
Estimulação Elétrica Funcional — FES e Reabilitação

2ª edição

FISIOTERAPIA

Outros livros de interesse

AAOS/SBOT — Atualização em Conhecimentos Ortopédicos: Pediatria
AAOS/SBOT — Trauma
Alencar — Semiologia em Reabilitação
Apley — Ortopedia e Fraturas em Medicina e Reabilitação
Araújo — Avaliação Clínico-Neurológica do Recém-Nascido
Araújo Leitão — Clínica de Reabilitação
Coelho — Avaliação Neurológica Infantil nas Ações Primárias de Saúde (2 vols.)
Costa Orlando — UTI — Muito Além da Técnica... a Humanização e a Arte do Intensivismo
Diamant e Cypel — Neurologia Infantil 3ª ed.
Dirceu Costa — Fisioterapia Respiratória Básica
Doretto — Fisiopatologia Clínica do Sistema Nervoso — Fundamentos da Semiologia 2ª ed.
Flehmig — Texto e Atlas de Desenvolvimento Normal e seus Desvios no Lactente — Diagnóstico do Nascimento até o 18º Mês
Garrison — Manual Básico de Medicina Física e Reabilitação
Gesell — Psicologia do Desenvolvimento — Do Lactente e da Criança Pequena — Bases Neuropsicológicas e Comportamentais
Golding — Reumatologia em Medicina e Reabilitação
Hoppenfeld — Propedêutica Ortopédica — Coluna e Extremidades
Lage e Ramires — Cardiologia no Internato — Bases Teórico-práticas
Lanchar Jr. — Nutrição e Metabolismo Aplicados à Atividade Motora
Lemos Fagundes — Como Ter Sucesso na Profissão de Fisioterapeuta — um Guia de Auto-orientação

Lent — Cem Bilhões de Neurônios — Conceitos Fundamentais da Neurociência
Levy — Doenças Musculares — Estudo Clínico e Diagnóstico
Levy — Reabilitação em Doenças Neurológicas
Lianza — Estimulação Elétrica Funcional e Reabilitação
Linamara — Hemiplegia
Maria Eugênia — Reabilitação e Espasticidade
Marcus Vinicius — Fototerapia — Aspectos Fundamentais de Reabilitação
Marco Mello — Paraolimpíadas de Sidney 2000 — Avaliação e Prescrição do Treinamento dos Atletas Brasileiros
Menna Barreto — Semiologia do Aparelho Respiratório na Prática Clínica
Papaléo — Gerontologia — a Velhice, o Envelhecimento em Visão Globalizada
Oliveira Poli — Manual de Medida Articular
Pinto — Eletro-neuromiografia Clínica — Noções Fundamentais
Protásio da Luz — Nem só de Ciência se Faz a Cura
Quênia — Ventilação Mecânica Básica para Enfermagem
Rodrigues — Estimulação de Criança Especial — Um Guia de Orientação para os Pais de Como Estimular a Atividade Neurológica e Motora
Rosadas — Atividade Física Adaptada e Jogos Esportivos para o Deficiente
Rosadas — Educação Física Especial para Deficientes 3ª ed.
Rufino — Testes de Função Respiratória — do Laboratório à Aplicação Clínica com 100 Exercícios para Diagnóstico
Sanvito — Síndromes Neurológicas 2ª ed.
Sanvito — Propedêutica Neurológica Básica 2ª ed.
Settineri — Biomecânica — Noções Gerais
Xhardez — Manual de Cinesioterapia — Técnicas, Patologia, Indicação e Tratamento

Estimulação Elétrica Funcional — FES e Reabilitação

2ª edição

SERGIO LIANZA

*Professor Adjunto do Departamento de Ortopedia
da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo,
Responsável pela Disciplina Medicina de Reabilitação
da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo.
Livre-docente pela Universidade do Rio de Janeiro
na área de Medicina de Reabilitação*



São Paulo • Rio de Janeiro • Ribeirão Preto • Belo Horizonte

EDITORA ATHENEU

São Paulo — Rua Jesuíno Pascoal, 30
Tels.: (11) 3331-9186 • 223-0143 •
222-4199 (R. 25, 28 e 30)
Fax: (11) 223-5513
E-mail: edathe@terra.com.br

Rio de Janeiro — Rua Bambina, 74
Tel.: (21) 2539-1295
Fax: (21) 2538-1284
E-mail: atheneu@atheneu.com.br

Ribeirão Preto — Rua Barão do Amazonas, 1.435
Tel.: (16) 636-8950 • 636-5422
Fax: (16) 636-3889

Belo Horizonte — Rua Domingos Vieira, 319 — Conj. 1.104

PLANEJAMENTO GRÁFICO/CAPA: Equipe Atheneu

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Lianza, Sergio
Estimulação Elétrica Funcional — FES e reabilitação/
Sergio Lianza. — São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

Vários colaboradores.
Bibliografia.

1. Deficientes físicos — Reabilitação 2. Eletroterapia
3. Estimulação elétrica 4. Paralisia I. Título.

02-6270

CDD-617.03
NLM-WE 100

Índices para catálogo sistemático:

1. Estimulação elétrica funcional: Reabilitação:
Medicina 617.03

LIANZA S.
Estimulação Elétrica Funcional — FES e Reabilitação

© Direitos reservados à EDITORA ATHENEU — São Paulo, Rio de Janeiro, Ribeirão Preto,
Belo Horizonte, 2003

Colaboradores

KARINA PAVAN

Fisioterapeuta Especializada em Reabilitação Hospitalar pelo Curso de Aperfeiçoamento e Especialização da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo. Pós-graduada Lato Sensu em Fisioterapia Pediátrica pela Universidade Cidade de São Paulo

LUCIOLA TEREZINHA NUNES

Professora e Supervisora de Estágio da Faculdade do Clube Náutico Moginiano. Mestre pela Universidade Mackenzie em Distúrbios do Desenvolvimento

REGINA ROSSETO

Terapeuta Ocupacional, Chefe do Serviço de Terapia Ocupacional da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo. Professora Instrutora da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo. Mestranda em Neurociência pela Universidade Estadual de Campinas

Agradecimentos

À Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, pelo apoio ao desenvolvimento da reabilitação hospitalar.

À Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, pela valorização da Medicina de Reabilitação em seu currículo de graduação.



Em agosto de 1989 foi realizado em São Paulo o Curso Internacional de Estimulação Elétrica Funcional visando divulgar a técnica e os primeiros resultados obtidos no Brasil na reabilitação de diversas formas de incapacidade.

Na foto, Dr. Franjo Gracanin e Dr. Tadej Bajd, professores especialmente convidados para o Curso.

Prefácio à Segunda Edição

A Medicina de Reabilitação tem se caracterizado pela procura de soluções para distúrbios de origem nervosa, muscular ou osteoarticular, mediante terapias por meios químicos, físicos e funcionais, dispondo de uma equipe multidisciplinar envolvendo especialistas entre os quais destacam-se terapeutas ocupacionais, fisioterapeutas, fonoaudiólogos, psicólogos, bioengenheiros, técnicos em eletrônica, eletrotécnica, mecânica, todos sob o comando do médico que se especializou nos estudos das referidas afecções, ou seja, o fisiatra.

O Serviço de Reabilitação da Santa Casa de São Paulo tem se desenvolvido como um Centro Formador de uma plêiade de agentes dessa especialidade, atuantes em todo o nosso país, graças à afluência contínua de pacientes afligidos por incapacidade maiores e menores e que permitem aquisição de novos conhecimentos e o acúmulo de experiências numa respectiva área.

Em 1986 foi introduzida em nosso meio a denominada Estimulação Elétrica Funcional (FES), que vem sendo utilizada desde aquele então de forma rotineira, sendo registrada em protocolos que demonstram a validade da técnica como fator terapêutico importante nas afecções de origem neuromuscular, atuando na contratilidade muscular e na função osteoarticular para melhora dos padrões posturais, da marcha ou nas funções do membro superior.

Os pacientes portadores de paralisias espásticas, tremores, têm muito a ganhar, e, hoje, observamos uma elevação no número de casos de doença de Parkinson, os quais também são beneficiados pela utilização devidamente programada do método em foco nesta obra.

A curiosidade e a atenção desenvolvidas pela seqüência de capítulos levam o leitor a inteirar-se sobre em que a FES pode ser útil, convencendo-o da sua importância para minorar as incapacidades, sem o caráter de cura, pois obviamente não é esse o seu escopo.

A sua associação com outras terapêuticas, como as injeções de toxina botulínica em pacientes com contraturas musculares, espásticas ou não, o uso de órteses para manutenção das melhorias obtidas, a manutenção do ortostatismo, provocam uma melhoria notável nos pacientes, em outros sistemas e aparelhos, e principalmente na esfera psicológica, pois traz a sensação de vitória e um estímulo ao trabalho conseguido junto ao Serviço de Reabilitação.

Acompanho o autor, Professor Dr. Sergio Lianza, desde a sua Residência, concluída em 1976. A sua merecida promoção a Chefe do Serviço de Reabilitação, já em 1977, a qual durou até 2000, acompanhou-se de uma projeção nacional e internacional, atingindo cargos relevantes como Presidente da Sociedade Brasileira de Medicina Física e Reabilitação de 1989 a 1991, e da Associação Médica Latino-Americana de Reabilitação entre 1997 e 1999, além de Editor Científico da Revista Brasileira da Especialidade de 1981 até o presente.

O respeito pelo seu trabalho se espelha nas importantes funções exercidas dentro do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, na disciplina Medicina de Reabilitação, tendo retornado à Chefia do Serviço em julho último, para com o seu bom senso e tirocínio aumentar ainda mais as atividades que nela devem ser desenvolvidas.

A primeira edição, de 1993, está revisada, com texto atual, mostrando conhecimentos mais aprofundados pelas inovações introduzidas nos últimos anos, e, sem dúvida, satisfazendo os leitores sobre este tão envolvente método terapêutico ora utilizado em nosso meio.

São Paulo, verão de 2002

Osmar Pedro Arbix de Camargo

*Diretor do Departamento de Ortopedia e Traumatologia
Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo*

Apresentação à Segunda Edição

Quando iniciamos o nosso trabalho na área da Reabilitação, tivemos a atenção despertada pelas doenças que acarretam paralisia. Os poucos recursos terapêuticos existentes no início dos anos de 1970 eram importantes para impedir a instalação de uma série de complicações clínicas secundárias ao imobilismo e desta forma eram reduzidas as possibilidades reabilitativas dos pacientes.

Hoje ainda enfrentamos dificuldades para superar as incapacidades paráliticas, porém sem dúvida dispomos de maiores e melhores possibilidades de diagnósticos e terapêuticas, com indicações e metodologias devidamente padronizadas, permitindo um seguimento clínico mais eficiente e resultados mais compensadores para nossos pacientes.

O trabalho de muitas pessoas separa estas duas épocas, porém, sem dúvida, algumas instituições foram as grandes responsáveis por este desenvolvimento no campo da Reabilitação.

