam TENS placebo e 251 receberam TENS ativa, sendo 153 com aplicações em modo convencional e 98 com estimulação pelo modo acupuntural. Os programas de tratamento variaram muito entre os estudos, a partir de uma aplicação por dia, até duas ou três, durante um período de quatro semanas. Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significantes, entre o grupo estimulado com aplicação ativa de TENS e o grupo submetido à aplicação placebo. A análise de um subgrupo representado pela aplicação de TENS e a qualidade metodológica, também não demonstrou uma diferença estatisticamente significativa ($P > 0.05$). Os resultados desta metanálise não apresentaram evidências para suportar o uso ou não uso exclusivo da TENS, para tratamento da dor crônica lombar. Considerando o pequeno

número de estudos que responderam aos critérios de inclusão, tornou-se evidente que mais estudos seriam necessários para uma conclusão final. Esta metanálise também não incluiu dados sobre como a eficácia da TENS seria afetada por importantes fatores como: o tipo de aplicação, o sítio da aplicação, a duração do tratamento, e ótimas frequências e intensidades. Atualmente, clínicos e pesquisadores tem mostrado consistentes relatos entre as características dos equipamentos de TENS e as técnicas de aplicações utilizadas. Os autores sugeriram novos trabalhos a partir da avaliação de resultados mais padronizados.

Atualmente, a TENS é usada através de uma variedade de parâmetros clínicos diferentes para tratar uma escala variada de condições agudas e crônicas de dor. CARROLL et al. (2003), realizaram uma revisão sistemática sobre a eficácia da TENS para o controle da dor crônica, a partir de 107 artigos publicados, sendo que 88 foram excluídos por não cumprirem os critérios de inclusão pré-definidos. Dezenove apenas foram então considerados. Os estudos incluídos diferiram em relação aos resultados analgésicos, às condições crônicas da dor, das doses de tratamento com a TENS, e, sobretudo, da qualidade metodológica. Os trabalhos incluíram a comparação de tratamentos com a TENS em vários parâmetros e em apenas um parâmetro. No entanto, os estudos apresentavam pequena dimensão e dados insuficientes sobre a metodologia utilizada e controle da analgesia. Os tratamentos e os casos controlados também eram freqüentemente mal definidos, sendo que poucos estudos avaliaram a eficácia da TENS em longo prazo. Sete destes estudos fizeram uma comparação direta entre a TENS de alta e baixa frequência, sendo que cinco não mostraram diferenças em termos de eficácia analgésica, em nenhum momento. Os resultados desta revisão foram inconclusivos, pois os trabalhos analisados não forneceram informações sobre os prováveis parâmetros de estimulação para obtenção do melhor alívio da dor crônica, nem contribuíram com informações sobre o tratamento a longo-prazo. Os revisores sugeriram a realização de grandes estudos randomizados controlados, para a obtenção de melhores resultados.

3. A Teoria do controle da comporta de dor

Postulada por MELZACK & WALL (1965), a “teoria das comportas” tornou-se a base para o entendimento do controle elétrico da dor. A transmissão de estímulos aferentes no sistema nervoso periférico ocorre tanto por fibras do tipo A, quanto do tipo C, presentes em nervos muitos que penetram na medula espinhal pelo corno posterior, envolvendo as lâminas I, II e III da substância gelatinosa, e dirigindo-se para as células de transmissão (hipotéticas células T), na lâmina V. Estes autores propuseram que a substância gelatinosa funcionaria como um sistema de controle de comporta que modularia os padrões aferentes antes que eles pudessem ativar as células T. Dessa forma, o mecanismo permitiria a passagem somente de uma transmissão, A ou C.

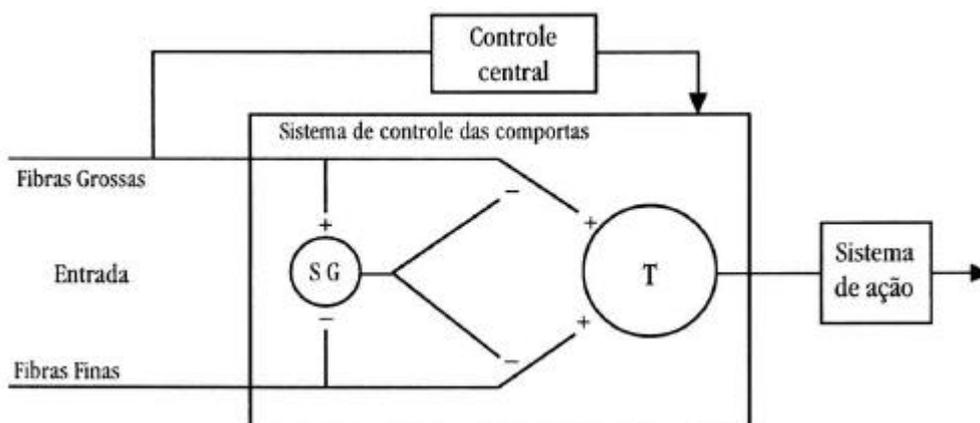


FIGURA 01- Diagrama esquemático da teoria do controle das comportas (formulação original).

Os efeitos da comporta para os estímulos evocados seriam determinados pelo número total de fibras nervosas ativas, pela frequência dos impulsos nervosos, e pelo balanço da atividade entre fibras grossas e finas. Embora o número total de impulsos aferentes fosse um relevante parâmetro de estímulo, os impulsos teriam também diferentes efeitos, dependendo das funções especializadas das fibras que os conduziriam, além das especializações anatômicas, que determinariam a localidade e a extensão das terminações centrais das fibras. MELZACK & WALL também

sugeriram existir uma somação espacial e temporal, ou uma integração da comporta que aconteceria nas células T. O sinal que dispararia o sistema de ação responsável pela experiência de dor e resposta, ocorreria quando um “output” (saída) das células T atingisse ou excedesse um nível crítico, sendo que este, seria determinado pela comporta aferente que realmente iria de encontro às células T, após ter sofrido modulação pela atividade da substância gelatinosa. Um “gatilho” de controle central produziria atividades cerebrais descendentes via fibras eferentes, que influenciariam a condução aferente junto a níveis pré-sinápticos no sistema somestésico, ativando de forma particular, seletivos processos cerebrais que exerceriam controle sobre um “input” (entrada) sensorial. Dessa forma, seria possível para as atividades do sistema nervoso central, subservir atenção, emoção, e memória de experiências anteriores. Uma vez excedido o nível crítico nas células T, o “disparo” ativaria uma sucessão de respostas por um sistema de ação. Desse modo, um dano súbito e inesperado na pele seria seguido por:

- a) resposta de alarme;
- b) reflexo de flexão;
- c) reajustamento postural;
- d) vocalização;
- e) orientação da cabeça e olhos para examinar a área danificada;
- f) respostas autonômicas;
- g) evocação de experiências passadas em situações semelhantes e predições das conseqüências da estimulação;
- h) vários outros padrões de comportamento em relação diminuição de componentes sensoriais e afetivos de toda a experiência, como esfregar a área danificada, comportamento de vacância, entre outros.

A medula espinhal é continuamente “bombardeada” pela chegada de impulsos nervosos mesmo na ausência de estimulação evidente. Quando um estímulo é aplicado na pele, este produz um aumento no número de unidades ativas de fibras receptoras. Se a intensidade do estímulo for aumentada, mais unidades de fibras receptoras serão recrutadas. A resultante dos “inputs” positivos e negativos entre fibras grossas e finas tenderiam a anular um ao outro. De acordo com a teoria, os interneurônios, ativados pelos aferentes de grosso calibre, gerariam potenciais

negativos nas raízes sensitivas (mecanismo de Feedback negativo), e a ativação de fibras finas produziria um mecanismo de feedback positivo, os quais aumentariam os efeitos de chegada dos impulsos. Entretanto, foi demonstrado que as aferências A delta e C (fibras finas), também geram potenciais negativos na raiz dorsal (ANDRADE FILHO, 2001, p. 16).

As fibras de fino calibre (A delta e C), possuem limiar de excitação elevado, sendo acionadas por estímulos nociceptivos e ativam as unidades nociceptivas no corno posterior da medula espinhal, onde se projetam. As fibras mielinizadas de grosso calibre (A Beta), com baixo limiar de excitabilidade, após penetrar na medula espinhal, emitem colaterais, que no corno posterior, ativam células com atividade inibitória.

As terminações das fibras A delta e C fazem sinapses com as células de origem do fascículo espino-reticulo-talâmico, que são as vias de condução da sensibilidade dolorosa. Esta via entraria em ação quando a intensidade da estimulação fosse suficiente para suplantar o limiar inibitório. Quando estímulos de moderada intensidade, veiculados pelas fibras grossas, fossem aplicados, os impulsos ultrapassariam a comporta, que seria então aberta, e excitaria os neurônios que originam a via espino-reticulo-talâmica. Esta transferência da informação é extremamente rápida, pois, imediatamente, é produzido um estímulo inibidor no corno posterior da medula espinhal, que fecha a comporta sob a ativação das fibras de grosso calibre. A estimulação nociceptiva intensa e prolongada, acionaria as fibras grossas e finas, resultando num conflito entre a ação das primeiras que tenderiam a fechar a comporta, e a ação das segundas, que tenderiam a abrir a comporta. Rapidamente, os impulsos transmitidos pelas fibras grossas, de adaptação rápida se esgotariam, enquanto aqueles, veiculados pelas fibras finas e de adaptação lenta, se manteriam. A via espino-reticulo-talâmica seria então acionada prolongadamente, resultando em uma sensação dolorosa intensa e prolongada.

A teoria da comporta é um modelo anatomofisiológico que tem o mérito de conciliar os fenômenos inibitórios e excitatórios, que se manifestam igualmente nos níveis espinhais e supra-espinhais. Entretanto, os fenômenos que regulam a nocicepção são muito mais complexos e colocam em jogo vários outros sistemas (KERAVEL & SINDOU Apud ANDRADE FILHO, 2001, p. 35). A teoria provocou

muitas críticas, debates e pesquisas, onde se dizia que o sistema era simples demais, sendo provável o envolvimento de sistemas sensoriais mecânicos, térmicos e outros (SHEON et al., 1989, p. 287). A ausência de correspondência anatômica, eletrofisiológica, neuroquímica e de achados clínicos que sustentassem a "teoria das comportas" como originalmente idealizada, foram razões para que ela não mais fosse aceita como apresentada. Entretanto, inaugurou o conceito, atualmente considerado o mais apropriado para justificar a sensibilidade, ou seja, da interação ao sensorial, segundo o qual, as diferentes modalidades e qualidades sensoriais interagem entre si, modificando-se quanto à sua expressão (TEIXEIRA Apud ANDRADE FILHO, 2001, p. 16).

A TENS é orientada para estimular as fibras nervosas que transmitem sinais ao cérebro e são interpretadas pelo tálamo como dor (KAHN Apud CASTRO, 1998, p. 6). Os eletrodos são colocados na superfície da pele, e os impulsos transmitidos de forma transcutânea estimulam as fibras A beta, mielinizadas, as quais conduzem informações ascendentes proprioceptivas. Essas fibras são sensíveis a ondas bifásicas e monofásicas interrompidas, como a TENS e outros recursos eletroterápicos de características semelhantes. Se a transmissão de estímulos através das fibras A for predominante (através da aplicação da TENS, por exemplo), o sinal de dor conduzido pelas fibras C é inibido nas células T, e não ascende dos tractos espinotalâmicos laterais para o tálamo. Por outro lado, se os impulsos das fibras C superarem os estímulos veiculados pelas fibras A, a dor vai se manifestar. Desse modo, a base do efeito da TENS, conforme a teoria de controle da comporta, é a hiper-estimulação das fibras A, com a finalidade de bloquear a transmissão das fibras tipo C, nas comportas do corno posterior da medula. No entanto esse modelo teórico explicaria o alívio da dor enquanto a TENS estivesse sendo aplicada (CASTRO, 1998, p.7). O seu pós-efeito parece estar relacionado com a liberação de opióides endógenos.

A título de curiosidade, poderíamos comparar o sistema neural funcional da comporta, com um sistema eletrônico. Bastaria imaginar que ao invés de um complexo emaranhado de células, existisse um sistema de porta lógica invertida, na substância gelatinosa da medula espinhal, em conexão direta com o tálamo. É claro que se trata de um exemplo simplificado e puramente ilustrado que poderia ser

aplicado como finalidade didática em bioengenharia , para a melhor compreensão de uma entre inúmeras e pouco conhecidas funções do fascinante sistema nervoso.

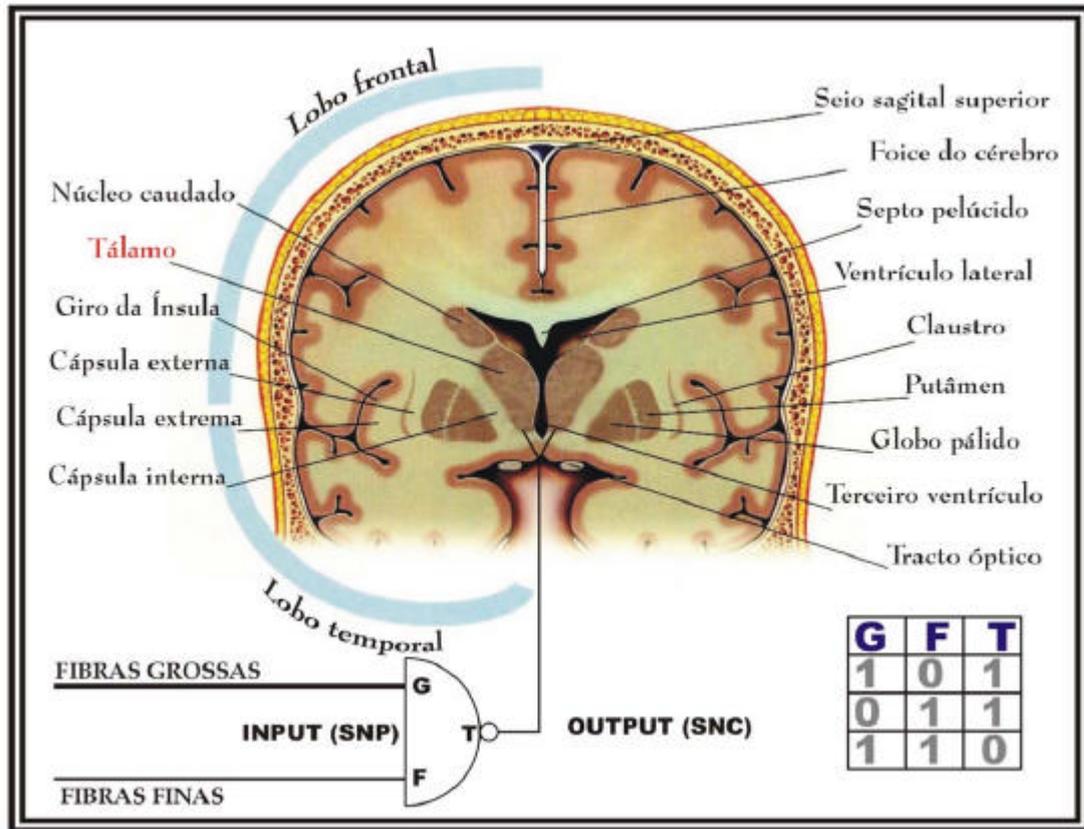


FIGURA 02- Controle de comporta comparado a um sistema eletrônico (porta lógica invertida).