A Santa Casa de Misericórdia de São Paulo foi a pioneira em nosso meio ao instalar um Serviço de Reabilitação dentro de um hospital geral, promovendo desta forma a atenção preventiva em Reabilitação, na fase aguda de doenças potencialmente incapacitantes como aquelas produzidas pela paralisia.

A Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, além da atividade assistencial, estimula a pesquisa que busca melhorar as condições de vida dos seus pacientes. A técnica de *Estimulação Elétrica Funcional* — FES — foi introduzida no Brasil e teve a sua metodologia adequada à nossa realidade dentro da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo. Desta forma, dedicamos este trabalho a esta instituição modelar de assistência à saúde. Muito obrigado, Santa Casa de Misericórdia de São Paulo.

São Paulo, verão de 2002
Sergio Lianza

Sumário

Introdução, *XVII*

- 1. Desenvolvimento da Eletroterapia, *1***
- 2. Bases da Estimulação Neuromuscular, *7***
- 3. Critérios de Avaliação dos Pacientes, *13***
- 4. FES e Hemiplegia, *23***
- 5. Lesão Medular: Técnica FES, *39***
- 6. Paralisia Cerebral e FES, *59***
- 7. FES Aplicada no Parkinson, *77***

Bibliografia, *89*

Introdução

A estimulação elétrica funcional é uma forma de eletroterapia capaz de produzir contrações musculares com objetivos funcionais.

As contrações evocadas são obtidas a partir de pulsos elétricos de pequena duração aplicados sob frequência controlada. Estes trens de pulsos ou envelopes de pulsos elétricos diferem das formas clássicas de eletroestimulação, onde são empregados pulsos com duração da ordem de grandeza de segundos, e desta forma podem-se obter contrações musculares em condições mais biológicas, sem riscos de queimaduras e o desconforto produzido pela exposição mais longa à eletricidade (Fig. Int. 1).

O método é reconhecido internacionalmente pela sigla FES, que é a abreviatura da sua denominação na língua inglesa, *Functional Electrical Stimulation*, nomenclatura que também utilizamos neste manual.

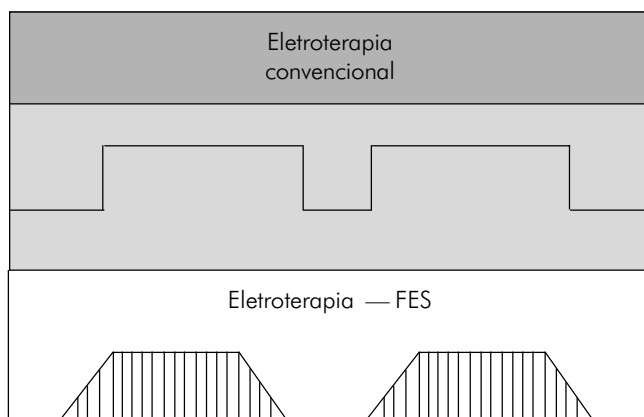


Fig. Int. 1 — A corrente utilizada na técnica FES é na forma de trens de pulsos elétricos e difere da eletroterapia convencional que usa pulsos de longa duração.

Capítulo 1

Desenvolvimento da Eletroterapia

O uso de eletricidade como recurso terapêutico em Medicina é antigo. Os romanos usavam as descargas elétricas do peixe torpedo para o tratamento da gota e o alívio de dores de cabeça. Com o passar do tempo, inúmeros outros aparelhos geradores de descargas elétricas foram produzidos visando a novas indicações médicas. Mac Neal relata que no início de nosso século a maioria dos médicos dos Estados Unidos possuía em seus consultórios pelo menos um aparelho gerador de correntes. Estes aparelhos serviam para o tratamento da litíase renal, precordialgias e até de disfunções sexuais. Os resultados destes tratamentos podem apenas ser imaginados e foram sem dúvida responsáveis pelo descrédito da eletroterapia como recurso médico.

Em 1952, Zool iniciou uma nova era na eletricidade médica ao utilizar um estimulador cardíaco extratorácico no controle de crises do tipo Stokes-Adams. Este primeiro marca-passos foi aprimorado por Furlan e Schwedel que, em 1958, já utilizavam um eletrodo intracardíaco. A partir daí novos equipamentos com o mesmo princípio foram introduzidos na cirurgia cardíaca, trazendo grandes benefícios aos pacientes.

A eletroterapia usada na modulação da dor foi introduzida a partir da “teoria da comporta”, proposta por Melzack e Wall em 1965. Este tipo de uso terapêutico, denominado estimulação elétrica transcutânea, é largamente utilizado como recurso de analgesia, em especial nas dores crônicas, o que demonstra a possibilidade de impulsos elétricos substituírem por longos períodos os impulsos nervosos inadequados ou ausentes.

Existem ainda estudos para utilização de geradores de impulsos elétricos nos deficientes auditivos e visuais, assim como nas disfunções da micção, na ataxia cerebelar e no controle dos esfíncteres vesical e anal.

O conceito de eletroneuopróteses, ou seja, a utilização de um aparelho elétrico visando suprir um déficit funcional, também não é recente. Em 1960, Kantrowitz implantou eletrodos em um paciente paraplégico e conseguiu condições de ortostatismo. Inúmeras outras tentativas em síndromes paralíticas foram descritas, em especial no controle de disfunção do pé em hemiplégicos por acidente vascular cerebral. Liberson idealizou um gerador de pulsos elétricos cujos eletrodos estimulavam o nervo fibular na altura da fossa poplíteia, promovendo a dorsiflexão do pé durante a fase da passagem, permitindo desta forma uma marcha mais eficiente. Esta idéia abriu um novo campo na medicina de reabilitação e foi denominada por Vodovnik como *Functional Electrical Stimulation* (FES), que assim a descreveu: “O objetivo da FES é promover contração em músculos privados de controle nervoso, tendo como resultado um movimento funcional.” Em 1970, Wilemon, no Hospital Rancho Los Amigos, relatou o resultado do implante de eletrodos no nervo femoral de um paciente e obteve sucesso, não só atingindo ortostatismo como também a marcha com padrão de balanceio. Na Universidade da Virginia, Cooper também usou eletrodos de implante nos nervos femoral e ciático e obteve marcha em um paciente paraplégico, nível T₁₁-T₁₂.

Apesar destes resultados, não houve uma difusão maior do uso desta técnica por problemas médicos e tecnológicos. Um dos maiores problemas

estava ligado aos eletrodos. Os eletrodos colocados sobre a superfície da pele (eletrodos de superfície), ao induzirem a contração muscular, tinham a sua função alterada pela mudança do seu posicionamento, como resultado do movimento produzido. Os eletrodos implantados eram inativados por reação de corpo estranho ou até simplesmente quebrados pelo desgaste produzido pelo uso constante.

Os trabalhos com a FES ficaram restritos a centros de pesquisa muito desenvolvidos. Em Cleveland, Marsolais realiza um trabalho não clínico, basicamente laboratorial, onde através de eletrodos intramusculares promove ortostatismo e marcha em paraplégicos. Vossius, no Centro de Biocibernética em Karlsruhe, trabalha com geradores informatizados com até 12 pares de eletrodos aplicados em paraplégicos e tetraplégicos (Figs. 1.1, 1.2 e 1.3).

Com uma metodologia baseada na prática clínica e usando equipamentos mais simples, na Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade de Edvard Kardelj e no Instituto de Reabilitação de Ljubljana, na Eslovênia, equipes inspiradas pelas idéias dos doutores Franjo Gracanin e Tadej Bajd têm obtido bons resultados na aplicação da FES na recuperação da marcha no lesionado medular, porém tem utilizado esta forma de eletroterapia em todas formas de paralisia (Figs. 1.4 e 1.5).

Os trabalhos com a FES no Brasil se iniciaram em 1986, no Centro de Reabilitação da Santa Casa de São Paulo, e tiveram suas bases na experiência da Eslovênia, que apresentava exigências de equipamentos mais simples e com objetivos terapêuticos assistenciais.

Em 1989 foi organizado pela Sociedade Brasileira de Medicina Física e Reabilitação o 1º Curso Internacional sobre FES, com a participação dos professores Bajd e Gracanin. Neste Encontro reunimos especialistas em Reabilitação de todo o Brasil e foi o marco inicial da utilização terapêutica do FES em nosso país.

Na década de 1990, apesar das dificuldades no desenvolvimento dos equipamentos eletrônicos, o



Figs. 1.1, 1.2 e 1.3 — FES — técnica de múltiplos canais geradores de trens, de pulso, com controle informatizado de sequência de emissão. Karlsruhe, Alemanha.

método FES assumiu uma grande abrangência no campo da Reabilitação, sendo utilizado no tratamento de diversas outras síndromes incapacitantes neuromusculoesqueléticas.

O objetivo desta monografia é de sintetizar os princípios da eletroterapia da técnica FES, as bases fisiológicas e a metodologia de aplicação nas incapacidades mais freqüentes.



Figs. 1.4 e 1.5 — FES — técnica simplificada, sem controle informatizado, com adaptações funcionais. Observe a adaptação tipo andador acoplada à cadeira de rodas e a sacola tipo colete para carregar o equipamento. Ljubljana, Eslovênia.

Capítulo 2

Bases da Estimulação Neuromuscular

Na medula espinhal, a ativação de células do corno anterior, a partir de estímulos aferentes ou do neurônio motor superior, gera um potencial de ação que é transmitido através do axônio do neurônio motor inferior, promovendo a liberação de mediadores químicos na junção mioneural, o que levará à contração das fibras musculares inervadas por este neurônio. Cada neurônio motor que sai da medula espinhal inerva diversas fibras musculares cujo número dependerá do tipo de músculo. O conjunto de células musculares e o neurônio responsável por sua inervação são chamados de unidade motora. Em geral, os músculos que reagem rapidamente e que são responsáveis por movimentos mais delicados apresentam um número menor de fibras musculares em cada unidade motora. Por outro lado, nos músculos posturais de ação mais lenta e que não requerem um grau muito apurado de controle, as unidades motoras têm um grande número de fibras musculares (Fig. 2.1).