4. Opióides

São indiscutivelmente os fármacos mais importantes no tratamento de dor. São classificados como narcóticos, porém este termo é obsoleto porque legalmente é usado não só para opióides como também para qualquer substância que cause dependência. A morfina foi o primeiro opióide usado para analgesia, advinda do grego (morpheus, o deus dos sonhos), é um alcalóide obtido a partir do ópio, sendo que este, por sua vez, é o suco da papoula, ou papaver somniferum (joy plant). Até algum tempo atrás, usavam-se dois tipos de nomenclatura para tais drogas: opiáceos, derivados naturais do ópio (como a morfina e a codeína, e os congêneres semi-sintéticos da morfina), e opióides (qualquer droga natural com propriedades

morfínicas). Atualmente, usa-se o termo opióide para todas as drogas que têm mecanismo de ação semelhante ao da morfina (AZEVEDO, 1998).

4.1 Classificação dos opióides quanto à natureza

Os opióides podem ser:

- Naturais: morfina, codeína, papaverina (relaxante do músculo liso), tebaína (oxicodona, oximorfona);
- Semi-sintéticos: heroína (diamorfina) diidromorfona, derivados da tebaína (buprenorfina);
- Sintéticos: tramadol, metadona, levorfanol, butorfanol, pentazocina, nalbufina, meperidina, fentanil, alfentanil;
- Endógenos: substâncias fabricadas no sistema nervoso central, ou neuropeptídeos, que na verdade são hormônios peptídeos, biologicamente inativos, dão origem a agentes ativos após segmentação enzimática. Estes pertencem a três famílias de opióides neuropeptídeos: as dinorfinas, as encefalinas e as endorfinas, sendo essas últimas, importantes no mecanismo de supressão endógeno da dor.

4.2 Mecanismo de ação

Os opióides agem se ligando a receptores existentes no sistema nervoso central e periférico. O termo receptor é um conceito da farmacologia moderna, sendo que na verdade, o receptor é uma macromolécula, uma proteína, que se liga à droga, e daí resulta sua ação biológica. Os receptores foram identificados na década de 70, o que promoveu um grande avanço no entendimento do mecanismo dos opióides e no tratamento da dor (AZEVEDO, 1998).

Os receptores podem ser classificados da seguinte forma, em relação aos efeitos que produzem:

- Mü 1 e Mü 2: analgesia, sedação, depressão respiratória, dependência física e euforia.
- Kappa: os efeitos são mais reduzidos. Produzem disforia, e estão envolvidos com a analgesia espinhal;

- Delta: produzem depressão respiratória e estão também envolvidos com a analgesia espinhal;
- Sigma: Falso receptor, sua ação não é revertida pelo antagonista opióide (naloxona);
- Epsilon: específico para beta endorfinas, estão envolvidos na neuromodulação da dor.

4.3 Classificação funcional dos opióides

Segundo a ação nos receptores, eles podem ser:

- Opióides agonistas: agem nos receptores mü, kappa e delta, promovendo sua ação biológica;
- Opióides antagonistas: impedem o acesso do agonista, revertendo sua ação biológica. Têm estrutura semelhante ao agonista, para efeito de reconhecimento do receptor;
- Opióides agonistas mistos: incluem os agonistas-antagonistas, que agem promovendo a ação biológica em um determinado tipo de receptor, e revertendo a ação em outro tipo de receptor, como a nalbufina e os agonistas parciais como a buprenorfina.

4.4 Revisão e atualização das evidências neurofarmacológicas de supressão da dor pela TENS

Desde a descoberta de endorfinas e encefalinas em 1975 (HUGHES Apud MELLO FILHO,1992), os efeitos da estimulação elétrica na formação e liberação desses opióides endógenos têm sido objeto de inúmeras pesquisas. FREEMAN et al. (1983), tentando determinar se o alívio da dor crônica era resultante da estimulação transcutânea ou da estimulação elétrica da medula espinhal, devido a ativação de um sistema de controle da dor, proporcionado por algum opióide endógeno, realizaram um estudo duplo-cego em 13 pacientes, através de injeções intravenosas de naloxona (um antagonista opióide), com doses de 0,4 a 10 miligramas, ou solução salina. As intensidades dos quadros dolorosos dos pacientes foram avaliadas durante a estimulação e em intervalos de 2, 5, 10 e 15 minutos após as injeções. Depois de dois

dias, o procedimento foi realizado novamente, aplicando-se os agentes alternadamente. O naloxona não antagonizou o alívio da dor induzido pela estimulação elétrica. LUNDEBERG et al. (1985), compararam a utilização da TENS de alta frequência (100 Hz), baixa frequência (2 Hz) e placebo (P – TENS), em um grupo de 21 pacientes que sofriam de dismenorréia primária. 14 de 21 pacientes experimentaram alívio da dor acima de 50% de sua intensidade original. Durante a TENS de baixa frequência ou placebo, somente 7 e 5 pacientes respectivamente, obtiveram alívio da dor excedendo 50%. O naloxona havia sido administrado em um teste adicional em 6 pacientes voluntárias que tinham experimentado alívio da dor pela TENS. Em 4 dessas 6 pacientes, o alívio da dor obtido com a TENS de baixa frequência foi neutralizado com o naloxona, uma vez que o alívio obtido pela TENS de alta frequência, nas mesmas pacientes, não foi afetado por esse antagonista opióide. OLAUSSON et al. (1986), através de um estudo comparativo, analisaram os efeitos do naloxona no limiar da dor de dente em 11 voluntários, seguindo exercícios musculares e TENS de baixa frequência. Na tentativa de descobrir um possível envolvimento de mecanismos endorfinérgicos, após 20 minutos de exercícios ou 30 minutos de estimulação, 0,8 miligramas de naloxona (2 ml) ou solução salina, foram injetados em um modelo duplo-cego. Os limiares de dor foram medidos repetitivamente antes e após os exercícios ou estimulação. Ambas as técnicas elevaram os limiares de dor, porém a maior elevação foi registrada após estimulação da face. Tais mudanças nos limiares de dor desses voluntários não foram afetadas por injeções seguidas de naloxona ou solução salina, exceto por uma redução de curta duração que ocorreu quando o naloxona foi injetado após exercícios com os braços. O aumento no limiar da dor seguido de exercícios musculares e após baixa frequência de TENS, demonstrou similaridades, sugerindo que um comum mecanismo poderia estar envolvido, e que o limiar da dor aumentado após exercícios com os braços poderia ser apenas parcialmente mediado por mecanismos endorfinérgicos. O'BRIEN et al. (1984), selecionaram randomicamente 42 indivíduos, para tratamento com TENS, analisando os níveis de beta-endorfinas no sangue. As modalidades de TENS utilizadas foram a TENS convencional (80 Hz), TENS de baixa frequência (2 Hz), e TENS placebo (grupo controle). As medidas dos limiares de dor e os níveis de beta-endorfinas no sangue, eram obtidos em intervalos

regulares, antes, durante, e por 17 horas após a aplicação da TENS. Não foram encontradas diferenças significativas nos níveis de beta-endorfinas no sangue entre os grupos, nem antes, durante, ou imediatamente após a aplicação da TENS. As diferenças entre limiares de dor e níveis de beta-endorfinas poderiam ser uma função do processo de seleção de pacientes e não da aplicação da TENS. Os resultados indicaram que as características da estimulação usadas neste estudo, não conduziram a mudanças significativas nas concentrações plasmáticas de beta-endorfinas. A administração de cloridrato de naloxona não produziu alterações significantes nas experiências de dor desses indivíduos. O trabalho de HANSSON et al. (1986), sobre a influência do naloxona no alívio da dor aguda oro-facial, utilizou a TENS e também vibração mecânica para produzir analgesia em 28 pacientes, após retirada cirúrgica do terceiro molar. Em 20 pacientes foi relatada uma redução da dor excedendo 25% da intensidade inicial, durante estimulação vibratória (100 Hz) ou TENS (2 ou 100 Hz). Somente um paciente submetido à aplicação de TENS com frequência de 2 Hz, relatou aumento da dor após injeção de 0,8 mg de naloxona. De 8 pacientes, que não haviam sido tratados com estimulação aferente, 2 deles experimentaram um aumento na intensidade da dor após injeção de naloxona. Uma pesquisa de PERTOVAARA et al. (1987), procurou estabelecer alguma correlação entre o stress e mecanismos opióide dependente para a modulação da dor em humanos. A contribuição desse mecanismo para uma possível atenuação da dor cardíaca aguda também foi estudada. No entanto, para as investigações deste estudo, o uso do naloxona e a medida dos níveis plasmáticos de beta-endorfinas não revelaram nenhuma contribuição de opióides endógenos. SALAR et al. (1983), investigaram a correlação entre a dor e peptídeos semelhantes à morfina, numa relação etiopatogênica entre a neuralgia trigeminal essencial e as endorfinas. As observações clínicas e farmacológicas, utilizando o naloxona e a eletroterapia transcutânea, aparentemente excluíram esta relação etiopatogênica. HAN et al. (1994), utilizaram a TENS em 32 pacientes com espasticidade muscular de origem espinal, colocando os eletrodos de superfície, sobre pontos de acupuntura nas mãos e pernas. A estimulação de alta frequência (100 Hz), e não a de baixa frequência (2 Hz), se mostrou mais efetiva em melhorar a espasticidade, sendo que esse efeito anti-espástico foi parcialmente revertido por uma alta dose de naloxona. Os resultados

sugeriram que esse efeito é mediado, pelo menos em parte, por opióides endógenos interagindo com opióides receptores kappa, mais provavelmente dinorfinas, no sistema nervoso central. MANNHEIMER et al. (1989), estudaram a influência do naloxona nos efeitos da TENS de alta frequência em angina pectoris, induzida por atrial pacing (eletrodo intracardíaco inserido no átrio para regulação do ritmo cardíaco), em 11 pacientes com severa doença arterial coronariana. Os pacientes eram tratados com TENS em duas ocasiões, num estudo duplo-cego e randomizado, com doses intravenosas de solução salina ou com 50 mg de naloxona. O tratamento com TENS aumentou a tolerância para o pacing e melhorou significativamente o metabolismo do lactato com placebo e com naloxona. O efeito positivo da TENS foi então reproduzível e não revertido por doses intravenosas de naloxona. Os resultados indicaram que os efeitos da TENS sobre o coração não são mediados por beta-endorfinas, mas não excluiu a ativação de opióides de curta ação, tais como os receptores agonistas como delta ou kappa (metencefalina ou dinorfinas, ou ambas), devido à alta afinidade do naloxona por esses receptores. Mecanismos não opióides também poderiam ser importantes.

A TENS, assim como a acupuntura ou eletroacupuntura são métodos não invasivos utilizados na prática clínica, para promover o alívio da dor. Esses procedimentos, segundo JEONG et al. (1995), parecem causar um aumento na descarga de impulsos nervosos de fibras aferentes, que modificam a transmissão de impulsos nas vias de dor, sendo que os mecanismos de efeito analgésico por essas técnicas, variam em função dos parâmetros de estimulação. O sistema de opióides endógenos é profundamente relatado nos mecanismos em que a estimulação nervosa periférica é aplicada com parâmetros de baixa frequência e alta intensidade. Contudo, quando a estimulação utiliza parâmetros de alta frequência e alta intensidade, a atividade neuronal diminuída no corno dorsal da medula, é ligeiramente revertida por uma administração sistêmica de naloxona. Com base nesses conceitos, JEONG e colaboradores formularam um estudo para investigar os neurotransmissores concernentes ao mecanismo de estimulação nervosa periférica com parâmetros de alta frequência e alta intensidade. Esse estudo utilizou gatos como modelos experimentais, e a aplicação por iontoforese de antagonistas de possíveis neurotransmissores relatados. Os resultados mostraram que a atividade espontânea de

neurônios do corno dorsal da medula espinhal, aumentou na presença do glutamato e diminuíram com o GABA (ácido gama-amino-butírico), sugerindo uma participação do sistema GABAérgico na ação analgésica da estimulação nervosa periférica com parâmetros de alta frequência e alta intensidade. LEE et. al. 1985), investigaram a inibição de células do tracto espinotalâmico pela TENS, em sete macacos anestesiados. As células deste tracto eram ativadas por estimulação do nervo fibular comum em uma intensidade supralimiar para fibras C. As respostas evocadas por essas fibras eram comparadas antes, durante, e após a aplicação da TENS durante 5 minutos. Em 14 células do tracto espinotalâmico, alguns graus de inibição de fibras C ocorriam somente quando a intensidade da TENS excedia o limiar de fibras A delta. Para algumas intensidades de estímulos, “trens” de pulsos de baixa frequência eram mais efetivos que pulsos de alta frequência. A TENS era mais efetiva quando aplicada dentro do campo receptivo dessas células. A descarga de fibras C, registrada a partir de um nervo periférico, não foi reduzida em magnitude, e não houve mudanças substanciais em sua latência devido a TENS. A inibição da atividade de células do tracto espinotalâmico não foi alterada apreciavelmente após injeção do cloridrato de naloxona. Esses resultados sugeriram que a TENS poderia produzir inibição no sistema nervoso central por ativar fibras aferentes A delta, e que os efeitos inibitórios da TENS nas células do tracto espinotalâmico ocorreria devido a um mecanismo que não envolvesse liberação de substâncias opióides endógenas. ZHOU et al. (1986), realizaram uma comparação entre o efeito analgésico da TENS, e o efeito da eletroacupuntura em coelhos. Os resultados concluíram que ambos produziram analgesia, e sob as condições de baixa frequência e baixa intensidade, o naloxona antagonizou parcialmente a analgesia produzida pela eletroacupuntura, mas não a analgesia produzida pela TENS. Outro experimento utilizando coelhos, foi o de HAN et al. (1986), que demonstrou um possível envolvimento de peptídeos opióides do núcleo caudado, na analgesia produzida pela eletroacupuntura. Nesse experimento, o efeito de aumento do limiar da dor era prontamente revertido pelo naloxona, indicando a participação de peptídeos opióides intracaudados. SKOLNICK et al. (1989), antagonizaram o efeito analgésico produzido por uma eletroestimulação transcranial de baixa intensidade, com injeções subcutâneas de naloxona, aplicadas em ratos. O tipo de corrente utilizada neste experimento era pulsada retangular, de

carga equilibrada, com amplitude muito baixa, sendo que a corrente ideal para produzir analgesia foi estabelecida em 10 microamperes. HAMBAL et al. (1985), observaram que a atividade das células hipotalâmicas de ratos, após estimulação por eletroacupuntura, sofriam uma longa e duradoura supressão, com frequências de estimulação de 3 a 45 Hz, pulsos retangulares com 5 milissegundos de duração, e intensidades de 300 a 500 microamperes LEE & SUN (1984), estudaram o mecanismo de ação da eletroacupuntura através da atividade (Na⁺K⁺)-ATPase em ratos. Eles utilizaram frequências de 4 Hz e 200 Hz, durante 30 minutos diários por 3 semanas, e evidenciaram níveis significativamente elevados de acetilcolinesterase e (Na⁺K⁺)-ATPase, sendo que esse aumento na atividade (Na⁺K⁺)-ATPase, após estimulação por alta frequência, sofreu exclusivamente um bloqueio parcial após injeção de naloxona, sugerindo que o tratamento pela eletroacupuntura poderia envolver outras vias neurotransmissoras ao lado de peptídeos opióides. DAS et al. (1984) analisaram os efeitos antinociceptivos da eletroacupuntura e descobriram que tal efeito não era produzido em ratos hipofisectomizados. No entanto, ratos adrenalectomizados mostraram sensibilidade aumentada, sendo que, para ratos intactos, o hormônio adrenocorticotrófico e dexametazona foi considerado efetivo para sensibilizar esses animais para o efeito analgésico da eletroacupuntura. Os medicamentos usados para afetar a secreção de aldosterona e que prejudicam a resposta de esteróides adrenais a estímulos fisiológicos também modulam o efeito da eletroacupuntura, inibindo o efeito neutralizante do naloxona. A administração desse antagonista opióide, 15 minutos antes da estimulação, potencializou o efeito da eletroacupuntura, sendo que, quando o naloxona foi administrado após a iniciação da estimulação, ocorreu uma neutralização no efeito da eletroacupuntura. WANG et al. (1992), também compararam os efeitos antinociceptivos induzidos pela eletroestimulação em ratos, e observaram que o cloridrato de naloxona antagonizou parcialmente a analgesia induzida pelas frequências de estimulação de 2 e 15 Hz, mas não afetou a analgesia produzida pelas frequências de 100 Hz. Os resultados conclusivos indicaram que não existiriam, praticamente, diferenças significantes em produzir antinocicepção por diferentes frequências de estimulação periférica, quando aplicadas na mesma região, sendo mais provável um processo comum de mecanismos neurais para os efeitos analgésicos nessas diferentes frequências. Porém

o envolvimento de mecanismos opióides endógenos no manejo de diferentes frequências seria discutível.

De acordo com CRIELAARD et al. Apud CRÉPON (1996), as correntes de muito baixa frequência (4 Hz), quando aplicadas por meio de grandes eletrodos lombares, com uma intensidade elevada, a ponto de produzir uma fibrilação muscular ritmada, e uma sensação desagradável no limite da dor, durante 30 minutos, produziram um aumento significativo de 22% da taxa de beta-endorfina, em relação às taxas basais, sendo que esse aumento se prolongou durante 30 minutos após o término da estimulação, mantendo-se sempre com uma taxa superior a 20%. Em seu protocolo de estimulação, CRÉPON recomendou a utilização de pulsos bidirecionais de forma aprumada (equilibrada), a fim de permitir uma estimulação eficaz de 30 minutos, sem risco de causar queimadura química dos tecidos. “A duração do pulso situa-se em torno de 1 a 5 milisegundos, com frequências de 2 a 6 Hz, com intensidade elevada à tolerância máxima pelo paciente, produzindo contrações musculares do tipo fibrilações elementares, porém abaixo do limiar da dor” (CRÉPON, 1996, p.63). “Frequências muito baixas (como 1 ou 2 Hz), quando associadas às altas intensidades, podem ser utilizadas para estimulação muscular, contando com a produção das endorfinas para agir como um analgésico, sendo que, no entanto, poucas unidades de TENS oferecem frequências tão baixas” (KAHN, 2001, p.103).

5. Outros mecanismos pelo qual a TENS pode inibir algumas dores específicas

Inibição direta em um nervo excitado que está disparando anormalmente – Um pequeno número de indivíduos sofre dor após uma lesão nervosa. Isto ocorre quando, a extremidade proximal de um nervo periférico, forma uma base para descargas elétricas espontâneas. O disparo pode alastrar-se ao longo de toda a extensão do nervo, a partir da extremidade seccionada, onde o nervo em processo de brotamento formou um neuroma. Frente a estímulos mecânicos, axônios em processo de regeneração reproduzem a sensação referida à parte da pele que era atendida pelo nervo. Esses brotos são sensíveis à noradrenalina liberada pelas terminações nervosas simpáticas nos tecidos. Pode ocorrer que, uma elevação na atividade simpática, produza respostas anormais nos brotos das fibras C, conduzindo a distúrbios como na

distrofia simpática reflexa. Segundo FRAMPTON (1998), a TENS alivia essa dor mediante uma inibição direta do disparo elétrico que ocorre no nervo lesionado, amortecendo ou interrompendo as descargas elétricas anormais.

Restauração de uma via aferente artificial em casos de deaferenciação e dor central – A perda dos impulsos aferentes normais em um nervo seccionado pode levar à ocorrência de disparos não suprimidos de células do corno dorsal da medula. Assim, pacientes com dor de deaferenciação (por exemplo: lesões por avulsão do plexo braquial, dor de membro fantasma em seguida a uma amputação ou a lesões na medula espinhal), sofrem dores intensas de natureza característica. A dor não ocorre imediatamente após a lesão, mas o seu surgimento pode ocorrer após duas ou três semanas. Conforme FRAMPTON (1998), a TENS pode aliviar essa dor mediante a restauração da entrada aferente, embora a um nível diferente do nível lesionado. Porém deve se esclarecer que é obvio que não poderia haver veiculação da informação através da via que foi seccionada.

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A TENS

1. Equipamentos de TENS disponíveis comercialmente

No início dos anos 70, o ressurgimento do interesse na eletroterapia ocorreu com o desenvolvimento difundido e o marketing de estimuladores portáteis pequenos (aproximadamente 2,4 x 4 x 1 polegadas) e leves (menos de 200 gramas), denominados unidades de TENS. A fabricação de estimuladores compactos tornou-se possível graças à miniaturização de componentes eletrônicos, sendo que a postulação da teoria do controle da comporta de dor, forneceu o embasamento científico para a explicação da eletroanalgesia produzida por estímulos elétricos não invasivos. Também contribuíram ao desenvolvimento desses aparelhos, a incidência de dor sempre aumentando, e as pesquisas incessantes dos profissionais da saúde para propor soluções de controle de dor.

“Os equipamentos de TENS atuais, são tipicamente estimuladores de dois canais com controles de amplitude independentes para cada canal” (ROBINSON & SNYDER MACKLER, 2002, p.66). Os controles de duração de pulso (também chamados largura de pulso), estão rotineiramente presentes e permitem que o usuário varie a duração do pulso de valores baixos (20 microssegundos), até valores mais altos (1000 microssegundos). Um controle de frequência de pulso, permite ajustes de uma frequência baixa (2 Hz), para frequências máximas que variam de 125 a 200 Hz. A duração do pulso e a frequência do pulso apresentam muitas vezes o mesmo valor em cada canal de saída. A característica que distingue os aparelhos de TENS de muitos outros tipos é a presença de várias opções de modulação de estimulação

predeterminada. Essas podem incluir modulações sistemáticas para a frequência de pulso, duração do pulso, frequência e duração do pulso, modulação de burst e modulação da amplitude. No gráfico a seguir, podem ser observados os diferentes parâmetros de modulações:

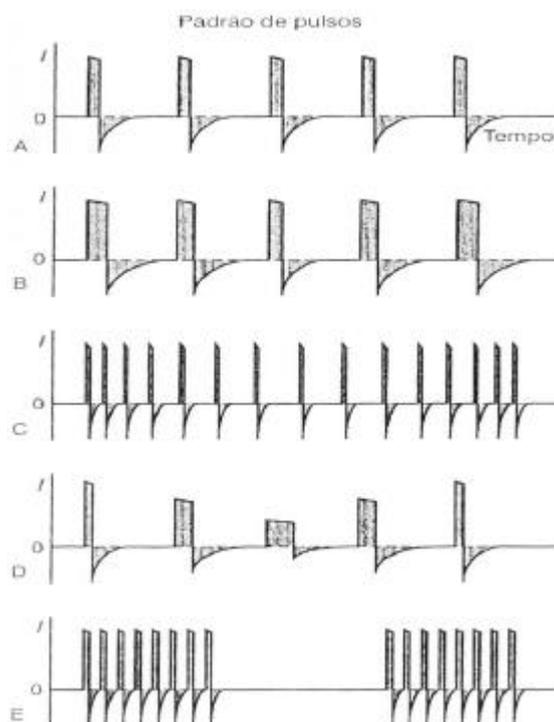


FIGURA 03 – Padrão de Pulsos.

- A) Modo normal de trens de pulso;
- B) Pulsos com modulação automática pré-ajustada;
- C) Modulação da frequência pré-ajustada;
- D) Modulação de amplitude;
- E) Modulação de burst.

Em cada um desses modos de modulação, os parâmetros de estímulo modulado são sistematicamente abaixados e elevados para o ajuste máximo. Os modos de modulação foram incluídos no design dos aparelhos de TENS, quando os clínicos reconheceram que, para determinados padrões de estimulação (amplitude baixa, trens de pulsos contínuos) os pacientes perdiam rapidamente a capacidade

para perceber a estimulação. Fornecendo a modulação para um ou mais parâmetros de estimulação, essa redução na percepção de estimulação é muitas vezes evitada.

A maioria dos equipamentos de TENS funcionam com correntes máximas na faixa de 60 miliamperes. As unidades portáteis de TENS são alimentadas por baterias alcalinas ou de níquel – cádmio, enquanto que os equipamentos clínicos são ligados diretamente na rede, com ajustes automáticos de tensão (110/220 volts).

Os eletroestimuladores mais modernos utilizam tecnologia de ponta nas áreas de eletrônica digital e computação sendo controlados por microprocessadores.



FIGURA 04 - Eletroestimuladores modernos.

2. Corrente constante versus voltagem constante

Conforme KAHN (2001), alguns fabricantes oferecem equipamentos que operam com uma “corrente constante”, ou seja, a corrente mantém o seu valor, independente das variações na resistência, em consequência de ajustes automáticos feitos na tensão operante. Outros fabricantes afirmam que suas unidades operam em “voltagem constante”, o que significa que a tensão permanecerá constante apesar das mesmas mudanças de resistência, com um ajuste automático simultâneo da corrente. Vale a pena lembrar que a relação entre resistência, tensão e corrente, obedece à lei de Ohm, e pode ser expressa na seguinte fórmula: $I = U/R$ (a corrente é igual à voltagem dividida pela resistência). A maioria dos equipamentos modernos operam com corrente constante. KAYE & BRANDSTATER (2002), afirmam que a preferência por esses equipamentos é devido à minimização das flutuações

descontroladas repentinas da intensidade atual, relacionada às mudanças na impedância. As vantagens e desvantagens de cada sistema devem ser avaliadas clinicamente por cada usuário. Por exemplo, a movimentação do paciente no leito iria interromper parcialmente o contato dos eletrodos com a pele e aumentar a resistência no circuito operante. Com um modelo de corrente constante, a voltagem interna seria aumentada automaticamente, para dar conta da resistência mais alta e manter a amperagem selecionada. O aumento da tensão ofereceria continuidade ao tratamento, mas poderia aumentar a irritação da pele. Por outro lado, se uma unidade de voltagem constante fosse usada na mesma situação, a miliamperagem iria diminuir com a resistência aumentada, oferecendo níveis de corrente de pequena eficácia, mas que não causariam irritação da pele.

3. Tipos de eletrodos mais utilizados

Um eletrodo é um material condutor que serve como a interface entre um estimulador e os tecidos do paciente. Os eletrodos são conectados aos estimuladores por fios isolados chamados de cabos. Atualmente, os eletrodos mais utilizados para a aplicação da TENS são os eletrodos de borracha condutora flexível, a base de carbono, e os eletrodos auto-adesivos semidescartáveis.

“O material a partir do qual os eletrodos são fabricados, os tamanhos e as formas do eletrodo, suas localizações em relação aos tecidos relativos e suas orientações um em relação ao outro, são fatores que devem ser considerados no desenvolvimento de um plano terapêutico cauteloso” (ROBINSON & SNYDER-MACKLER, 2001, p. 59).