As fibras musculares de uma só unidade motora usualmente se situam próximas umas das outras, porém nem sempre são adjacentes; habitualmente, as fibras musculares de diversas unidades motoras se interdigitam, fenômeno este que permite que as

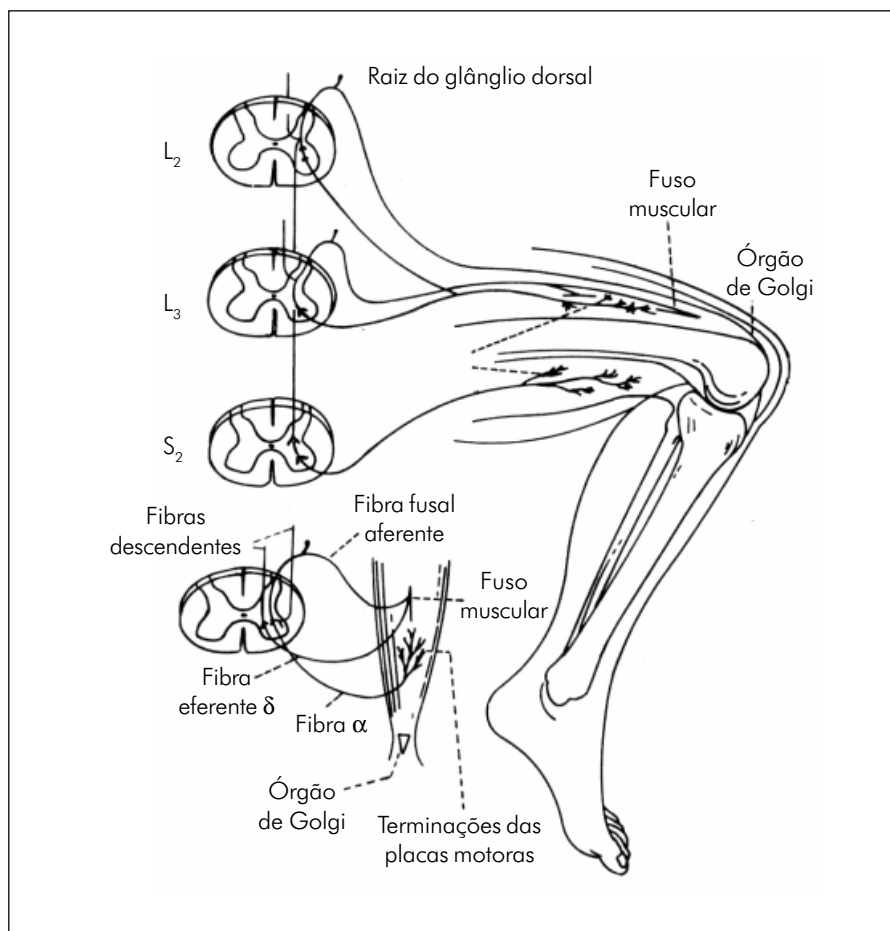


Fig. 2.1 — O ato motor.

unidades motoras separadas produzam uma contração mais harmoniosa, já que não são ativadas obrigatoriamente de forma simultânea. A ação muscular é resultante da ativação das unidades motoras, o que caracteriza o fenômeno de recrutamento. Quanto mais sincrônico for o recrutamento, maior será a força de contração do músculo; porém, um movimento pode ser obtido de maneira útil com uma ativação assíncrona, o que permite uma maior resistência ao esforço graças à alternância de ação das unidades motoras. O recrutamento, sincrônico ou assíncrono, pode ser modificado por treinamentos específicos.

A ativação muscular pode ser produzida artificialmente pela estimulação elétrica dos nervos motores e pela ativação reflexa obtida pela estimulação de nervos sensitivos, ou mesmo pela ativação direta dos músculos. Quando a estimulação pela técnica FES é feita através de eletrodos de superfície, poderiam estar sendo estimuladas simultaneamente as estruturas nervosas e musculares, porém as células nervosas se despolarizam a partir de uma menor intensidade de corrente e por este motivo os eletrodos de superfície ativam as células nervosas, sendo estas que produzem a ação muscular. Quando o músculo é desnervado, são necessários pulsos elétricos com maior amplitude de corrente e maior tempo de exposição (Fig. 2.2).

A técnica FES tem como base a produção de contração através de estimulação elétrica, que despolariza o nervo motor, produzindo uma resposta sincrônica em todas as unidades motoras do músculo. Este sincronismo promove uma contração eficiente, mas é necessário treinamento específico, a fim de se evitar a fadiga precoce que impediria a utilização funcional do método com objetivos reabilitacionais.

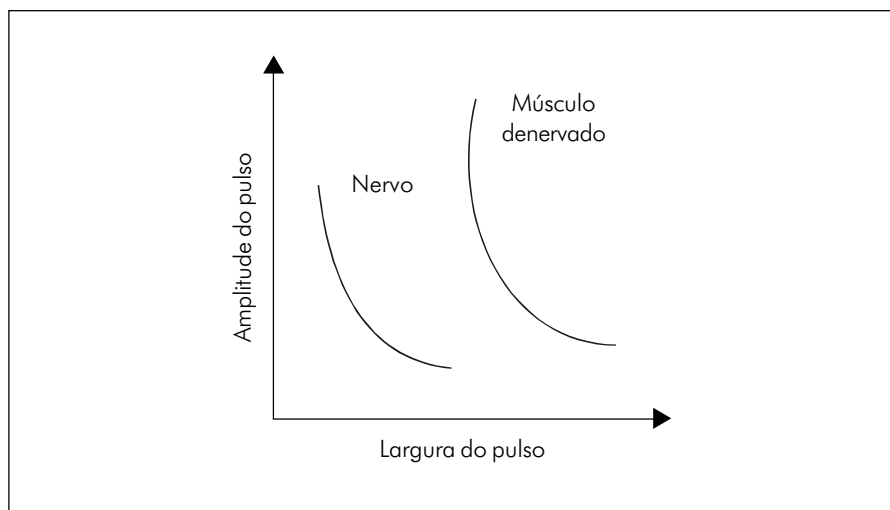


Fig. 2.2 — Ilustração esquemática das curvas força-duração para músculo innervado e desprovido de inervação. Músculos desnervados requerem pulsos elétricos com tempos de estímulo de ordem 100 vezes maior que os músculos innervados.

Não é possível a obtenção de um movimento funcional de um membro paralisado por um simples pulso elétrico, sendo necessária uma série de estímulos, com uma certa duração, seguida por outros estímulos com uma apropriada frequência de repetição que recebe o nome de trem de pulsos (Fig. 2.3).

Um período entre dois trens de pulsos — período de repouso — deve ser observado a fim de se evitar a fadiga na fase de condicionamento muscular ou para permitir o controle das contrações musculares e se obter movimentos úteis à locomoção.

A forma do trem de pulsos pode ser retangular, porém fases de ascensão e descida mais inclinadas possibilitam uma contração muscular com características mais biológicas. Contudo, se o tempo de subida do pulso (fase de ascensão ou ataque) for muito lento, a fibra nervosa sofre um processo de acomodação de membrana e pode não responder, apesar da intensidade de corrente satisfatória. No programa de recuperação funcional, além da forma do trem de pulsos, as características individuais de cada pulso devem ser determinadas, a fim de se obter efeito terapêutico.

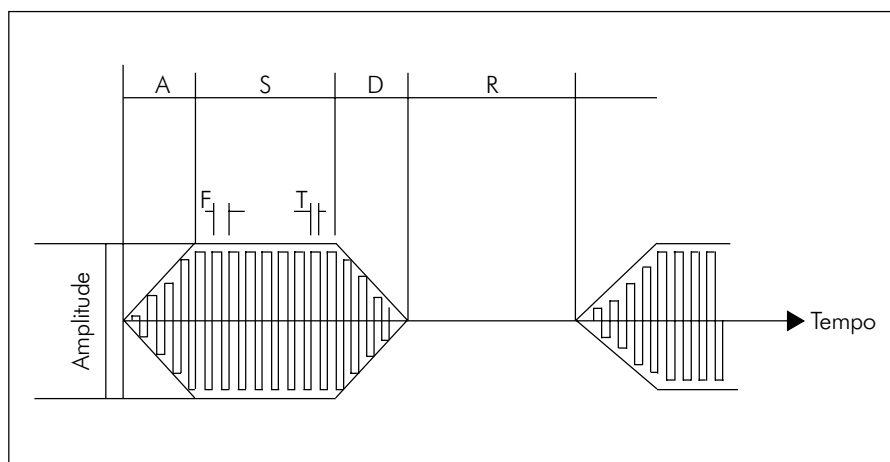


Fig. 2.3 — Característica do trem de pulsos usado na técnica FES. *F* = frequência dos pulsos; *T* = duração individual de cada pulso; *S* = sustentação ou duração do tempo de pulsos; *R* = intervalo entre os trens de pulso; *A* e *D* = tempo de ascensão e descida no forma do trem de pulso.

Dentro de certos limites, o aumento da intensidade de corrente corresponde a uma contração muscular mais efetiva, por promover estimulação de fibras nervosas, com limiar de excitação mais alto ou mais distante da estimulação dos eletrodos; porém, a partir de certos valores, variáveis de músculo para músculo, teremos uma resposta constante, independentemente do aumento de intensidade. Os eletrodos implantados, em relação aos de superfície, permitem a utilização de amplitude de estímulo muito menor.

Outro aspecto a ser analisado é quanto à frequência da repetição dos pulsos elétricos, que é medida pelo número de repetições por segundo e expressa em Hertz (Hz). Um único pulso provoca uma abalo muscular de breve duração. Se aumentarmos a frequência deste pulso iremos observar, inicialmente, períodos de repouso entre abalos musculares de mesma intensidade. Acima de 10Hz, ou seja, 10 pulsos por segundo, o músculo não irá apresentar períodos nítidos de repouso e se apresentará em estado de contração; se prosseguirmos aumentando a frequência, irá se observar o quadro de contração contínua que caracteriza a tetania. Frequências de pulso elevadas acarretam fadiga muscular, e frequências muito baixas não permitem que a contração muscular produza trabalho funcional eficiente. As frequências de pulso mais utilizadas na técnica FES se situam na faixa de 10 a 50Hz.

Músculos desenergizados não são ativados por pulsos com duração menor que 0,1ms, não importando a intensidade da corrente aplicada. Em situação onde o neurônio motor inferior está íntegro, a unidade motora poderá ser ativada com intensidades menores, conforme é aumentada a duração do pulso. Pulsos de estímulo elétrico com duração acima de 0,5ms produzem uma sensação desagradável e isto deve ser levado em consideração quando o intuito terapêutico é dirigido a pacientes providos de sensibilidade. As indicações terapêuticas mais frequentes na técnica FES são de pulsos com duração entre 0,2 e 0,5ms.

CONCEITOS IMPORTANTES

- A técnica FES é útil no tratamento de músculos inervados.
- A eletroterapia FES evoca a contração muscular através da despolarização do nervo motor.
- A duração do pulso utilizado na técnica FES é de 0,2 a 0,5ms, aplicado na frequência de 10 a 50Hz.

Capítulo 3

Crítérios de Avaliação dos Pacientes

CAPACIDADE DE RESPOSTA À CORRENTE FES

Os pulsos elétricos utilizados na técnica FES são da ordem de décimos de milissegundos. Pulsos com esta ordem de grandeza, com qualquer intensidade de corrente, apenas conseguem produzir contração muscular através do estímulo do nervo periférico. Doenças que acometem o neurônio motor inferior não são elegíveis à técnica FES. As moléstias que acometem a placa motora, interferindo na passagem do impulso nervoso para o músculo, também não podem ser tratadas por esta metodologia.

As miopatias que se caracterizam pela perda da capacidade de contração muscular também não têm indicação de tratamento pelas correntes FES.

As lesões cerebrais e medulares altas têm capacidade de resposta pelos estímulos FES.