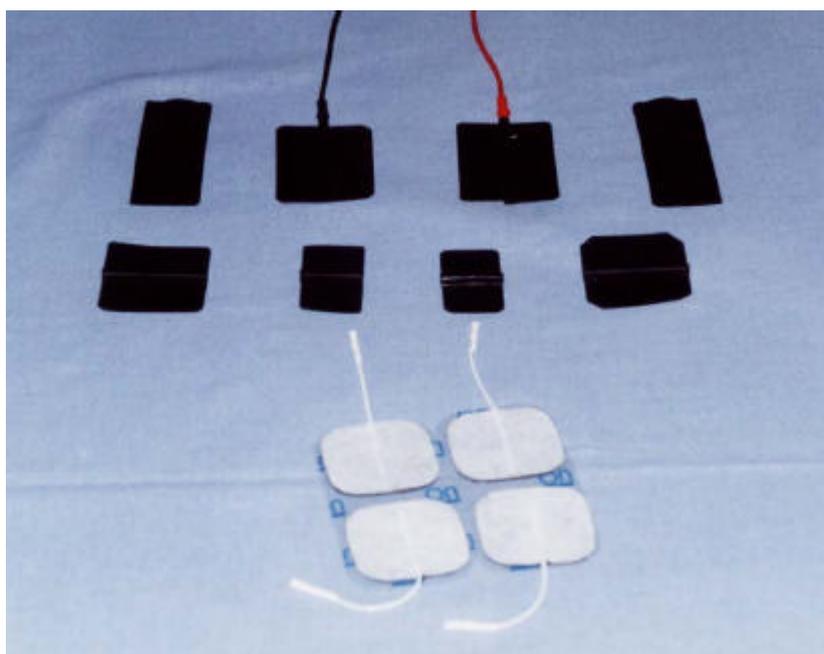


FIGURA 05 – Eletrodos para TENS.

3.1 Colocação dos Eletrodos

“O posicionamento dos eletrodos é um dos fatores mais críticos que podem influenciar o percentual de sucesso e dos benefícios extraídos da TENS” (MANNHEIMER & LAMPE Apud O’SULLIVAN & SCHMITZ, 1993, p.743). Os eletrodos são normalmente colocados entre o local da dor e o SNC, ao longo das raízes dos nervos, nos dermatômos dos respectivos níveis nervosos, seguindo o referido caminho da dor, ou nos pontos-gatilho. É essencial que a região seja condutiva ao posicionamento dos eletrodos, devendo ser evitadas a maior parte das proeminências ósseas e áreas primariamente cobertas por pêlos.

4. Contra-indicações e precauções quanto ao uso da TENS

Existem poucas circunstâncias que proíbem ou limitam as aplicações da TENS para certos indivíduos (MANNHEIMER & LAMPE Apud O’SULLIVAN & SCHMITZ, 1993; LOW & REED, 2001). Estas incluem:

- a) Marcapassos: são sensíveis as interferências eletromagnéticas, podendo alterar o ritmo cardíaco na presença de um sinal elétrico externo;
- b) Região antero-lateral do pescoço: a estimulação sobre os seios carotídeos pode promover um reflexo vagovagal através da estimulação dos barorreceptores, podendo levar a respostas hipotensoras, arritmias e até mesmo a uma síncope vagovagal;
- c) Gestação: embora não seja um fato estabelecido, a TENS deve ser utilizada com certas precauções em pacientes grávidas, evitando-se a estimulação na região abdominal;
- d) Problemas cardíacos: não há registro conhecido de complicações que limitem o uso de TENS sobre o tórax de pacientes com doença cardíaca. No entanto, a TENS deve ser aplicada com precauções;
- e) Patologias evolutivas ou agudas como flebites, tumores ou inflamações, epilepsia, lesões cutâneas, alterações cognitivas, e distúrbios da sensibilidade.

5 Revisão sistemática dos parâmetros de estimulação da TENS para o controle da dor.

Atualmente, existem vários modos de estimulação que podem ser selecionados e administrados com os atuais sistemas de TENS:

5.1 Convencional (de alta frequência)

Pode ser definida como uma cadeia contínua, ininterrupta, de impulsos de alta frequência, gerados com curta duração e baixa amplitude, bastante recomendado nos casos de dor aguda ou pós-cirúrgica. Utiliza frequência de 75 a 150 Hz (segundo MANNHEIMER & LAMPE Apud O'SULLIVAN & SCHMITZ, 1993). LOW & REED (2001) e também KAYE & BRANDSTATER (2002), o consideram nas frequências de 40 a 150 Hz, sendo que ANDREWS et al. (2000), relata 50 a 100 Hz.

Utiliza largura de pulso inferior a 200 microssegundos, e que podem ser tão breves como 50 a 80 μ s (SALGADO, 1999), ou 20 a 60 μ s (ANDREWS et al., 2000). A intensidade da estimulação deve estar dentro dos limites da estimulação sensitiva, resultando em uma sensação forte, mas muito confortável, sem produzir contrações musculares. Esse modo de estimulação recruta preferencialmente as grandes fibras aferentes do tipo A beta, que são fibras nervosas cutâneas superficiais. “Embora não seja inteiramente compreendido o mecanismo de ação deste modo, há uma poderosíssima sugestão de que vias não-endorfinérgicas produzem a intensa analgesia” (MANNHEIMER & LAMPE Apud O’SULLIVAN & SCHMITZ, 1993, p.752). “O provável mecanismo de modulação da dor é um bloqueio periférico direto de transmissão ou de ativação da inibição central da transmissão da dor pela estimulação da fibra de diâmetro maior, como na teoria de controle da comporta original” (ROBINSON & SNYDER-MACKLER, 2001, p.258). O período de analgesia não é duradouro e a percepção da estimulação pode declinar à medida que o tratamento progride. Segundo ANDREWS et al. (2000), O alívio da dor dura somente enquanto o estímulo estiver sendo aplicado, admitindo-se que ocorra uma considerável acomodação, sendo que o uso de modulações poderia ajudar a reduzir esse fenômeno. De acordo com LOW & REED (2001), o tempo de terapia para esse modo consiste em 30 a 60 minutos, podendo ser aplicado várias vezes ao dia, com intervalos de meia hora entre as aplicações, para reduzir a possibilidade de irritação da pele. Os eletrodos são mais comumente colocados ao redor ou sobre o local da dor.

“A maioria dos pacientes que foram submetidos a um controle adequado da dor por meio da TENS, receberam tal benefício a partir de uma estimulação convencional de alta frequência” (MANNHEIMER & LAMPE Apud O’SULLIVAN & SCHMITZ, 1993, p.752).

5.2 Baixa frequência e alta intensidade

Esse modo de estimulação, de acordo com SALGADO (1999), é também conhecido como acupuntural, e ocorre em frequências menores que 10 Hz, e

otimamente entre 1 e 4 Hz. LOW & REED (2001), citam cerca de 2 Hz. Utiliza largura de pulso maior que 200 microssegundos (SALGADO, 1999, LOW & REED, 2001), para recrutamento de fibras nervosas tanto sensitivas, quanto motoras, produzindo contrações musculares visíveis. Essa modalidade estimula as fibras aferentes nociceptivas do tipo A delta e C, e também as fibras eferentes motoras. A sensação gerada por este tipo de TENS é de parestesia, promovendo um tempo de analgesia com estimulação a baixa frequência e alta intensidade, tem sido descrito como sendo mediado por opiáceos, podendo ser revertido parcial ou completamente, pela administração de naloxona. Esse tipo de estimulação é geralmente aplicado nos pontos de acupuntura, podendo ser aplicado nos pontos motores do músculo, no miótomo segmentar relacionado. De acordo com LOW & REED (2001), esse tipo de estimulação proporciona impulsos sensoriais adicionais provenientes dos aferentes dos fusos musculares. Em contraste com a TENS convencional, esse modo costuma ser aplicado uma vez por dia por 20 ou 30 minutos. MANNHEIMER & LAMPE Apud LOW & REED (2001), sugeriram que a dor aguda de natureza superficial, incluindo causalgia, responderia melhor a TENS convencional, ao passo que a dor contínua, profunda, de longa duração, responderia melhor a TENS de baixa frequência.

5.3 Burst ou “Trem” de pulsos

“Este tipo de TENS foi desenvolvido por ERIKSON J. SJÖLUND (1976), como resultado das suas experiências com eletroacupuntura chinesa” (SALGADO, 1999, p.119). No entanto, esta modalidade se diferencia do modo acupuntural (baixa frequência e alta intensidade), pois o modo burst é uma alta frequência de pulsos individuais (de 40 a 150 Hz), distribuídos em “trens” de baixa frequência, repetidos de 1 a 5 vezes por segundo, sendo mais comum duas vezes (LOW & REED, 2001). Este tipo de estimulação é similar a uma mistura de TENS convencional com TENS acupuntural, proporcionando, portanto, alívio de dor por dois mecanismos. De acordo com SALGADO (1999), geralmente a frequência dos “trens” varia de 1 a 4 Hz, com uma frequência “interna” de cerca de 100Hz. Segundo KAHN (2001), os

“pacotes” de pulsos variam de 1 a 10 Hz, e são sentidos pelo paciente, como um estímulo único. De acordo com este autor, o quanto esse modo ofereceria alguma vantagem fisiológica ainda não teria sido avaliado. A largura de pulso varia de 100 a 200 microssegundos. Os pontos motores podem ser selecionados como locais para aplicação dos eletrodos e a estimulação pode prolongar-se por 30 a 45 minutos confortavelmente (MANNHEIMER & LAMPE Apud O’SULLIVAN & SCHMITZ,1993). Estimulações mais prolongadas podem conduzir a desconforto proveniente da fadiga muscular. Este tipo de TENS é utilizado para tratamento sintomático da dor crônica, sendo que o alívio da dor, proporcionado por este modo, tende a ocorrer com significativa latência, mas depois que isto ocorre, este alívio tende a persistir por períodos substanciais. Esta analgesia prolongada, segundo SALGADO (1999), pode estar relacionada à liberação de opióides endógenos, provavelmente beta-endorfinas.

5.4 TENS breve-intensa

Essa modalidade é muito similar ao modo convencional, em que o estímulo é fornecido por uma cadeia ininterrupta de pulsos em frequências muito elevadas, com larguras de pulsos e intensidades moderadas. É recomendável a utilização de frequências altas (cerca de 100 Hz), e tempo de duração de pulsos em torno de 200 μ s (LOW & REED, 2001). Segundo SALGADO (1999), as frequências seriam de 100 até 150 Hz e a largura de pulsos de 150 a 250 μ s. De acordo com LAMPE (1993), a intensidade deve ser a máxima tolerada pelo paciente e deve ser utilizada por curtos períodos de tempo (15 minutos ou menos). Os eletrodos são colocados do mesmo modo que na estimulação convencional. De acordo com a experiência clínica citada por KAHN (2001), o alívio alcançado com esse modo tem uma duração menor, quando comparado às aplicações mais prolongadas oferecidas pelas baixas intensidades. ANDREWS et al. (2000), faz referência a um modo de TENS intenso ou breve nocivo, que se caracteriza por uma duração de pulso extremamente longa, que persiste por até um segundo, aplicado em frequências baixas (1 a 5 Hz), ou superior a 100 Hz, com a amplitude da corrente ajustada ao máximo tolerado. Esse

modo, quando aplicado em baixas frequências seria então similar ao modo TENS de baixa frequência e alta intensidade, diferenciando-se apenas pela maior largura do pulso. Essa forma de TENS produz então, uma analgesia intensa, considerada como sendo mediada por opióides endógenos, que seriam liberados a partir de períodos de extremo desconforto.

5.5 Modulação de TENS

Esse modo pode indicar uma modulação de parâmetro simples, como, por exemplo, uma modulação apenas da frequência, ou somente do tempo de pulso, ou ainda, da intensidade do pulso. LAMPE (1993), relata que a modulação é definida por alguns fabricantes de aparelhos, como uma multimodulação, em que dois dos parâmetros são ciclicamente modulados ao mesmo tempo. Um estímulo efetivo necessita de uma certa intensidade e de um certo tempo para atingir o limiar de estimulação. A energia por pulso é determinada pela inter-relação entre a intensidade e duração do pulso. A recente integração de microprocessadores em alguns sistemas de TENS, tornou possível a modulação programada da amplitude, intensidade e duração, simultaneamente, enquanto é mantida uma energia mais constante por pulso, ao longo da faixa de modulação. A modulação produz sensação de massagens, e o posicionamento dos eletrodos é similar ao modo convencional. Segundo LOW & REED (2001), a variação cíclica impediria a adaptação dos nervos à corrente, sendo recomendada como uma variante da TENS convencional por longos períodos.

5.6 TENS de força-duração

A relação existente entre os parâmetros de estimulação, como amplitude/intensidade e duração (tempo) de pulso, pode ser ilustrada em um gráfico (curva força-duração). Basicamente, esta curva ilustra a relação entre as diferentes combinações de tempo e intensidade, que são requeridas para uma estimulação ótima

de um determinado tipo de fibra nervosa, produzindo uma resposta associada de acordo com as suas características, seja ela sensitiva (S), motora (M) ou dolorosa (D). A curva força-duração ou I/T (intensidade/tempo) é um indicador do limiar necessário para causar a despolarização de cada tipo de fibra nervosa:

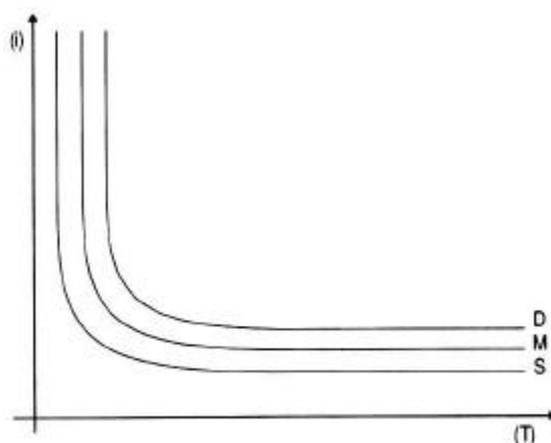


FIGURA 06 – Curva força-duração.

Segundo LAMPE (1993), o modo de estimulação de força-duração, tem uma relação direta com a curva de força-duração, que é à base da lei da excitabilidade. Alguns aparelhos microprocessados permitem a utilização desta modalidade. À medida que os estímulos são aplicados, o microprocessador calcula a curva através da seguinte equação:

$$AMP = \frac{I_{rh}}{1 - e^{-(Pw/K)}}$$

Onde AMP = amplitude, I_{rh} = reobase, e = constante matemática, Pw = duração/largura do pulso, e K = constante, como função da cronaxia.

O microprocessador responde a certas informações a partir das aferências e das determinações do clínico. O sistema biológico estabelece limites internos para a largura de pulso e intensidade. À medida que a amplitude é reduzida, a largura de pulso é automaticamente aumentada, para a liberação de uma energia mais consistente por pulso. A frequência também pode ser modulada.



FIGURA 07 – Estimulação de força-duração.

5.7 TENS – VIF (variação de intensidade e frequência)

Alguns equipamentos de TENS são configurados para produzir variações de frequências e intensidades simultaneamente.

As correntes VIF são obtidas a partir da interferência de dois geradores, cujas frequências são diferentes. O primeiro gerador produz pulsos bidirecionais com início brusco e de breve duração. O segundo gerador produz “envelopes” retangulares que podem ser submetidos a uma modulação (aumento e diminuição progressiva e periódica de frequência). Os “envelopes” se sobrepõem aos pulsos, tornando possível apenas a liberação de parte do pulso compreendido no envelope, a fim de variar sua intensidade e sua frequência. “A irregularidade assim obtida, aumenta a eficácia terapêutica, evitando a acomodação e produzindo simultaneamente um efeito excitomotor e uma vibração antálgica” (CRÉPON, 1996, p. 33).

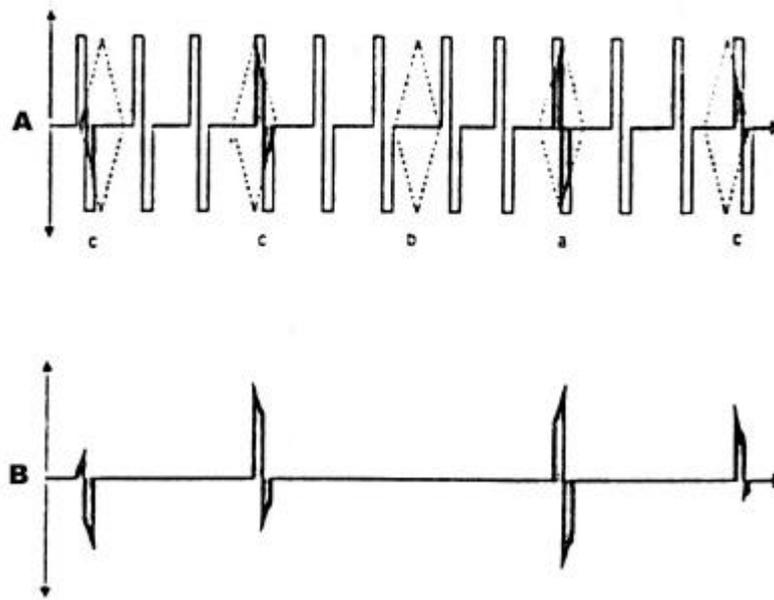


FIGURA 08 – Corrente VIF.

- 1) As áreas pontilhadas correspondem a “envelopes” de pulsos retangulares submetidos a wobulação, aplicados sobre pulsos bidirecionais do primeiro gerador;
- 2) A corrente de saída do equipamento revela somente a parte do pulso compreendida no “envelope”.

6. Frequências ideais segundo critérios fisiológicos

As faixas de frequências de pulsos devem ser estabelecidas respeitando-se as frequências de despolarização das fibras nervosas aferentes. Como a estimulação elétrica neuromuscular transcutânea visa estimular principalmente as fibras nervosas de tato e pressão (teoria do controle das comportas), uma atenção especial deve ser dada aos mecanorreceptores. Distinguem-se, esquematicamente, três tipos de receptores de pressão:

1. Os discos de Merkel, captadores de posição, são receptores cutâneos de adaptação lenta, essencialmente responsáveis pelo tato discriminativo (preensão fina);
2. Os corpúsculos de Meissner, captadores de velocidade e adaptação intermédia, respondem a frequências de até 50 Hertz;
3. Os corpúsculos de Pacini, captadores de aceleração, são de rápida adaptação, sensíveis a deformação da pele e também a vibrações, respondendo a frequências de até 300 Hertz.

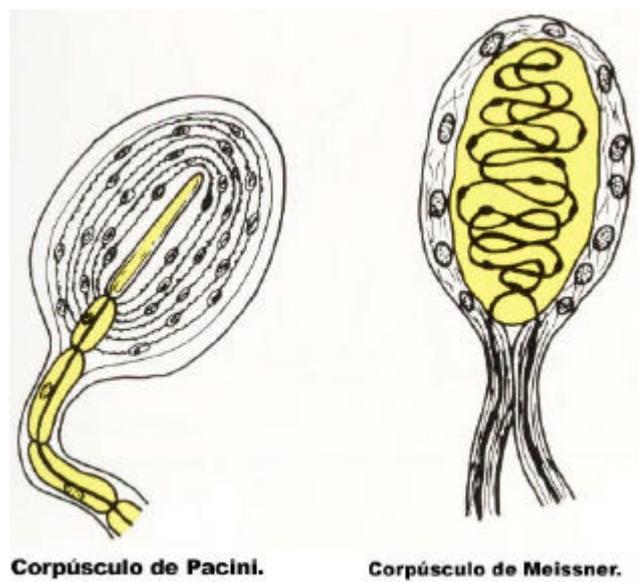


FIGURA 09 - Ilustrações de Receptores Cutâneos.

As aferências musculares, representadas pelos fusos neuromusculares e pelos órgãos tendinosos de Golgi, são responsáveis pela sensibilidade proprioceptiva.

“Frequências ótimas de vibrações mecânicas para estimulação dos mecanorreceptores musculares estão em torno de 100 Hertz e para a estimulação dos receptores cutâneos, em torno de 30 a 256 Hz” (ENJALBERT et al.,1999).

6.1 Correntes ideais para eletroanalgesia

Segundo CRÉPON (1996), as correntes ideais para eletroestimulação antálgica e excitomotora devem obedecer quatro parâmetros fundamentais:

1. Início Brusco: um pulso se torna mais eficaz quanto mais vertical for sua ascensão. Desse modo, quanto mais inclinada à ascensão, menor é a eficácia da estimulação, sendo necessário aumentar a intensidade para se obter um estímulo equivalente;
2. Breve duração de pulso: para proporcionar uma estimulação confortável, os pulsos devem ter duração suficiente para ser eficaz, porém a mais breve possível, pois quanto maior a duração do pulso, mais intensa é a sensação referida pelo paciente;
3. Inocuidade: os pulsos bidirecionais de média nula não apresentam efeitos eletrolíticos. Permitem aplicações de longa duração sem risco de queimadura química dos tecidos, mesmo com intensidades elevadas e sobre áreas com implantes metálicos;
4. Baixa Frequência: a eletroestimulação antálgica e excitomotora utiliza unicamente correntes de baixa frequência (inferiores a 150 Hz) ou de muito baixa frequência (menores que 10 Hz).

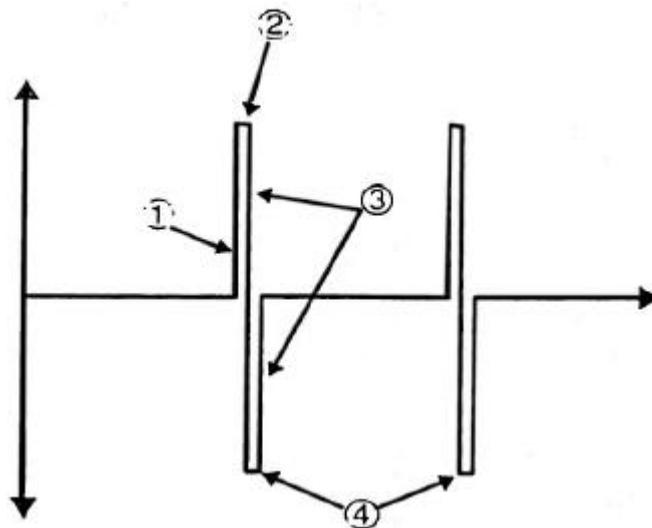


FIGURA 10 - Corrente ideal para eletroanalgesia e estimulação muscular.

"Em geral, os aparelhos de TENS produzem uma corrente pulsada bifásica, assimétrica, retangular" (ROBINSON & SNYDER-MACKLER,2001,p.66). Em alguns modelos iniciais, as formas de onda de saída eram desequilibradas na carga de fase, ou seja, não apresentavam inocuidade ou média nula, mas atualmente muitas formas de onda de estimulação são equilibradas.

7. Corrente pulsada bifásica, simétrica, retangular

Segundo ROBINSON & SNYDER-MACKLER (2001). Uma corrente pulsada bifásica é considerada simétrica se a maneira na qual a amplitude da corrente que varia durante o tempo na fase positiva da linha isoeétrica (ou de base), for idêntica em natureza (imagem de espelho) porém em direção oposta, na fase negativa da linha isoeétrica. Desse modo, para formas de ondas bifásicas simétricas, a quantidade total de corrente para uma fase é igual ao valor absoluto da corrente total que flui na segunda fase. Uma corrente pulsada bifásica simétrica é equilibrada, porque o produto da intensidade pelo tempo de pulso serão iguais, tanto na fase positiva como na fase negativa da linha de base. Tais características conferem a esse tipo de corrente, propriedades não eletrolíticas, o que permite sua aplicação por longos períodos, sem apresentar riscos de queimadura química por concentrações iônicas.

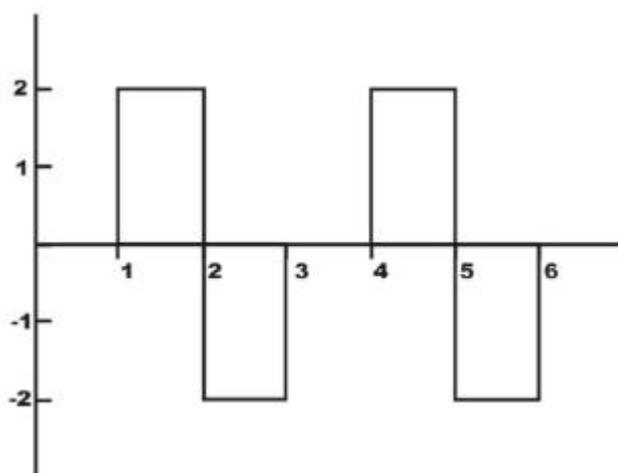


FIGURA 11 - Valores iguais dos produtos $I \times T$ indicam equilíbrio de carga em ambas as fases (amplitudes e tempos iguais).

8. Corrente pulsada bifásica, equilibrada, assimétrica

Para pulsos bifásicos ou ciclos de corrente alternada, a maneira na qual as cargas se movem para trás e para frente pode não ser a mesma. Assim, uma forma de onda é referida como assimétrica, se a maneira na qual a amplitude de corrente que varia na primeira fase de um pulso bifásico, não for a imagem de espelho da segunda fase (ROBINSON & SNYDER-MACKLER, 2001, p.29). A assimetria implica em amplitudes e tempos diferentes, podendo existir diferenças de carga entre as fases, o que proporcionaria efeitos eletrolíticos durante aplicações prolongadas. No entanto, isso pode ser evitado através de um equilíbrio de carga, de forma que o produto da intensidade pelo tempo de pulso, sejam iguais em ambas as fases.

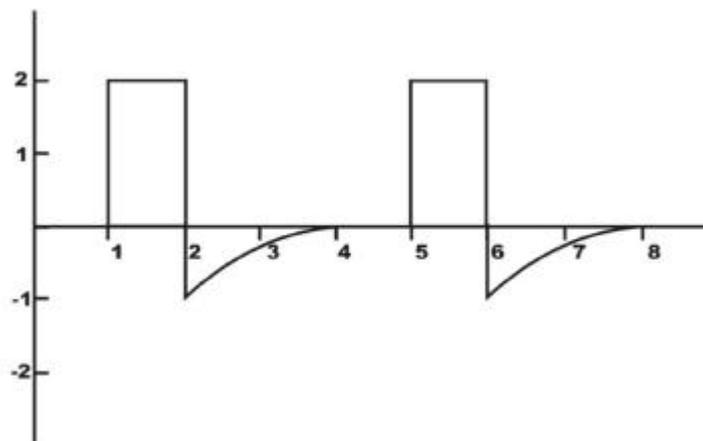


FIGURA 12 - Valores iguais dos produtos $I \times T$ indicam equilíbrio de carga em ambas as fases, mesmo com amplitudes e tempos diferentes.