Na prática assistencial, nem sempre estas regras podem ser aplicadas rigidamente, pois os quadros clínicos dos pacientes podem ter variáveis que devem ser levadas em consideração, como nos exemplos de casos;

- paciente com hemiplegia pós-acidente vascular cerebral pode não ter indicação da técnica FES por ter uma polineurite periférica por diabetes associada;

- um caso de lesão medular por esclerose múltipla pode apresentar importante déficit motor com intenso descondicionamento muscular e ter a sensibilidade conservada. Esta associação de dados pode impedir a aplicação da técnica FES pelo desconforto do estímulo elétrico necessário a ser aplicado para produzir uma contração efetiva;

- uma lesão nervosa periférica do tipo incompleta ou um caso de poliomielite, onde frequentemente encontramos músculos com déficits parciais de inervação, podem ter o trofismo muscular melhorado pela condução dos estímulos pelos neurônios motores inferiores intactos. Mesmo nas fases iniciais das distrofias musculares, com pouco comprometimento muscular, podemos incluir no programa terapêutico a técnica FES.

Estas considerações são feitas para nos lembrar que não tratamos doenças e sim doentes, e devemos levar em consideração toda a série de variações que envolvem cada caso em particular e não nos ater a regras fixas e a conceitos imutáveis.

Visando individualizar a capacidade de resposta do paciente, fazemos rotineiramente um teste onde aplicamos a corrente FES e caracterizamos a resposta motora obtida. Neste teste usamos um aparelho gerador de pulsos de correntes retangulares com apenas um canal (Fig. 3.1), e estimulamos os músculos que serão objeto do programa de recondicionamento com o FES, com os seguintes parâmetros:

- amplitude 40 a 80 volts;
- tempo de trem de pulsos: 10 segundos;
- intervalo de repouso: 10 segundos;
- duração do pulso: 0,1 a 0,5 milissegundos;
- frequência dos pulsos: 10 a 40 Hertz.

A contração muscular obtida a partir do estímulo elétrico funcional fornecido é graduada em uma escala de + a + + + +, cujo significado clínico é:

+: obtenção de contração muscular, sem movimento articular;

++: obtenção de contração muscular, com esboço de movimento articular;

+++: obtenção de contração muscular, com movimento articular amplo porém incompleto;

++++: obtenção de contração muscular, com movimento articular completo.

Este teste é iniciado geralmente com pulsos com 0,3ms na frequência de 30Hz, que são os padrões mais utilizados na eletroterapia por corrente do tipo FES e, conforme a resposta, podem ser modificados.

Músculos muito descondicionados, em casos de seqüelas tardias, respondem melhor com pulsos ao redor de 10Hz e com duração maior que 0,4ms.

Pacientes com sensibilidade conservada e com baixo limiar de dor podem receber a estimulação com maior conforto se forem empregados pulsos com duração ao redor de 0,1 a 0,2ms e com frequência de aplicação maior que 30Hz.

As frequências elevadas são menos nociceptivas, porém induzem a uma fadiga muscular precoce, que é traduzida pela diminuição da graduação da contração muscular com o mesmo nível de intensidade da corrente.



Fig. 3.1 — Aparelho gerador de correntes usado na avaliação da capacidade muscular de resposta matara à eletroterapia FES.

Com este teste classificamos os pacientes que respondem ou não à técnica FES e, nos casos de resposta positiva, podemos inclusive selecionar o trem de pulsos ideal para o programa de condicionamento muscular. Trem de pulsos ideal é aquela formulação que permite a melhor graduação da contração muscular com a menor intensidade de corrente, sem apresentar manifestações de desconforto ou fadiga.

Esta seleção pode ser mais objetiva se os dados são colocados em uma tabela, conforme a Fig. 3.2.

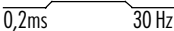
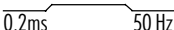
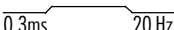
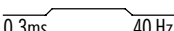
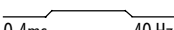
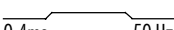
Folha de Avaliação da Resposta Muscular em Relação à Variação de Frequência e Duração do Pulso Elétrico					
Paciente: Diagnóstico: Paraplegia traumática nível T ₁₀					
Data	Grupo Muscular	Forma da Onda	Resposta	Tempo	Observação
02/01/02	Quadríceps direito		+++	6'	120V
03/01/02	Quadríceps direito		+++	7'	100V
04/01/02	Quadríceps direito		+++	9'	100V
05/01/02	Quadríceps direito		++	5'	140V
06/01/02	Quadríceps direito		+++	9'	90V
08/01/02	Quadríceps direito		++++	10'	80V
09/01/02	Quadríceps direito		++++	9'	80V
10/01/02	Quadríceps direito		+++	9'	100V
11/01/02	Quadríceps direito		+++	9'	100V
12/01/02	Quadríceps direito		+++	7'	90V
15/01/02	Quadríceps direito		+++	7'	100V
16/01/90	Quadríceps direito		++	5'	140V
17/01/02	Quadríceps direito		+++	6'	100V

Fig. 3.2 — Nesta folha de avaliação podemos perceber que o trem de pulso ideal é o que utilizou pulsos com 0,3ms de duração, com frequência de 30Hz.

**CAPACIDADE
FUNCIONAL PARA
LOCOMOÇÃO**

Os pacientes portadores de doenças que acarretam paralisia podem ter o seu nível funcional para a locomoção avaliado objetivamente através da utilização de um critério de graduação que atribui pontos de 0 a 10, conforme demonstrado na Fig. 3.3.

Esta avaliação funcional objetiva deve ser empregada durante a fase de aquisição da independência à marcha. Quando o paciente atinge o grau 10, que significa independência à marcha sem o uso de órteses convencionais ou do tipo FES — o que é muito freqüente nos pacientes hemiplégicos após AVC e em alguns tipos de paralisia cerebral —, é necessária uma graduação mais sensível para caracterizar o nível funcional de locomoção.

Um dos métodos é a quantificação do consumo de oxigênio durante a deambulação, que pode naturalmente ser medido diretamente; porém, a medida indireta através da contagem da freqüência cardíaca é um recurso com potencial maior de utilização.

O padrão da locomoção, a velocidade do deslocamento, o grau de independência em atividades comunitárias ou protegidas, a capacidade de superar terreno irregular ou escadas ou outra forma qualquer de avaliação do rendimento da locomoção

<i>Grau</i>	<i>Capacidade</i>
0	Restrito ao leito
1	Locomove-se na cadeira de rodas com auxílio de outrem
2	Auto-suficiente na locomoção em cadeira de rodas, mas dependente nas transferências
3	Auto-suficiente na locomoção em cadeira de rodas e independente em transferências
4	Ortostatismo com órteses convencionais
5	Ortostatismo com FES
6	Deambula com órteses convencionais e apoio de andador
7	Deambula com FES e com apoio de andador
8	Deambula com órteses convencionais e o apoio de muletas ou bengalas
9	Deambula com FES e o apoio de muletas ou bengalas
10	Deambula sem uso de órteses ou FES

Fig. 3.3 — Graduação quanto à capacidade de locomoção.

devem ser incluídos no protocolo de avaliação e evolução terapêutica na reeducação da habilitação de deambulação.

CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA PREENSÃO

A capacidade de realizar preensão é a função mais importante do membro superior.

A preensão é um ato motor complexo que depende do trabalho mecânico de diversas articulações e grupos musculares. A força a ser empregada e o posicionamento espacial são secundários às informações recebidas através da sensibilidade extero e proprioceptiva.

Quando se pretende, através de uma técnica reabilitativa, restaurar a capacidade de preensão, todos os quesitos articulares, musculares e sensitivos devem ser previamente analisados.

Mãos desprovidas de sensibilidade não possibilitam recuperação funcional da preensão.

A falta de estabilização do ombro ou deformidades em flexão do cotovelo, mesmo na presença de movimentos dos dedos, impede a utilização da mão com fins de preensão.

A capacidade de controlar a região cervical e o tronco é fundamental para o acompanhamento visual do movimento de mão.

As funções superiores de percepção, concentração, memória e esquema corporal podem estar afetadas nas paralisias de origem cerebral e devem ser avaliadas previamente, pois podem se constituir no fator limitante do processo de recuperação da preensão.

A capacidade funcional de executar a preensão é classificada em quatro graus:

- 0 — ausência de preensão;
- 1 — preensão grosseira;
- 2 — preensão de pequenos objetos;
- 3 — preensão normal.

GRADUAÇÃO DE ESPASTICIDADE

A espasticidade é uma manifestação clínica de fácil reconhecimento, porém de difícil quantificação.

A classificação do tipo espasticidade leve, moderada e grave é extremamente subjetiva e pode dar diferentes interpretações para diferentes examinadores. Por outro lado, a maioria dos recursos quantitativos que se utilizam de meios de avaliação sofisticada não tem condição de reprodução em condições clínicas pelo seu grau de complexidade. Uma exceção é o teste do pêndulo, desenvolvido por Bajd, que é simples e pode caracterizar bem a espasticidade externa dos membros inferiores.

No teste do pêndulo, o paciente permanece sentado na borda da cama e o examinador mantém o membro inferior em extensão.

Ao retirar o apoio, o examinador conta o número de oscilações que o membro realiza até permanecer imóvel novamente. Quanto maior a espasticidade, menor é o número de oscilações, podendo inclusive — em graus extremos de espasticidade — o membro permanecer em posição de extensão total, ou seja, permanecer estático.

O teste do pêndulo, apesar de poder ser utilizado como recurso clínico auxiliar, se restringe à avaliação do padrão de espasticidade extensora do membro inferior e particularmente seu efeito sobre o joelho. Não tem condições de avaliar a espasticidade adutora das coxas ou extensora dos pés. Nos membros superiores, é também impossível a sua utilização.

Como a técnica FES tem objetivos funcionais, lançamos mão de uma graduação baseada no efeito da espasticidade sobre a função a ser realizada e, desta forma, graduamos em quatro níveis:

Escala Santa Casa

Grau 0: ausência da espasticidade.

Grau 1: o aumento do tônus é percebido ao exame, porém não interfere na função.

Grau 2: a espasticidade percebida ao exame interfere com a função.

Grau 3: a espasticidade impede o desempenho da função.

CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DAS ARTICULAÇÕES

Nas paralisias são frequentes as alterações da amplitude articular pela manutenção do posicionamento incorreto ou devido ao desequilíbrio produzido pela espasticidade. Estas alterações da amplitude articular podem evoluir para deformidades que serão fatores de impedimento na utilização da técnica FES. Desta forma, o exame articular criterioso deve preceder todo programa reabilitacional que inclua recursos da técnica FES.

As articulações são avaliadas através da movimentação passiva e quantificadas pela goniometria manual.

No membro superior, nos casos de paralisia, são frequentes no ombro as limitações na abdução de rotação externa. No cotovelo, a flexão associada à pronação é uma atitude freqüente que, se não devidamente tratada, leva à estruturação de deformidades. O punho e os dedos tendem a posicionar-se em flexão (Figs. 3.4 e 3.5).

Os quadris são avaliados através da manobra de Thomas, que consiste no exame do paciente em decúbito dorsal e com a coluna lombar retificada



Figs. 3.4 e 3.5 — Paciente hemiplégico pós-acidente vascular cerebral apresenta deformidade em flexão e adução do cotovelo associada à flexão do punho e dedos.

através da flexão dos quadris. Na existência da deformidade em flexão, ao estender-se um dos quadris, o contralateral não consegue atingir a mesa com a face posterior da coxa. O ângulo formado entre a coxa e a mesa quantifica o grau da deformidade (Fig. 3.6).