DISCUSSÃO

Embora tenha sido expandida e modificada, a essência da teoria proposta por MELZACK e WALL (1965), é que a dor é regulada por uma “comporta” que pode ser aberta ou fechada por meio de outros impulsos provenientes dos nervos periféricos ou do sistema nervoso central, de forma a aumentar ou diminuir o sinal de dor. Alguns mecanorreceptores de baixo limiar localizados na pele e outros tecidos ascendem sem fazer sinapses até o corno posterior da medula espinhal. As fibras nervosas A beta emitem colaterais para as células nociceptoras das fibras A delta e C, nas lâminas do corno posterior, sendo provável que os impulsos desses mecanorreceptores reduzem efetivamente a excitabilidade das células nociceptoras aos estímulos geradores de dor. Esse processo, segundo LOW & REED (2001), é conhecido atualmente como inibição pré-sináptica ou segmentar. Assim, as fibras grossas A beta podem ser estimuladas com intensidades baixas de corrente, conduzindo impulsos com frequências bastante elevadas. Isto permite a modulação da dor a partir da aplicação da TENS em altas frequências (por exemplo, de 100 a 200 Hz) e em intensidades baixas, ou seja, o parâmetro de TENS convencional. Porém, segundo a literatura mais atual (ANDREWS, 2000; ROBINSON & SNYDER-MACKLER, 2001), o período de analgesia não é duradouro e a maior eficácia ocorre enquanto o estímulo elétrico estiver sendo aplicado. Apesar da teoria do controle da comporta de dor vir sendo contestada com respeito à localização precisa e ao mecanismo envolvido (ANDRADE FILHO, 2001), ela ainda persiste com o conceito de que alguma forma de inibição pode ocorrer com a estimulação de aferentes de grosso calibre no nível segmentar (WALSH apud LOW & REED, 2001). A morfina (um fármaco opióide) atua sobre o sistema de fibras C, controlando a dor decorrente de lesão tissular, mas não outros tipos de dor. Isso ocorre porque a morfina imita grupos de neurotransmissores que ocorrem naturalmente no organismo, como a encefalina, a beta-endorfina, e a dinorfina, sendo essas últimas substâncias conhecidas como opióides endógenos. Na substância gelatinosa existem interneurônios que podem produzir encefalina, para inibir as células do sistema de

fibras C, neste local (LOW & REED, 2001). Os ramos colaterais de fibras A delta, localizados no corno posterior, se ligam a esses interneurônios e os estimulam. Desse modo, a aplicação da TENS pode bloquear o tipo de dor conduzido pelas fibras C, quando aplicada em intensidade mais elevada e baixa frequência (TENS acupuntural), pois segundo LOW e REED (2001), as fibras nervosas do tipo A delta são estimuladas pelo toque de agulha. LEVIN & HUI-CHAN apud LOW & REED (2001), não puderam demonstrar a estimulação de fibras A delta em pessoas normais, e concluíram que o alívio da dor devia-se à estimulação de fibras A alfa e A beta, tanto na TENS convencional como na acupuntura, admitindo também que pacientes afligidos por dor crônica poderiam tolerar intensidades de TENS elevadas o suficiente para estimular fibras A delta. No entanto, é preciso considerar também que, muitos pacientes portadores de dor crônica, assim como pacientes depressivos, apresentam um baixo limiar para a dor, ou seja, estímulos de pequena intensidade podem ser suficientes para causar uma sensação dolorosa nesses pacientes, sendo que este fenômeno poderia estar relacionado com a reduzida biodisponibilidade de opióides endógenos, isto é, não haveria a ativação de um mecanismo de supressão de dor por parte dos opióides, que deveriam estimular as vias inibitórias, e assim os estímulos nociceptivos ascenderiam para os centros superiores no sistema nervoso central. No entanto, BONICA (1990) relatou o oposto, ou seja, pelo menos os pacientes com dor crônica apresentam alta concentração de beta endorfinas no plasma e no fluido cerebrospinal. Conforme ANDRADE FILHO (2001), o baixo limiar para a dor nesses pacientes poderia estar relacionado à baixa concentração de neurotransmissores na fenda sináptica, como a serotonina ou norepinefrina, por exemplo. Os nociceptores A delta no tracto espinotalâmico emitem colaterais para a substância cinzenta periaquedutal no mesencéfalo, sendo que os neurônios descendentes dessa região passam por várias sub-regiões no bulbo ventral rostral e daí para o corno dorsal da medula espinhal, liberando encefalina na substância gelatinosa. Essas e outras vias descendentes conhecidas como supressoras de dor utilizam serotonina (5-hidroxitriptamina) e noradrenalina como neurotransmissores, estimulando os interneurônios com função inibitória para o tipo de dor conduzida pelas fibras C. Assim, se existir uma diminuição de neurotransmissores na fenda sináptica neuronal neste local, haverá também uma diminuição na atividade inibitória

para estímulos dolorosos, o que explicaria o baixo limiar para a dor em alguns pacientes com dores crônicas e pacientes depressivos. Esses pacientes podem, contudo, não suportar intensidades elevadas de estimulação, pois devido ao déficit na inibição, a veiculação de estímulos dolorosos seria facilitada. A aplicação da TENS, nesses casos seria indicada com baixas intensidades (modo convencional), porém poderia ser ineficiente em relação à produção de uma analgesia consistente. De acordo com KAYE & BRANDSTATER (2002), o modo acupuntural da TENS (baixa frequência e alta intensidade) poderia ser indicado nos casos em que o modo convencional não oferecesse resultado. Segundo LOW & REED (2001), o efeito da TENS parece depender dos parâmetros de estimulação, ainda que de um modo não elucidado. JOHNSON et al. (1991), descobriram que não havia relação entre a causa da dor e a frequência ou padrão do pulso usado por seus pacientes. Relatam também que seus pacientes pareciam escolher parâmetros por uma questão de conforto pessoal e mostravam preferências por pulsos, frequências e padrões particulares. KAYE & BRANDSTATER (2002), relatam ainda que os pacientes deveriam ser instruídos a experimentar frequências e intensidades diferentes até encontrar os parâmetros que forneceria o melhor controle da dor para aquele indivíduo. Segundo esses autores, o conforto do paciente é uma determinante muito importante em relação à aquiescência, e, conseqüentemente ao sucesso total do tratamento. FRAMPTON (1998), também recomenda que seria essencial aos pacientes, experimentarem diferentes parâmetros e diferentes posicionamentos dos eletrodos de forma sistemática, ao longo dos sucessivos períodos de tratamento, pois tem sido mínimo o número de pesquisas realizadas com o objetivo de confirmar exclusivamente os locais ideais de aplicação dos eletrodos para problemas específicos. Contudo, este autor relata também que a aplicação sistemática de eletrodos no curso de repetidas sessões poderia aumentar a qualidade dos resultados. Desse modo, os melhores ajustes de parâmetros de eletroestimulação com a TENS seriam subjetivos, sendo determinados pela experimentação e pelo erro. As evidências clínicas também apontam nesta direção. Alguns relatos de casos de pacientes portadores de dor crônica difusa (apêndice 3), revelam a grande variação de tempos de pulsos e frequências, quando tentamos determinar os parâmetros preferenciais de cada um. Nesses pacientes a intensidade da corrente foi elevada ao

máximo suportado, após a determinação dos parâmetros individuais, e os resultados em relação ao alívio e duração da analgesia, começaram a mostrar que a frequência e o tempo de pulso aparentemente não teria influência no alívio e duração da mesma, pelo menos no início do tratamento. Obviamente que, mais importante que estudos experimentais, seria o acompanhamento de pacientes ao longo do tratamento, com registros clínicos das evidências encontradas em cada caso, com avaliações periódicas.

Em muitos países, os clínicos prescrevem unidades portáteis de TENS, para tratamento domiciliar, o que consiste em um autotratamento. Os fabricantes que proporcionam um serviço grátis de empréstimo do aparelho permitem que o paciente experimente a unidade de TENS sem qualquer custo, antes de decidir-se pela aquisição. No Brasil, no entanto, a aplicação da TENS restringe-se, em sua maior parte, às clínicas e setores de fisioterapia, onde os pacientes recebem estímulos a partir de aparelhos clínicos.

Existem várias razões que podem contribuir para resultados insatisfatórios com a TENS. Dentre elas, podemos citar a seleção inadequada dos pacientes (por exemplo, pacientes histéricos ou não confiáveis), a má utilização do equipamento ou dos acessórios, tempo de tratamento insuficiente, a falta de protocolos de avaliação e tratamento adequados, com monitoração dos dados e registros para comparação e acompanhamento. De acordo com FRAMPTOM (1998), uma análise quantitativa da dor, utilizando uma escala analógica visual de 10 cm, seria um bom meio de se avaliar o alívio da dor, ao passo que um sistema de pontuação verbal de 0 a 10 poderia não ser tão preciso. Também existem outros meios que variam desde questionários como o questionário de McGill (ROBINSON & SNYDER-MACKLER, 2001), técnicas de dolorimetria e programas computadorizados. Embora atualmente tem se pesquisado muitas formas de quantificar a dor, todos os meios existentes ainda parecem subjetivos por mais precisos que possam parecer. Porém o fundamental é que se utilize algum método de avaliação de dor. Elaboramos um protocolo de avaliação de intensidade da dor para utilização clínica, através de uma escala analógica visual numérica (EAVN), sobreposta a uma escala de classificação gráfica (ECG), a qual foi utilizada para avaliação da dor nos casos em que relatamos (apêndice). Acreditamos ser um bom método para avaliação da dor crônica, é claro

que também é subjetivo, no entanto os pacientes podem se identificar com as palavras da escala e correlacioná-las com os números que ficam sobrepostos na EAVN. Fornecemos também desenhos do corpo humano para os pacientes contornarem as áreas de distribuição da dor e por fim estabelecemos um quadro para o controle da eletroanalgesia (apêndice 1). Todos esses meios precisam ser pesquisados e melhorados, abordando as características multidimensionais e multifatoriais da dor. Dentre essas variações podemos citar o início do quadro, a natureza e distribuição, o seu padrão diário, ou seja, a frequência da dor em um dia, os distúrbios associados, o aspecto psíquico do paciente, os fatores culturais, a relação com a movimentação e com o repouso, entre outros fatores. Outro ponto importante além de se avaliar bem o paciente, é considerar também a possibilidade para mudança de tratamento em busca de recursos alternativos quando o tratamento atual não está sendo eficaz, ou a associação de outros meios para melhorar os resultados. Um estudo clínico randomizado controlado, duplo cego, com seguimento de dois meses (Eficácia...,2001), mostrou que o TENS não foi eficaz para o tratamento da dor crônica lombar, enquanto que exercícios de alongamento melhoraram a dor e a atividade de vida diária dos pacientes. Contudo, essas melhorias desapareceram com o abandono da prática dos alongamentos.

As técnicas de aplicação da TENS, envolvendo as preferências de parâmetros individuais, segundo as evidências clínicas, parecem eficazes por interagir com o paciente no estabelecimento de melhores formas de estimulação em relação ao quadro de dor, pois somente quem sofre sabe o quanto é doloroso, e se os pacientes conseguem expressar a intensidade da dor, podem também expressar o alívio da mesma, bem como os parâmetros que suprimem a dor com maior ou menor efeito. Até porque, segundo LOW & REED (2001), existe uma generalização de parâmetros sugeridos e utilizados, que muitas vezes não se conformam necessariamente a todos os escritores. Alguns equipamentos microprocessados de fabricantes nacionais oferecem parâmetros prontos, ou seja, uma verdadeira receita para tratamentos, onde o display do aparelho indica o tipo de dor e o parâmetro automático. Embora possam apresentar resultados satisfatórios em alguns casos, a interação com o paciente inexistente. A fabricação desses sistemas precisa ser revisada, sendo fundamental a inclusão de variedades de programações a critério do clínico (por exemplo, o

equipamento poderia apresentar um programa de memória livre, para registro dos parâmetros preferidos por cada paciente em tratamento em um determinado setor ou clínica). Vale a pena expor que, quanto mais sofisticado o equipamento, mais caro ele se torna. De acordo com KAHN (2001), os clínicos devem ser capazes de avaliar e decidir-se pela marca, modelo e unidade que acreditam ser melhor. Assim, essa avaliação deve ser feita baseada em evidências clínicas, mais do que nas propagandas de venda, ou seja, é o resultado com os pacientes o que conta e faz a diferença. Esperamos que esse trabalho contribua para ampliar os horizontes de atuação dos profissionais da bioengenharia, no domínio da tecnologia de controle dos mecanismos fisiológicos envolvidos na modulação da dor, sendo fundamental a continuidade de pesquisas, e, principalmente a publicação cada vez maior das evidências clínicas encontradas pelos profissionais que trabalham com a modulação do controle elétrico da dor. Somente assim teremos equipamentos cada vez melhores e técnicas mais aperfeiçoadas para o tratamento deste mal que aflige a humanidade.

CONCLUSÕES

Em relação aos princípios de atuação da TENS, conclui-se que o mecanismo de supressão da dor atualmente proposto para esta técnica consiste na inibição pré-sináptica no corno posterior da medula espinhal, no controle endógeno da dor através da liberação de opióides por estruturas presentes no sistema nervoso central, na inibição direta de um nervo que se encontra anormalmente excitado, e na restauração de uma entrada aferente em um nível diferente do lesionado.

Com relação à efetividade da TENS, conclui-se que a mesma pode ser utilizada para o controle da dor aguda e pós-operatória, sendo que, nestes casos, os parâmetros recomendáveis são aqueles com atuação em nível sensorial, como o TENS convencional (parâmetro de alta frequência e baixa intensidade).

No tocante aos processos agudos, é importante concluir também que a dor consiste em um mecanismo de defesa do organismo, um fator de proteção, frequentemente associada a espasmos musculares, com o objetivo de evitar maiores lesões (que poderia ocorrer pela movimentação do segmento afetado). Nesses casos, a aplicação da TENS deve ser seguida por repouso e associação com recursos anti-inflamatórios.

Conclui-se também que a TENS pode ter um efeito placebo, produzido por simulação de estimulação elétrica. Embora este efeito não seja totalmente compreendido, acredita-se que possa estar relacionado com a expectativa do tratamento, envolvendo a formação e liberação de endorfinas a partir da influência do córtex cerebral (nível V).

Com relação à dor crônica, concluímos que não existem os “melhores parâmetros” de TENS para estimulação deste tipo de dor, sendo recomendável a técnica de determinação de parâmetros preferenciais individuais, ou seja, através da interação com o paciente, uma vez que há uma generalização de valores sugeridos e utilizados, e muitos trabalhos que não conduzem a parâmetros específicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ²

ANDRADE FILHO, A. C. C. *Dor: diagnóstico e tratamento*. São Paulo: Roca, 2001. p.279.

ANDREWS, J. R.; HARRELSON, G.L.; WILK, K.E. *Reabilitação física das lesões desportivas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.90-91.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração*. Rio de Janeiro, 2002.

AZEVÊDO, M. I. Temores no uso de opióides para o tratamento da dor. *Dor em Foco*, São Paulo, ano 1, n.4, 1998.

BONICA, J. J. History of pain concepts and therapies. In: _____. *The management of pain*. 2.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1990. p.2-17.

BROSSEAU, L.; MILNE S.; ROBINSON V.; MARCHAND S.; SHEA B.; WELLS G.; TUGWELL P. Efficacy of the transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: a meta-analysis. *Spine*, v.27, n.6, p.596-603, Mar. 2002.

² Referências bibliográficas de acordo com as normas da ABNT, 2002.

CAMPBELL, J. A. A critical appraisal of the electrical output characteristics of ten transcutaneous electrical nerve stimulators. *Clin. Physiol. Meas*, v.1, p.141 – 4, 1982.

CARMAN, D.; ROACH, J. W. Transcutaneous electrical nerve stimulation for the relief of postoperative pain in children. *Spine*, v.13, p.109 – 10, 1988.

CARROLL, D.; MOORE, R. A.; McQUAY, H. J.; FAIRMAN, F.; TRAMÈR, M.; LEIJON, G. *Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain* (Cochrane review). Disponível em: <<http://www.cochrane.org/cochrane/revabstr/ab003222.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2003

CASTRO, C. *Mecanismos neurofisiológicos da dor*. /Mimeografado/ 1998.

CRÉPON, F. *Eletrofisioterapia e reeducação funcional*. São Paulo: Lovise, 1996. p.191.

DAS, S. et al. Role of adrenal steroids on electroacupuncture analgesic and on antagonizing potency of naloxone. *Pain*, v.18, n.2, p.135 – 43, Feb. 1984

DAWOOD, M. Y.; RAMOS, J. Transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of primary dysmenorrhea: a randomized crossover comparison with placebo TENS and Ibuprofen. *Obstetrics and Gynecology*, v.75, p.656 – 60. 1990.

DEYO, R. et al. A controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation and exercise for chronic low-back pain. *The New England Journal of Medicine*, v.322, p.1627 – 34. 1990.

DRUMMOND, P. J; SILVA, E.; COUTINHO, M. *Medicina baseada em evidências: novo paradigma assistencial e pedagógico*. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2002. 177p.

EFICACIA del TENS y los ejercicios de estiramiento. 2001. Disponible em: <http://www.espalda.org>. Acesso em: 1jan. 2001.

ENJALBERT, M. et al. Reprogramación sensoriomotora. In: SIMONNET, J. *Enciclopédie médico-chirurgicale*. Paris: EMC, 1999. p.26-060-A-10, v.1.

ERSEK, R.A. LBP: prompt relief with transcutaneous neurostimulation. A report of 35 consecutive pts. *Ortho. Rev.*, v.5, p.27 – 31, 1976.

FINSEN, V. et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation after major amputation. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, v.70, p.109 – 12, 1988.

FRAMPTON, V. Estimulação nervosa elétrica transcutânea (TENS). In: KITCHEN, S.; BAZIN, S. *Eletroterapia de Clayton*. 10. ed. São Paulo: Manole, 1998. p.276 – 94.

FREEMAN, T. B.; CAMPBELL J. N.; LONG, D. M. Naloxone does not affect pain relief induced by electrical stimulation in man. *Pain*, v.17, n.2, p.189 – 95, Oct. 1983.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.511 – 61.

HAMBA, M. et al. Effects of electroacupuncture on the neuronal activity of the arcuate nucleus of the rat hypothalamus. *Expo. Neurol.*, v.87, n.1, p.118-28, Jan. 1985.

HAN, J. S. et al. Frequency as the cardinal determinant for electroacupuncture analgesia to be reversed by opioid antagonists, *Chin. Med. J.*, v.38, n.5, p.475-82, Oct. 1986.

HAN, J.S. et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of spinal spasticity. *Chin. Med. J.*, v.107, n.1, p.6 – 11, Jan. 1994.

HANSSON, P. et al. Influence of naloxone on relief of acute oro-facial pain by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) or vibration. *Pain*, v.24, p.323-29, Aug. 1986.

HARGREAVES, A.; LANDER, J. Use of transcutaneous electrical nerve stimulation for postoperative pain. *Nursing research*, v.38, p.159 – 61. 1989.

ISSENMAN, J. et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control after spinal fusion with Harrington rods. *Electrical Stimulation: Management of Pain*, v.2, p. 197 – 200. 1983.

JEONG, Y. et al. Effects of iontophoretically applied naloxone, picrotoxin and strychnine on dorsal horn neuron activities treated with high frequency conditioning stimulation in cats. *Yonsei Med. J.*, v.36, n.4, p.336 – 47, Sept. 1995.

JOHNSON, M. I. et al. Analgesic effects of different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *Pain*, v.39, p.231-36. 1989.

JOHNSON, M. I.; ASHTON, C. H.; THOMPSON, J. W. An in depth study of long-term users of transcutaneous electrical nerve stimulation: implications for clinical use or TENS. *Pain*, v.44, p. 221-29. 1991.

KAHN, J. *Princípios e prática de eletroterapia*. 4. ed. São Paulo: Santos, 2001. p.101-17.

KAYE, V.; BRANDSTATER, M.E. Transcutaneous electrical nerve stimulation. Disponível em: <http://www.emedicine.com/pmr/topic206.htm>. Acesso em: 29 jan. 2003.

LAMPE, G. Estimulação elétrica neuromuscular transcutânea. In: O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. *Fisioterapia: avaliação e tratamento*. 2. ed. São Paulo: Manole, 1993. p.739-58.

LEE, D. Z.; SUN, A. Y. Effect of electroacupuncture on synaptosomal (Na⁺⁺K⁺)-ATPase. *Neurochem. Res.*, v.9, n.5, p.669 – 78, May 1984.

LEE, K. H.; CHUNG, J. M.; WILLIS, W. D. Inhibition of primate spinothalamic tract cells by TENS. *J. Neurosurg*, v.62, p.276-87, Feb. 1985.

LOBATO, O. O problema da dor. In: MELLO FILHO, J. *Psicossomática Hoje*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992. p.165-78.

LONG, D. M. Fifteen year of transcutaneous electrical stimulation for pain control. *Stereotact Funct. Neurosurg*, v.56, p.2 – 19, 1991.

LOW, J.; REED, A. *Eletroterapia explicada*. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001. p.472.

LUNDEBERG, T.; BONDESSON, L.; LUNDSTROM, V. Relief of primary dysmenorrhea by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.*, v.64, n. 6, p.491 – 7. 1985.

LUNDY-EKMAN, L. *Neurociência: fundamentos para reabilitação*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.96-9.

MANNHEIMER, C. et al. Influence of naloxone on the effects of high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation in angina pectoris induced by atrial pacing. *Br. Heart. J.*, v.62, n.1, p.36-42, July 1989.

MELZACK, R.; VETERE, P.; FINCH, L. Transcutaneous electrical nerve stimulation for low back pain: a comparison of TENS and massage for pain and range of motion. *Physical Therapy*, v.63, p.489 – 92, 1983.

MELZACK, R.; WALL, P. D. Pain mechanisms: a new theory. *Science*, v.150, n.3699, p.971-78, Nov. 1965.

MERSKEY, H.; SPEAR, F. C. The concept of pain. In: MELLO FILHO, J. *Psicossomática Hoje*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992. p.165-78.

NATHAN, P. W.; WALL, P. D. Treatment of post-herpetic neuralgia by prolonged electrical stimulation. *Br. Med. J.*, v.3, p.645 – 7. 1974.

O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. *Fisioterapia: avaliação e tratamento*. 2. ed. São Paulo: Manole, 1993. p.739-60.

OLAUSSON, B. et al. Effects of naloxone on dental pain threshold following muscle exercise and low frequency transcutaneous nerve stimulation: a comparative study in man. *Acta Physiol. Scand.*, v.126, n.2, p.299-305, Feb. 1986.

PERTOVAARA, A. et al. Pain and stress: correlation of stress hormone release to pain modulation in man. *Ann. Clin. Res.*, v.19, n.2, p.83 – 6, 1987.

REUSS, R.; CRONEN, P.; ABPLANALP, L. Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control after cholecystectomy: lack of expected benefits. *Southern Medical Journal*, v.81, p.1361 – 3, 1988.

ROBERTS, H. J. (1978). TENS in the management of pancreatitis pain. *South. Med. J.*, v. 71, p.396 – 9, 1978.

ROBINSON, A. J.; SNYDER-MACKLER, L. *Eletrofisiologia clínica: eletroterapia e teste eletrofisiológico*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p.426.

SALAR, G.; IOB, I.; BARATTO, V. Naloxone and essencial trigeminal neuralgia. *Riv. Neurol.*, v.53, n.4, p.257 – 64, July 1983.

SALGADO, A. S. I. (1999). *Manual clínico de eletrofisioterapia*. Londrina: Midiograf, 1999. p.112 – 47.

SCHOMBURG, F. L.; CARTER-BAKER, S. A. Transcutaneous electrical nerve stimulation for postlaparotomy pain. *Electrical Stimulation: Management of pain*, v.2, p.191 – 6. 1983.

SHEON, R. P.; MOSKOWITZ, R. W.; GOLDBERG, V. M. *Dor reumática dos tecidos moles: diagnóstico, tratamento, prevenção*. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1989. p.285-97.

SKOLNICK, M. H. et al. Low current electrostimulation produces naloxone-reversible analgesia in rats. *Stereotact. Funct. Neurosurg*, v.53, n.2, p.125 – 40, 1989.

SMEDLEY, F.; TAUBE, M.; WASTELL, C. Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief following inguinal hernia repair: a controlled trial. *Eur. Surg. Res.*, v.20, p.233 – 7, 1988.

TEIXEIRA, M. J. et al. *Dor: conceitos gerais*. São Paulo: Limay, 245p. 1994.

THOMPSON, T. L.; Psychosomatic disorders. In: MELLO FILHO, J. *Psicossomática Hoje*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992. p.165-78.

TULGAR, M. et al. Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part 1, a pilot study. *Pain*, v. 47, p.151 – 5, 1991.

TULGAR, M. et al. Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part 2, a double-blind controlled long-term clinical trial. *Pain*, v.47, p. 157 – 62. 1991b.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola de Engenharia de São Carlos. Serviço de Biblioteca. *Diretrizes para elaboração de dissertação e teses na EESC-USP*. 2. ed. São Carlos, 1996.

WALKER, R. H. et. al. Postoperative use of continuous passive motion, transcutaneous electrical nerve stimulation, and continuous cooling pad following total knee arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, v.6, p.151 – 6. 1991.

WALSH, D. M. TENS: Clinical applications and related theory. In: LOW, J.; REED, A. *Eletroterapia explicada*. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001. p.472.

WANG, J. Q. et al. Comparison of the antinociceptive effects induced by electroacupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation in the rat. *Int. J. Neurosci.*, v.64, n.1 – 4, p.117 – 29, July 1992.

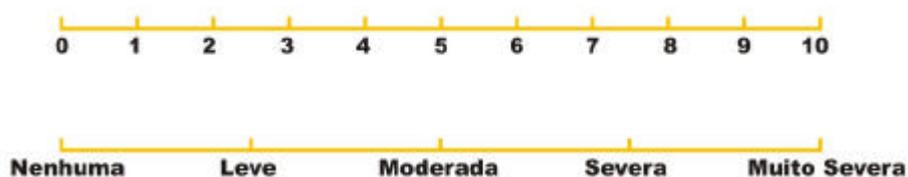
ZHOU, G. Z.; XI, G. F. Comparison between transcutaneous nerve stimulation analgesic effect and electroacupuncture analgesic effect in rabbits. *Acupunct. Eletrother. Res.*, v.11, n.2, p.119 – 25, 1986.

APÊNDICE 1

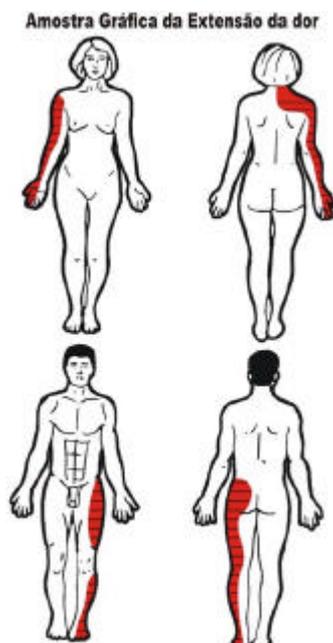
CRITÉRIOS ADOTADOS PARA AVALIAÇÃO DA DOR CRÔNICA DIFUSA NOS CASOS RELATADOS

Avaliação da intensidade da dor

Uma Escala Analógica Visual Numérica (EAV) sobreposta a uma Escala de Classificação Gráfica (ECG), foram utilizadas para avaliar a intensidade da dor dos pacientes dos casos relatados, cada uma representada por linhas horizontais de 10 cm de comprimento, a primeira contendo números e a segunda contendo expressões igualmente espaçadas na linha:



Modelos da figura humana, em vista anterior e posterior, também foram incluídos na ficha de avaliação, para que os pacientes pudessem desenhar ou contornar as áreas dolorosas:



APÊNDICE 2

**TÉCNICA ELABORADA PARA DETERMINAR
AS PREFERÊNCIAS INDIVIDUAIS DE
PARÂMETROS NOS PACIENTES DOS
RELATOS DE CASOS**

Técnica de determinação de parâmetros preferenciais individuais

Estabeleceu-se um modo de ajuste de frequência em função da resposta de cada paciente, em relação a maior supressão da dor, sendo que o tempo de pulso foi determinado de acordo com o limiar sensitivo individual, para e a partir da aplicação da TENS. Denominou-se esta técnica de determinação de parâmetros preferenciais individuais. Desse modo, o tempo de pulso em cada aparelho foi previamente programado para o máximo e o tempo de repouso, para o mínimo, produzindo assim a maior frequência com o maior tempo de pulso. Em seguida, a intensidade foi elevada até o ponto necessário para se produzir uma sensação (reobase sensitiva). Após o registro dessa sensação, a intensidade foi elevada para o dobro (cronaxia sensitiva). O tempo de pulso foi então alterado novamente, sofrendo uma diminuição gradual, até que o paciente fosse capaz de referir ainda alguma sensação, mesmo que mínima. Em adição, a frequência foi também reduzida gradualmente e o paciente constantemente questionado sobre a melhor faixa, ou seja, o ponto em que a estimulação se destacou mais em relação ao quadro algico. Por último, a intensidade foi novamente elevada ao máximo suportado pelo paciente, porém sem causar dor, sofrendo aumentos durante a sessão de estimulação, quando reduzida a sensação da corrente.