A redução da amplitude da extensão do joelho é a complicação freqüente nas paralisias. A deformidade em flexão pode ser quantificada pelo ângulo poplíteo (Fig. 3.7).

O eqüinismo do pé é a mais freqüente deformidade encontrada nos casos de paralisia e pode estar associado a deformidades em flexão do hálux e demais artelhos (Fig. 3.8).

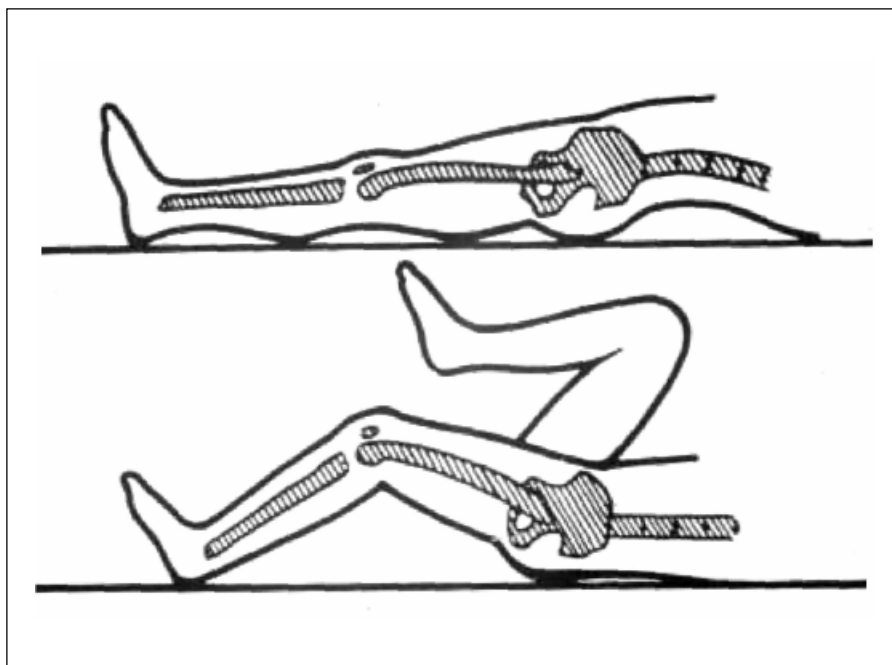


Fig. 3.6 — Manobra de Thomas.



Fig. 3.7 — Avaliação do ângulo poplíteo, formado pela interseção do eixo da coxa com o da perna.



Fig. 3.8 — Padrão postural do hemiplégico, secundário à paralisia espástica.

Capítulo 4

FES e Hemiplegia

A hemiplegia pós-acidente vascular cerebral é uma das formas mais freqüentes de incapacidade e é aquela que a técnica FES tem maior eficiência terapêutica. Em relação aos aspectos motores, a paralisia espástica, a perda da seletividade do movimento, as retrações músculo-ligamentares e as deformidades são problemas que podem ser mais bem tratados com a inclusão de técnica FES no arsenal de recursos terapêuticos utilizados no processo reabilitativo (Fig. 4.1).

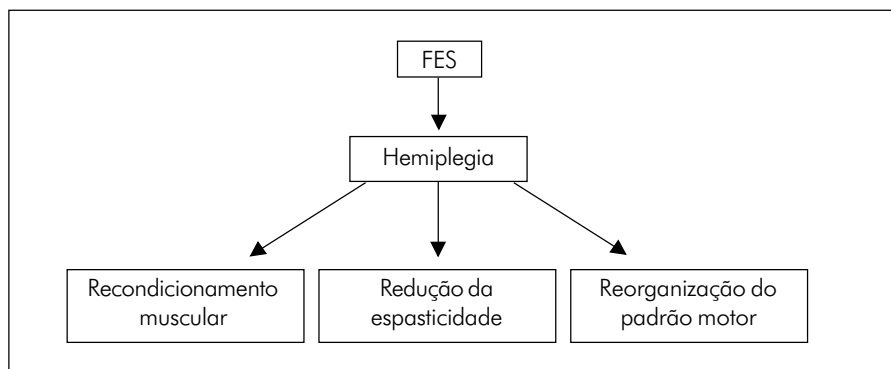


Fig. 4.1 — Objetivos da técnica FES em pacientes portadores de hemiplegia.

A utilização de estímulos seletivos de modo repetitivo sobre grupos musculares paréticos, além da ação local melhorando o trofismo muscular, produz, por um mecanismo de ação inibitória recíproca, a diminuição do tônus do grupo muscular antagonista. Associado ainda temos, através de um processo de *biofeedback*, o estímulo à reorganização do ato motor no sistema nervoso central e o progressivo retorno da atividade motora voluntária seletiva, com conseqüente recuperação funcional (Fig. 4.2).

A estimulação dos grupos extensores de punho e dedos em um paciente hemiplégico reduz a espasticidade dos antagonistas flexores e, através da produção de movimentos extensores evocados repetitivos, consegue-se a manutenção do ganho funcional, mesmo depois de cessada a aplicação do estímulo. Este fenômeno recebe o nome de “efeito transporte” e é a base da aplicação da técnica FES, não apenas em hemiparéticos por AVC, mas em toda lesão parálitica incompleta do neurônio motor superior, onde o fenômeno espasticidade inibe o desenvolvimento da capacidade de controle motor voluntário e ganho funcional.

METODOLOGIA

A técnica FES nunca é recurso terapêutico único no tratamento da hemiplegia pós-AVC; todas as outras formas de cuidados convencionalmente utilizados não devem ser negligenciadas.

De forma didática, a aplicação pode ser classificada de dois modos:

- recurso de condicionamento do ato motor;
- recurso ortésico.

FES e Recondicionamento do Ato Motor

No membro superior, os grupos musculares mais freqüentemente estimulados com objetivo de recondicionamento funcional são:

- deltóide;
- tríceps;
- extensores de punho e dedos.

O deltóide é estimulado na fase inicial da hemiplegia visando à prevenção do ombro doloroso, secundário à subluxação paralítica da articulação gleno-umeral. A colocação adequada dos eletrodos mantém o encaixe ativo da cabeça do úmero.

A técnica é mais eficiente com o paciente na posição sentada, mas se as condições gerais não permitirem esta postura também pode ser aplicada em decúbito dorsal. O ombro é mantido em 60° de abdução e em posição neutra quanto às rotações, sendo os eletrodos colocados em série. O terapeuta, então, seleciona os pontos onde a resposta do músculo deltóide é a mais eficiente (Figs. 4.2 e 4.3).

A estimulação do tríceps pode ser realizada isoladamente ou em conjunto com os extensores do punho e dedos (Fig. 4.4).

O estímulo isolado do tríceps é realizado quando o objetivo é controlar a espasticidade flexora do cotovelo e a conseqüente instalação de uma deformidade com este padrão.

O trabalho simultâneo de extensão do cotovelo e dos extensores de punho e dedos é realizado com objetivos funcionais e necessita, como pré-requisito, do controle motor voluntário, pelo menos parcial, do ombro. Nesta situação, o terapeuta propõe a execução de atividades de preensão grosseira e, através de posicionamentos facilitatórios, permite que o cotovelo do paciente posicione a mão de forma adequada.

Os eletrodos no tríceps, em qualquer das situações descritas, são posicionados no terço superior com terço médio e no terço médio com terço inferior.

Os extensores de punho e dedos são sempre estimulados em conjunto, pois estes movimentos obtidos de forma sinérgica é que permitem melhor adequação funcional da mão. Os eletrodos são posicionados em série sobre a massa deste grupo muscular (Fig. 4.5).

Em qualquer dos grupos musculares, é indispensável que previamente à eletroestimulação sejam realizadas manobras de alongamento e relaxamento. O paciente é parte ativa da execução do ato motor; desta forma, ao receber o estímulo, deve



Figs. 4.2 e 4.3 — O deltóide não deve ser estimulado com o membro pendente (Fig. 4.2), devendo ser posicionado pelo terapeuta de modo a permitir uma contração mais eficiente (Fig. 4.3).



Fig. 4.4 — Posicionamento dos eletrodos no tríceps braquial.

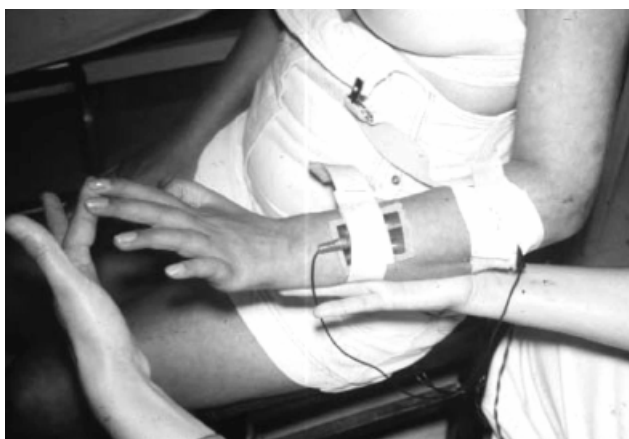


Fig. 4.5 — Posicionamento dos eletrodos visando estimular os extensores de punho e dedos. O terapeuta orienta o movimento e evita compensações.

tentar realizar o movimento. Cabe ao terapeuta orientar o posicionamento e evitar movimentos compensatórios e complementar, se necessário, o movimento iniciado pelo paciente (Figs. 4.6 a 4.10).

A avaliação prévia de alterações sensoriais, sensitivas, da atenção, da concentração, do comportamento, da memória e da percepção é fundamental, pois o processo de recondicionamento da atividade motora sempre exige a participação ativa do paciente (Fig. 4.11).



Figs. 4.6, 4.7 e 4.8 — Treino de preensão grosseira. Paciente apresenta movimentos ativos de flexão e déficit importante dos extensores. A técnica FES busca, através de repetição, reorganizar o diagrama motor cerebral e manter as condições músculo-ligamentares.



Figs. 4.9 e 4.10 — Na terapia ocupacional, a técnica FES é um procedimento de estímulo funcional de grande valia.

O recondicionamento no membro inferior, mais freqüentemente, é dirigido a dois grupos musculares:

- quadríceps;
- dorsiflexores.

Assunto controverso é a estimulação do quadríceps, pois, segundo alguns, esta seria uma forma



Fig. 4.11 — Quando se usa a técnica FES, não se deve esquecer todos os demais recursos reabilitativos. O splint de posicionamento permite a utilização funcional da mão parética.

de aumentar o padrão de espasticidade em extensão. Acreditamos que a estimulação do quadríceps na fase inicial da instalação de hemiplegia permite reduzir o componente parético da lesão e, se porventura for um fator de estímulo, a espasticidade extensora ainda assim será benéfica ao paciente, pois este poderá se utilizar da espasticidade com objetivos funcionais e ganhar por este mecanismo a capacidade do ortostatismo e deambulação. Posteriormente, através de medidas terapêuticas diversas, que fogem do objetivo deste manual, a espasticidade poderá ser controlada.

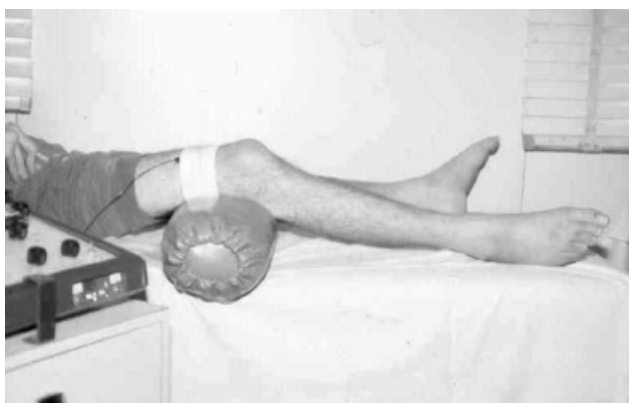
Os eletrodos são aplicados na fase anterior da coxa, inicialmente com o paciente em decúbito dorsal; porém, conforme a resposta se torna mais eficiente, pode ser feita a extensão do joelho a partir da postura sentada, inclusive contra resistências fixadas na articulação do tornozelo (Figs. 4.12 e 4.13).

Os dorsiflexores do pé podem ser recondicionados através de dois mecanismos:

- contração evocada rítmica;
- contração evocada por disparador.

A técnica de produção de contrações evocadas dos dorsiflexores de forma rítmica é utilizada nas fases iniciais do tratamento, quando o paciente não tem condições de assumir a posição ortostática e tem como objetivo a manutenção da representação corporal do segmento paralisado e a prevenção da deformidade em eqüino.

O paciente é colocado em decúbito dorsal com discreta flexão do joelho e os eletrodos são aplicados na projeção do nervo ciático poplíteo externo. São realizadas duas sessões diárias com duração mínima de 15 minutos cada (Fig. 4.14).



Figs. 4.12 e 4.13 — Recondicionamento muscular do quadríceps. Posicionamento dos eletrodos.



Fig. 4.14 — Posicionamento dos eletrodos para estimular os dorsiflexores dos pés.

O treino de marcha, com contrações dos dorsiflexores evocados com auxílio de um disparador, pode ser iniciado quando o paciente apresenta condição satisfatória de equilíbrio do tronco e a capacidade de realizar movimentos de dissociação entre as cinturas pélvica e escapular.

Um dos eletrodos é colocado no 1/3 proximal da perna e no cavo poplíteo. O disparador — um dispositivo semelhante ao utilizado nos jogos de videogame — permanece na mão do terapeuta que vai acioná-lo no momento em que o paciente inicia a fase da passagem. O estímulo elétrico produz a dorsiflexão e permite a diminuição do padrão ceifante da marcha do hemiplégico. Quando inicia a fase de apoio, o terapeuta desliga a fonte produtora do estímulo após o calcanhar atingir o solo (Figs. 4.15 a 4.18).

Este trabalho de normalização do padrão de marcha é feito de maneira repetitiva e pouco a pouco observa-se o efeito “transporte”, ou seja, o paciente começa a apresentar a capacidade de controlar os dorsiflexores dos pés, mesmo após cessar a aplicação dos estímulos terapêuticos.



Figs. 4.15, 4.16, 4.17 e 4.18 — FES — treino de marcha com o técnico do disparador, visando reduzir o padrão ceifante pelo controle dos dorsiflexores.

FES como Recurso Ortésico em Hemiplegia

A utilização da técnica FES como órtese funcional em pacientes hemiplégicos freqüentemente é restrita ao controle da articulação do tornozelo.

Nestes pacientes, a tendência é apresentar durante a marcha um padrão ceifante, pois o paciente é obrigado a realizar uma abdução exagerada do membro durante a fase de passagem da marcha pelo eqüinovaro do pé.

Um pequeno aparelho gerador de correntes é fixado na cintura do paciente e os eletrodos são aplicados na projeção do nervo ciático poplíteo externo. Os estímulos são gerados de forma contínua, sendo interrompidos por uma chave acoplada a uma palmilha colocada no calçado do paciente (Figs. 4.19 e 4.20).

Esta órtese funcional produz o controle da dorsiflexão do pé. Quando o pé está apoiado ao solo, permanece desligada, por ação da chave da palmilha, permanecendo ativa durante toda a fase de passagem da marcha, sendo desligada novamente assim que o calcanhar atinge o solo (Fig. 4.21).

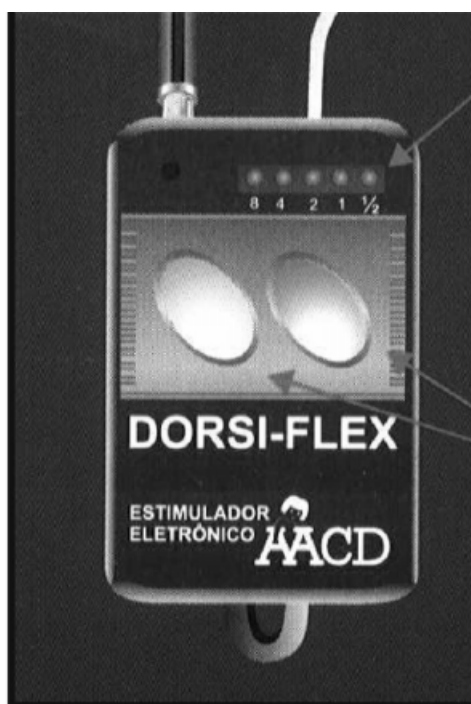
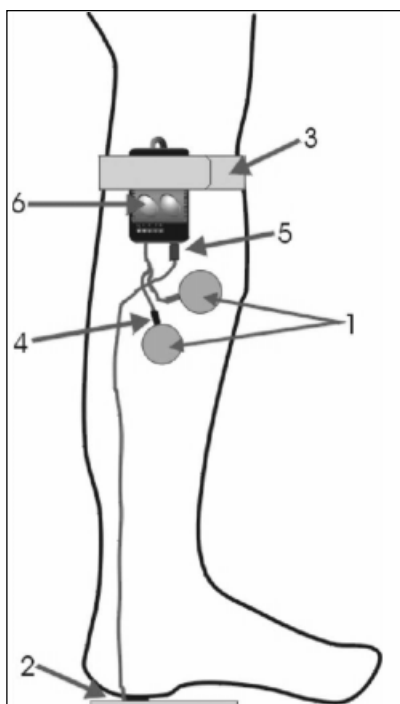
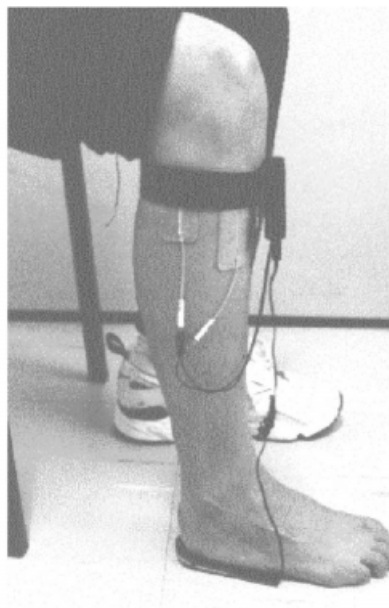
Esta órtese pode substituir com vantagens as órteses convencionais de posicionamento de tornozelo.

A sua utilização exige que o paciente tenha capacidade de orientação espacial, esquema corporal, atenção e concentração adequadas e é contraindicada em pacientes com deformidades estruturais do tornozelo e pé.

As diversas propostas de órteses elétricas funcionais em membros superiores não apresentam soluções eficientes para os pacientes hemiplégicos e são utilizadas apenas como recurso terapêutico complementar, não sendo incorporadas às atividades da vida diária (Fig. 4.22).

Formulação dos Trens de Pulsos

A formulação dos trens de pulsos deve levar em consideração que os pacientes hemiplégicos geralmente apresentam capacidade sensitiva presente e, desta forma, os pulsos devem ter duração menor que 0,3ms para não produzir desconforto.



Figs. 4.19 e 4.20 — FES — órtese para controle da dorsiflexão do pé. Observar a chave no apoio do calcanhar na palmilha.

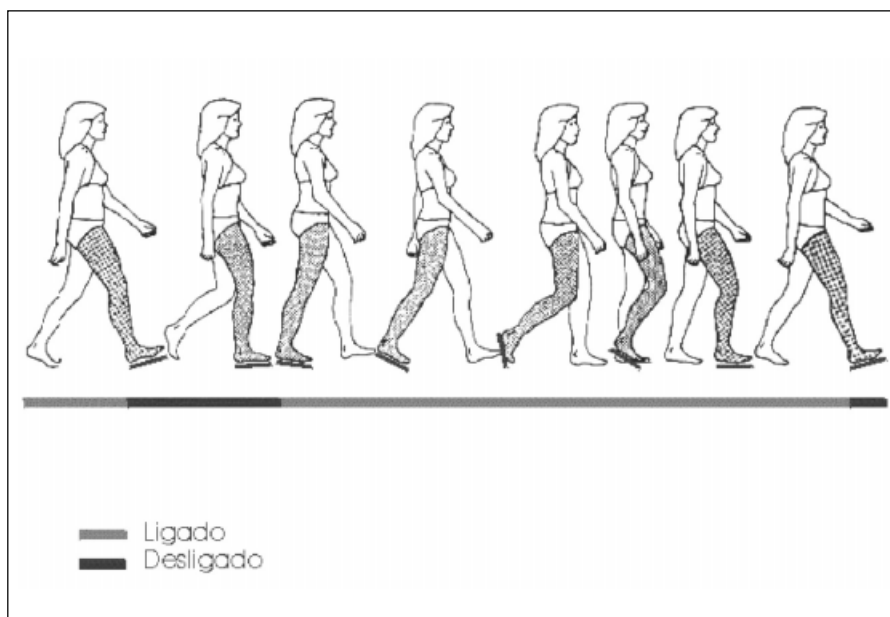


Fig. 4.21 — Processo de reeducação da marcha com órtese elétrica FES.

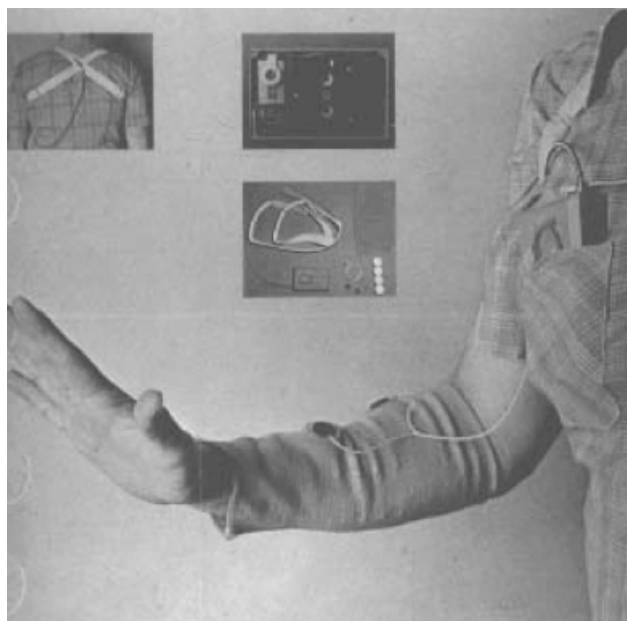


Fig. 4.22 — FES — órtese para extensão do punho e dedos. A correia é alongada pelo movimento dos ombros e dispara trens de impulsos elétricos, que produzem o movimento inicial da preensão.