Exemplo de aplicação da TENS

APÊNDICE 3

RELATOS DE CASOS SOBRE A APLICAÇÃO DA TENS NA DOR CRÔNICA DIFUSA

RELATOS DE CASOS

CASO 1

Paciente do sexo feminino, dona de casa, de 52 anos de idade, encaminhada ao setor de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul no estado de São Paulo, com o diagnóstico de osteoartrite cervical, sofrendo de dor crônica difusa a pelo menos 2 anos. Ao exame radiográfico constatou-se irregularidades no contorno ósseo do corpo vertebral de C2, com osteófitos incipientes. A QP da paciente era a dor no pescoço com irradiação para ambos os membros superiores. Ao exame físico, constatou-se espasmos dos músculos cervicais posteriores e diminuição da ADM articular da coluna cervical aos movimentos rotacionais. Os movimentos de flexão e extensão estavam preservados. A paciente também referiu dor ao teste de tração. O programa de tratamento fisioterápico completo incluiu a aplicação da TENS, técnicas de massoterapia, calor superficial (infravermelho) e cinesioterapia, através de exercícios de ADM e alongamentos. No entanto, durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional analógico

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 4

Colocação dos eletrodos: região cervical posterior

Parâmetros preferenciais individuais: F= 100 Hz e Pw = 150 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
16:00 – 23/05/01	7,5/8,0	2,0/2,5	21:45 – 23/05/01	05:45
14:14 – 24/05/01	2,0/2,5	1,5	01:00 – 25/05/01	10:46
14:00 – 28/05/01	2,5/3,0	2,0	13:00 – 31/05/01	71:00

CASO 2

Paciente do sexo masculino, pedreiro, de 47 anos de idade, encaminhado ao setor de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, com o diagnóstico de Hérnia discal, sofrendo de dor crônica difusa a pelo menos 12 anos. Ao exame tomográfico constatou-se prolapso discal entre L4 e L5. A QP do paciente era a dor lombar com irradiação para o membro inferior esquerdo. Ao exame físico constatou-se dor à palpação do trajeto do nervo ciático, com espasmos musculares localizados nos músculos paravertebrais lombares, diminuição do reflexo patelar à esquerda, mobilidade diminuída da coluna lombar e marcha claudicante. Os testes especiais apresentaram positividade para Lasegue e Milgram, e negatividade para Valsalva. O tratamento fisioterápico completo incluiu a aplicação da TENS, diatermia por ondas curtas, massoterapia, e cinesioterapia através de exercícios de alongamento e fortalecimento, visando também à recuperação funcional da marcha. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional digital

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 4

Colocação dos eletrodos: região paravertebral lombar

Parâmetros preferenciais individuais: F= 140 Hz e Pw = 180 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
15:10 – 02/08/01	4,0/5,0	3,0	19:00 – 03/08/01	27:50
14:15 – 06/08/01	4,0/5,0	3,0	13:15 – 08/08/01	47:00
14:40 – 08/08/01	2,0/3,0	2,0	17:00 – 10/08/01	50:20

CASO 3

Paciente do sexo feminino, doméstica, de 65 anos de idade, foi encaminhada ao setor de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, com o diagnóstico de artrose de coluna e joelhos, sofrendo de dor crônica a mais de dois anos. A QP da paciente consistia em dores difusas na perna e joelho direito. Ao exame físico, constatou-se edema articular, dor à palpação da região poplíteia e da musculatura da panturrilha, com irradiação para a região antero-lateral da perna, porém sem dor à palpação nesta região. Os testes de ADM articular mostraram discreta limitação do movimento de flexão do joelho direito (5 graus) quando comparado à amplitude do joelho esquerdo. A paciente também referiu dor ao realizar esses movimentos, a qual conduzia a um padrão de marcha claudicante. O tratamento fisioterápico completo consistiu na aplicação da TENS, termoterapia de contraste envolvendo turbilhão aquecido e crioterapia, e também a cinesioterapia, através de exercícios de alongamento e fortalecimento muscular. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional digital

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 2

Colocação dos eletrodos: região posterior do joelho e antero-lateral da perna

Parâmetros preferenciais individuais: F= 130 Hz e Pw = 100 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor	Tempo efetivo de analgesia
	Antes	Depois		
(Horário/Data)			(Horário/Data)	(Horas/Minutos)
16:35 – 17/05/01	5,0/4,0	2,0/3,0	14:00 – 18/05/01	21:25
16:50 – 21/05/01	5,0/4,0	2,0/3,0	22:00 – 21/05/01	05:10
16:55 – 23/05/01	5,0/4,0	2,0	08:00 – 24/05/01	15:05

CASO 4

Paciente do sexo feminino, doméstica, de 35 anos de idade, sofrendo de dor crônica há 9 meses, foi encaminhada ao setor de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, com quadro de osteoartrite da coluna cervical. A QP da paciente era dor no pescoço com irradiação para o membro superior direito (cervicobraquialgia), envolvendo também o 5º dedo. Ao exame radiográfico, constatou-se calcificação do ligamento longitudinal anterior entre C5 e C6, com acentuação da lordose cervical. A paciente apresentou dor à palpação da musculatura paravertebral cervical, a qual apresentava-se espasmada, dor ao teste de tração da coluna cervical, e dor aos movimentos de flexão e extensão dos dedos da mão direita. A paciente apresentou também discreta limitação no movimento de extensão da coluna cervical. O programa de tratamento fisioterápico completo incluiu a aplicação da TENS, técnicas de massoterapia, calor superficial (infravermelho) e cinesioterapia, através de exercícios de ADM e alongamentos dos músculos cervicais. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional analógico

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 4

Colocação dos eletrodos: região paravertebral cervical e face dorsal do antebraço

Parâmetros preferenciais individuais: F= 100 Hz e Pw = 180 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
16:43 – 16/05/01	7,0	5,0/4,0	7:27 – 17/05/01	14:44
16:58 – 17/05/01	5,0/4,0	4,0/3,0	10:00 – 18/05/01	17:02
17:10 – 21/05/01	7,0/8,0	4,0/5,0	11:30 – 22/05/01	18:20

CASO 5

Paciente do sexo feminino, costureira, de 63 anos de idade, sofrendo de dor crônica difusa a 9 meses, foi encaminhada ao setor de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, com o diagnóstico de Espondilose lombar, apresentando lombociatalgia com irradiação da dor para o membro inferior esquerdo. A QP da paciente era a dor no membro inferior, a qual conduzia a um padrão claudicante durante a marcha. Ao exame físico, a paciente apresentava dor à palpação do trajeto do nervo ciático, espasmos da musculatura glútea, e positividade para os testes de Lasegue, Patrick e Kernig. O tratamento fisioterápico completo incluiu a aplicação da TENS, diatermia por ondas curtas, massoterapia, e cinesioterapia através de exercícios de alongamento e fortalecimento, visando também à recuperação funcional da marcha. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional digital

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 4

Colocação dos eletrodos: região paravertebral lombar e posterior da coxa esquerda

Parâmetros preferenciais individuais: F= 60 Hz e Pw = 80 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
16:52 – 15/08/01	7,5/8,0	5,0/4,0	21:00 – 16/08/01	28:08
16:13 – 22/08/01	5,0/4,0	3,0/2,0	20:15 – 26/08/01	100:02
16:08 – 27/08/01	4,0/5,0	3,0/4,0	22:00 – 31/08/01	101:52

CASO 6

Paciente do sexo masculino, ferroviário aposentado, de 78 anos de idade, sofrendo de dor cônica difusa há pelo menos cinco anos, foi encaminhado ao setor de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, com o diagnóstico de osteoartrose. A QP do paciente era de dor lombar e nas pernas. Ao exame radiográfico constatou-se sinais degenerativos nos corpos vertebrais lombares e nos joelhos. Ao exame físico, constatou-se espasmos da musculatura paravertebral lombar, encurtamento da musculatura posterior das pernas, dor à palpação do nervo ciático à direita, marcha claudicante, e positividade para os testes de Patrick e Gaenslen. A ADM dos joelhos também se encontrava limitada ao realizar-se a flexão, sendo 90° para o esquerdo e 103° para o direito. O tratamento fisioterápico completo incluiu, além da aplicação da TENS, termoterapia por diatermia (ondas curtas) na região lombar, massoterapia, terapia de contraste para joelhos através de turbilhão aquecido e crioterapia, além de exercícios de alongamento para os músculos paravertebrais lombares e isquiotibiais, e exercícios de fortalecimento para os músculos dos joelhos. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional digital

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 4

Colocação dos eletrodos: região paravertebral lombar

Parâmetros preferenciais individuais: F= 50 Hz e Pw = 250 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
16:26 – 29/10/01	7,5	5,0	17:15 – 29/10/01	00:49
14:58 – 30/10/01	5,0	0,0	14:00 – 02/11/01	71:02
14:58 – 05/11/01	7,5	5,0	08:00 – 07/11/01	41:02

CASO 7

Paciente do sexo feminino, dona de casa de 45 anos, sofrendo de dor crônica há mais de 4 anos, foi encaminhada ao serviço de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, com o diagnóstico de hérnia de disco lombar, evidente ao exame tomográfico. A QP da paciente era de fortes dores lombares com irradiação para o membro inferior esquerdo. Ao exame físico constatou-se dor à palpação do nervo ciático à nível da tuberosidade isquiática e no trajeto do mesmo, com espasmos da musculatura lombar paravertebral. Os testes especiais mostraram positividade para Milgram e Lasegue. O tratamento fisioterápico completo consistiu na aplicação da TENS para alívio da dor, termoterapia por diatermia, massoterapia, e exercícios de alongamento e fortalecimento. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional digital

Tipo de corrente: despolarizada simétrica

Número de eletrodos: 2

Colocação dos eletrodos: região paravertebral lombar à esquerda

Parâmetros preferenciais individuais: F= 200 Hz e Pw = 300 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
14:05 – 01/10/01	3,0	1,0	15:00 – 01/10/01	00:55
14:05 – 03/10/01	3,0	1,0	16:00 – 03/10/01	1:55
13:50 – 04/10/01	3,0	1,0	16:00 – 04/10/01	2:10

CASO 8

Paciente do sexo masculino, lavrador, de 61 anos de idade, sofrendo de dor crônica a mais de cinco meses, procurou o serviço de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, encaminhado com o diagnóstico de cervicobraquialgia. A QP do paciente consistia em dor cervical e formigamento em membro superior direito. O exame radiográfico revelou sinais de degeneração e diminuição do espaço intervertebral de C6 - C7, indicando espondilose vertebral cervical. Ao exame físico, constatou-se dor a palpação da musculatura paravertebral cervical à direita, com espasmos musculares. O teste de compressão da coluna cervical mostrou-se positivo. O tratamento fisioterápico completo consistiu na aplicação da TENS, massoterapia, tração cervical manual, termoterapia superficial (infravermelho), e exercícios de mobilidade e alongamentos. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional analógico

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 4

Colocação dos eletrodos: região paravertebral cervical

Parâmetros preferenciais individuais: F= 30 Hz e Pw = 60 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
10:15 – 21/06/01	5,0/6,0	2,0	05:00 – 23/06/01	42:45
14:27 – 25/06/01	3,0	2,0	23:00 – 25/06/01	08:33
14:05 – 26/06/01	2,0	1,0	22:00 – 26/06/01	07:55

CASO 9

Paciente do sexo masculino, trabalhador autônomo, de 40 anos de idade, sofrendo de dor crônica há aproximadamente cinco anos, procurou o serviço de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, encaminhado com o diagnóstico de lombociatalgia. A QP do paciente era de dor lombar com irradiação para o membro inferior esquerdo. O exame tomográfico revelou presença de sinais degenerativos em quadril esquerdo, e nos corpos vertebrais de L5-S1, compatíveis com osteoartrose. Ao exame físico, constatou-se dor à palpação do nervo ciático, espasmos musculares lombares e positividade para o teste de Patrick. O tratamento fisioterápico completo incluiu além da aplicação da TENS, a termoterapia por diatermia (ondas curtas), massoterapia, aplicação de ultrassom, e exercícios de alongamento e fortalecimento. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional digital

Tipo de corrente: despolarizada simétrica

Número de eletrodos: 2

Colocação dos eletrodos: região paravertebral lombar à esquerda

Parâmetros preferenciais individuais: F= 200 Hz e Pw = 300 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
15:13 – 07/11/01	5,0	1,5	06:00 – 08/11/01	14:47
16:25 – 08/11/01	5,0	0,0	07:00 – 10/11/01	38:35
15:02 – 12/11/01	3,5	0,0	07:00 – 13/11/01	15:58

CASO 10

Paciente do sexo feminino, dona de casa, de 49 anos de idade, sofrendo de dor crônica há aproximadamente 10 anos, foi encaminhada ao serviço de fisioterapia da Clínica Escola das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, com o diagnóstico de espondilose. A QP da paciente era a dor na região cervical baixa e na coluna lombar. O exame radiográfico revelou a presença de osteófitos marginais anteriores e laterais em diversos corpos vertebrais cervicais, torácicos e lombares. Ao exame físico, a paciente apresentou espasmos musculares generalizados da musculatura paravertebral da coluna, com nódulos de tensão em trapézio e rombóides, dor à palpação da musculatura cervical e lombar e do nervo ciático em nível da tuberosidade isquiática. Os testes especiais apresentaram positividade para Patrick e Milgram. O tratamento fisioterápico completo consistiu além da aplicação da TENS, de técnicas de massoterapia, aplicação de ultra-som, termoterapia superficial (infravermelho) na região cervico-dorsal e diatermia por ondas curtas na região lombar. A cinesioterapia foi então aplicada através de exercícios de alongamentos. Durante as três primeiras sessões, o tratamento consistiu apenas no controle elétrico da dor, com aplicações exclusivas da TENS.

Tratamento eletroterapêutico detalhado:

Tipo de estimulador: clínico convencional analógico

Tipo de corrente: despolarizada assimétrica

Número de eletrodos: 4

Colocação dos eletrodos: região paravertebral cervical e lombar

Parâmetros preferenciais individuais: F= 50 Hz e Pw = 200 μ s

Tempo de aplicação: 20 minutos

Controle da eletroanalgesia

Término da estimulação (Horário/Data)	Avaliação da intensidade da dor pela EAVN		Retorno ou intensificação da dor (Horário/Data)	Tempo efetivo de analgesia (Horas/Minutos)
	Antes	Depois		
9:45 – 02/08/01	7,5	6,5	21:00 – 02/08/01	11:15
8:00 – 07/08/01	7,0	4,0	17:30 – 07/08/01	9:30
8:20 – 09/08/01	4,0	3,0	9:00 – 10/08/01	12:40