A fadiga deve ser controlada por trens de pulsos não muito longos e com baixa frequência de pulso.

Na fase inicial, é aconselhável que a frequência seja prescrita ao redor de 20Hz e a emissão dos trens de pulsos tenha a duração de cinco segundos com intervalos de igual duração.

O controle da espasticidade pode ser mais adequado se a formulação do trem de pulso for em crescente, ou seja, um tempo de subida não inferior a dois segundos. Trens de pulso com configuração retangular (subida e descida elétrica abrupta) podem se constituir em fato irritativo e aumentar, por consequência, a hipertonia espástica, o que acarretaria dificuldades funcionais (Fig. 4.23).

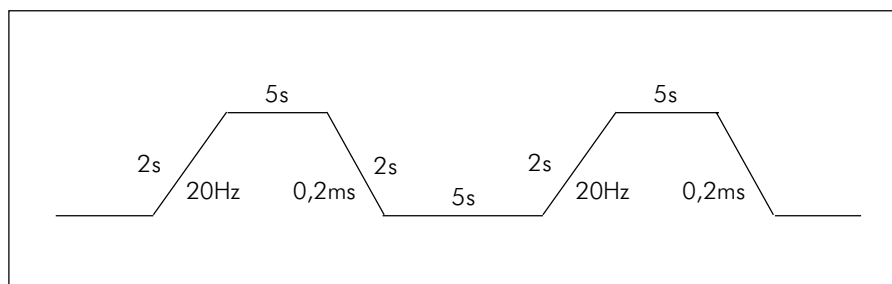


Fig. 4.23 — Formulação do trem de pulso ideal para pacientes hemiplégicos.

Capítulo 5

Lesão Medular: Técnica FES

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS PACIENTES

Os pacientes com lesão medular de qualquer etiologia, para serem elegíveis à aplicação da técnica FES, não podem ter acometimento do neurônio motor inferior. Habitualmente, as lesões acima do nível T-12 têm esta característica, o que permite o estímulo elétrico aplicado ao nível do nervo periférico produzir contração muscular com finalidades funcionais. Pacientes com lesões abaixo deste nível, porém do tipo incompleto, podem ser incluídos no programa se a resposta motora evocada a partir do gerador de correntes for satisfatória.

Os pacientes devem estar em boas condições clínicas gerais e psicologicamente estáveis, sem expectativas irrealistas em relação ao método.

Calcificações articulares bloqueando as articulações dos quadris e/ou joelhos são fatores de exclusão para utilização da técnica (Fig. 5.1).

As deformidades em flexão-adução dos quadris ou equinismo dos pés, freqüentes nos pacientes com lesão medular, desde que moderadas, não são fatores de inelegibilidade (Figs. 5.2 e 5.3), assim como escaras em tratamento que não estejam comprometendo o estado geral do paciente ou situadas em zonas de apoio na posição ortostática (Fig. 5.4).



Fig. 5.1 — Ossificação heterotópica dos quadris, fator de exclusão para locomoção pela técnica FES.

A obesidade é um fator que dificulta sobremaneira a aplicação de técnica.

Em nosso meio, infelizmente, um fator frequente de exclusão do programa é a condição social precária, que impede a frequência do paciente ao centro de tratamento.

FASES DO TRATAMENTO

O programa de recuperação motora em pacientes com lesão medular é dividido em quatro fases:

- condicionamento muscular;
- transferência da posição sentada para a de pé;
- treinamento da posição ortostática;
- treinamento da deambulação.

Recondicionamento Muscular

Em virtude de os músculos paralisados na lesão medular apresentarem um processo de atrofia, mesmo em pacientes espásticos, o processo de recuperação funcional inicia-se por uma fase de recondicionamento muscular.

Em nosso programa, o músculo quadríceps é sempre estimulado. Este treinamento visa ao



Figs. 5.2 e 5.3 — Deformidades graves, em eqüino dos pés e flexão dos joelhos, fator de exclusão para locomoção pela técnica FES.



Fig. 5.4 — Úlcera de pressão da região trocantérica, com exposição de cabeça femoral, fator de exclusão para locomoção pela técnica FES, por comprometer o estado geral do paciente.

recondicionamento para a função de estabilizador do joelho na posição de extensão (Fig. 5.1).

Em alguns casos são utilizados eletrodos aplicados sobre o nervo fibular, proporcionando a contração do grupo muscular responsável pelos movimentos de flexão e eversão do pé (tibial anterior, extensor comum dos dedos, peroneiros curto e longo, extensor do hálux), que neste trabalho optamos por denominar de dorsiflexores do pé. O estímulo dos dorsiflexores do pé é indicado nos casos em que se objetiva reduzir o posicionamento em extensão do tornozelo, secundário à retração do músculo tríceps. Os músculos glúteos máximos também são estimulados, visando reduzir o posicionamento em flexão do quadril. A redução da extensão dos tornozelos e da flexão dos quadris tem como objetivo permitir um alinhamento mais adequado à fase do ortostatismo.

Todas as sessões diárias, com 20 minutos de duração, são precedidas da execução de exercícios passivos de alongamento dos músculos flexores-adutores dos quadris, flexores do joelho e extensores do tornozelo.

Durante as sessões de estimulação elétrica funcional, os pacientes apresentam-se com trajes que permitam a visualização ou a percepção do segmento estimulado, e o terapeuta orienta a realização do movimento provocado pelo estímulo elétrico, como se fosse um exercício ativo facilitado. A sessão terapêutica deve ser interrompida se ocorrerem manifestações de fadiga, que são caracterizadas pela redução da eficiência da contração.

No condicionamento do quadríceps, os eletrodos são colocados na linha média da face anterior da coxa; um deles, no 1/3 proximal com o médio e o outro, no 1/3, médio com o distal. O paciente permanece em decúbito dorsal e com o joelho apoiado sobre uma almofada, formando um ângulo de flexão de 45° (Fig. 5.5). A mesma posição é utilizada na estimulação elétrica dos músculos dorsiflexores do pé, sendo que os eletrodos são posicionados, um sobre a cabeça da fíbula e outro na face anterolateral da perna, no seu 1/3 superior (Fig. 5.6). Os glúteos máximos são estimulados com o paciente em decúbito ventral, e os eletrodos colocados, um sobre a espinha ilíaca pósterio-superior, e o outro sobre o local onde se palpa a maior massa da musculatura glútea (Fig. 5.7).

A avaliação objetiva de condicionamento muscular pode ser medida através de torquímetros e, em alguns centros que aplicam a técnica FES, o

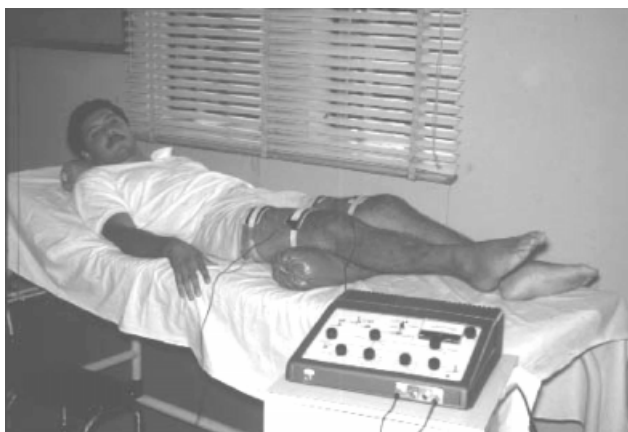


Fig. 5.5 — Recondicionamento do músculo quadríceps.



Fig. 5.6 — Recondicionamento dos músculos dorsiflexores dos pés.



Fig. 5.7 — Recondicionamento dos músculos glúteos máximos.

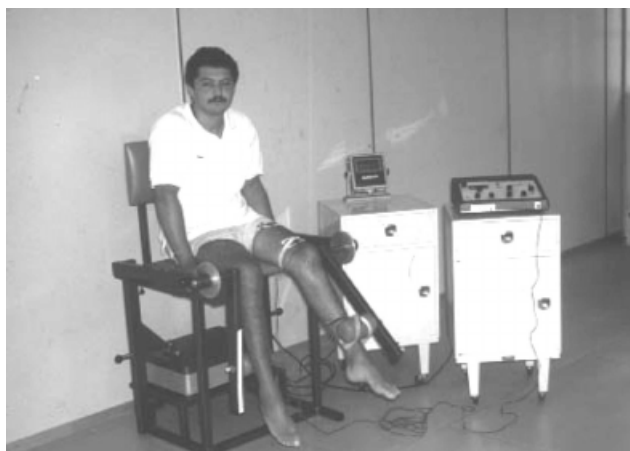
fator determinante para o início do ortostatismo é a capacidade do músculo quadríceps de apresentar um toque superior à 30Nm.

Na nossa metodologia, o programa de recondicionamento muscular é associado à atividade cinesioterápica visando ao fortalecimento dos membros superiores, condicionamento cardiorrespiratório, equilíbrio do tronco e atividades objetivando independência na transferência dos diversos decúbitos. Desta forma, não consideramos o valor do torque do quadríceps como fator decisivo

para avaliar a capacidade funcional e sim a evolução global do reabilitando (Figs. 5.8 e 5.9).

Os torquímetros são instrumentos importantes para pesquisa clínica, porém podem ser dispensados na prática assistencial.

Na fase de recondicionamento, os trens de pulsos mais freqüentemente utilizados são de cinco a 10 segundos de duração, com intervalos sempre iguais ou superiores à duração do pulso para evitar a fadiga. A freqüência de 10 a 30Hz, com pulsos de 0,2 a 0,4ms é a formulação mais utilizada (Fig. 5.10).



Figs. 5.8 e 5.9 — Torquímetros: com resistência eletromagnética: modelo simplificado.

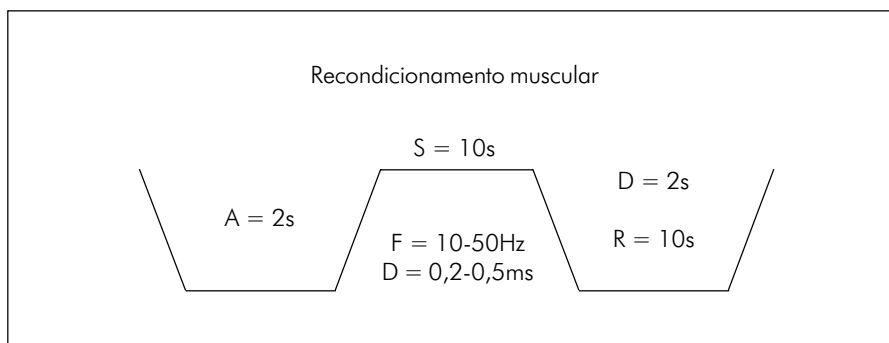


Fig. 5.10 — Formulação de trens de pulso mais freqüentemente utilizados na fase de recondicionamento muscular.

Visando otimizar as condições dos centros de reabilitação, os pacientes podem realizar todo este programa de recondicionamento em serviços mais simples ou até na própria casa, sendo utilizados com esta finalidade de recondicionamento geradores de impulsos portáteis, que são regulados para produzir trens de pulsos de acordo com a formulação considerada ideal para o caso. A orientação quanto ao posicionamento dos eletrodos e demais informações quanto à técnica de aplicação permitem a sua utilização domiciliar com eficiência (Figs. 5.11 e 5.12).



Fig. 5.11 — Aparelho gerador de trens de pulsos utilizado na técnica FES — modelo KC 304.



Fig. 5.12 — Aparelho gerador de trens de pulso individualizado às características do paciente, para uso domiciliar — modelo KC 304.

Esta conduta possibilita uma maior adesividade ao tratamento de pacientes com problemas sociais que dificultam a permanência junto a serviços especializados.

Transferência da Posição Sentada para a de Pé

O paciente com bom equilíbrio do tronco e com força dos membros superiores suficiente para manter o peso do corpo em barras paralelas pelo tempo de 15 segundos é considerado apto a iniciar o treino de transferência da posição sentada para a de pé.

A técnica de transferência da posição sentada para a de pé utiliza o mesmo aparelho gerador de estímulos elétricos com dois canais. Os eletrodos são posicionados no quadríceps, do mesmo modo que são colocados na fase de recondicionamento muscular. A duração e a frequência da emissão de pulsos são aquelas consideradas ideais para o paciente, durante o recondicionamento muscular. A emissão dos pulsos elétricos, porém, é diferente,

Treinamento da Posição Ortostática

sendo feita de modo contínuo e simultâneo pelos dois canais do gerador. Com o paciente na posição sentada, regula-se a intensidade de corrente necessária para obter-se uma extensão do joelho eficiente.

Ajustado o equipamento gerador de estímulos, o paciente é colocado nas barras paralelas e posicionado com o tronco fletido, membros superiores estendidos e os inferiores em flexão dos quadris e joelhos, com os pés apoiados em extensão. Os estímulos são dados nos músculos quadríceps, com as características acima descritas. A extensão do joelho, associada ao impulso dos membros superiores, promove a postura ortostática.

Os pacientes, antes de iniciar o ortostatismo através da estimulação elétrica funcional, devem fazer um treinamento, com a mesma finalidade, utilizando-se de órteses longas convencionais ou de goteiras de lona com hastes de duralumínio, que bloqueiam a articulação do joelho em extensão, visando à preparação da nova postura a ser assumida.

Estando satisfeitas as condições pré-ortostáticas, anteriormente descritas, o paciente é mantido em pé através da emissão de pulsos elétricos contínuos e simultâneos aos dois músculos quadríceps, por períodos progressivos. Com o paciente nas paralelas, a eficiência da contração do quadríceps na manutenção do ortostatismo é avaliada subjetivamente pelo grau de contração do tríceps braquial. Quanto menor a força realizada pelos membros superiores, maior é considerada a eficiência da estabilização obtida através dos estímulos elétricos funcionais. Este treinamento é realizado diariamente, sendo observado não apenas o tempo, mas também o padrão postural do ortostatismo obtido (Figs. 5.13).

A manutenção do ortostatismo por esta metodologia de estimulação por apenas um par de canais requer um aumento da lordose lombar como mecanismo postural compensatório; por este motivo, os pacientes que apresentam contraturas dos músculos flexores dos quadris continuam a ser tratados através de exercícios passivos de alongamen-



Fig. 5.13 — Treino de ortostatismo. Observe a estabilidade oferecida pela técnica FES.

to, a fim de se permitir a compensação lombar com eficiência.

Considera-se como atingido o objetivo do ortostatismo quando o paciente se apresenta nesta postura por períodos superiores a 10 minutos, realizado de forma contínua ou com intervalos de repouso (Figs. 5.14 a 5.16).

Treinamento da Deambulação

O treino de deambulação também é feito com geradores de pulsos elétricos com dois canais e realizado de duas formas de acordo com o tipo de lesão medular.



Figs. 5.14, 5.15 e 5.16 — Paciente com lesão T-2 completa assume com estabilidade a posição ortostática.

Nas lesões medulares incompletas, onde abaixo do nível da lesão é encontrada atividade motora, a fase de condicionamento muscular realizado pela técnica FES é complementada pela utilização de órteses convencionais. Conforme ocorre a evolução da capacidade motora voluntária, os componentes das órteses são modificados e feita a adequação do meio auxiliar de locomoção (andador, muleta ou bengala) (Figs. 5.17 a 5.20).

Nos casos de lesão medular completa e naqueles de lesão medular incompleta, onde a recuperação motora é insuficiente para permitir a estabilização ativa dos joelhos, o treino da deambulação é feito através da aplicação de estímulos elétricos nos músculos quadríceps.

São utilizados dois pares de eletrodos nas faces anteriores das coxas, que transmitem pulsos elétricos contínuos aos músculos quadríceps. A intensidade da corrente é necessária para a obtenção da extensão total dos joelhos. Os valores da frequência e da duração dos pulsos elétricos são os mesmos que utilizamos nas fases de ortostatismo e do condicionamento muscular (Fig. 5.21).

Com os joelhos estabilizados pela técnica FES e os tornozelos através de calçados tipo tênis com cano alto, o paciente realiza movimentos de bascula de bacia alternadamente e consegue o deslocamento espacial, com apoio das barras paralelas ou de um andador.

Em pacientes com lesão medular completa, também pode ser utilizada uma técnica que produz um movimento de flexão reflexa a partir de um estímulo elétrico liberado por um eletrodo colocado no cavo poplíteo. O paciente utiliza este movimento de flexão do quadril e joelho associado à bascula de bacia para realizar a fase da passagem da marcha. A estabilização do membro contralateral e a fase de duplo apoio são mantidas pelas contrações evocadas do quadríceps. Por esta técnica, é necessário que o equipamento gerador de impulsos tenha pelo menos quatro canais, dois estimulando os extensores de joelho e dois disparando estímulos de curta duração no cavo poplíteo. Quando o estímulo é disparado no cavo poplíteo, automaticamen-



Figs. 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20 — Paciente com lesão medular incompleta, síndrome de Brown-Séquard. Fase de treino da marcha.



Fig. 5.21 — Paciente com lesão medular completa em treino de marcha.

te o canal gerador do estímulo para quadríceps é desligado, a fim de permitir a flexão do joelho. Os disparadores para a flexão dos joelhos podem ser acoplados no andador ou muleta após treinamento adequado do paciente (Figs. 5.22 e 5.23).

Existem outras técnicas com recursos mais complexos, porém de uso basicamente experimental. De outro lado, alguns pacientes podem ter significativa melhora no padrão de locomoção com soluções relativamente simples, como é apresentado nas Figs. 5.24 a 5.27.



Figs. 5.22 e 5.23 — Terapeuta orientando paciente em fase inicial de treinamento de marcha com aparelho de quatro canais e, posteriormente, quando o disparador dos estímulos que produzem a flexão do joelho está acoplado no andador.

EFEITOS SECUNDÁRIOS DO TREINAMENTO DA DEAMBULAÇÃO PELA TÉCNICA FES

Antes da introdução da técnica FES como recurso terapêutico auxiliar no treinamento da deambulação, os meios mais utilizados para devolver a locomoção na posição bípede eram as órteses construídas em aço ou outros materiais igualmente pesados. O uso comunitário destas órteses é reservado apenas àqueles casos de lesão medular baixa, pois em casos de paralisia mais ampla estas não conferem a necessária estabilidade. Quando o fazem, pelo seu peso acarretam um grande gasto energético, dando deste modo uma locomoção pouco produtiva, fazendo-se optar pela cadeira de rodas como meio de deslocamento.

A cadeira de rodas, por sua vez, é um meio de deslocamento eficaz no plano, porém não permite total independência, pois mínimas barreiras arquitetônicas (porta, degraus, ambiente de pequenas dimensões) impedem sua adequada utilização, devendo ser considerado ainda o descondiçãoamento físico global que o paciente apresenta pelo imobilismo e as suas conseqüências.



Figs. 5.24, 5.25, 5.26 e 5.27 — Paciente com paraparesia espástica, seqüela de mielite. Padrão de marcha dificultoso por não conseguir realizar o apoio plantar. Aparelho miniaturizado produz impulsos para dorsiflexão e o seu uso permite a adequação.

A técnica FES, com as condições tecnológicas existentes até o momento, está longe de representar o recurso definitivo que solucionará o problema da locomoção do paciente com lesão medular, mas sem dúvida é um avanço que não deve ser restrito a laboratórios de pesquisa, e a sua inclusão nos programas assistenciais deve ser obrigatória por diversas razões.

Os pacientes com lesão medular incompleta podem melhorar a sua capacidade funcional pelo melhor condicionamento de grupos musculares que tinham a sua capacidade motora reduzida ou mascarada pela espasticidade.

Nos casos de lesão medular completa, praticamente todos os pacientes podem obter a condição de ortostatismo, que tem uma característica biológica superior à posição bípede obtida com as órteses convencionais, pois pela técnica FES são os próprios músculos do paciente que garantem este posicionamento, e não as hastes metálicas que oferecem apenas sustentação mecânica passiva.

A locomoção deve ser entendida não apenas como um meio de deslocamento espacial. Através das contrações musculares ativamos o retorno venoso e o metabolismo ósseo, melhoramos o trofismo do sistema tegumentar, prevenimos as retrações músculo-ligamentares. As funções de eliminação e respiratória são facilitadas pelas atividades em ortostatismo. O condicionamento cardíaco e a capacidade de resposta ao esforço dependem da atividade musculoesquelética.

O imobilismo não acarreta apenas dificuldade no deslocamento corporal, mas predispõe a uma série de disfunções biológicas que comprometem a homeostase e a saúde como um todo.

Quanto aos aspectos emocionais, consideramos que o perfeito conhecimento por parte do paciente e da equipe de reabilitação das metas pretendidas e dos objetivos do tratamento permite uma adequação das expectativas e evita frustrações não desejáveis.

A ocorrência de fraturas, epifisites, derrames articulares e queimaduras, citadas em alguns tra-

balhos como efeitos secundários indesejáveis na utilização da FES em membros paralisados, não foi observada em nossa experiência, porém consideramos importante o conhecimento destas possibilidades para a correta indicação e seguimento dos pacientes.

Pacientes bem condicionados, sem deformidades, escaras e outras complicações estarão em melhores condições de receber os benefícios de novas técnicas de recuperação da marcha, a serem desenvolvidas no futuro; desta forma, a inclusão do recurso FES, no momento, é um estágio importante para a manutenção da capacidade funcional máxima dos pacientes com lesão medular.

Paralisia Cerebral e FES

A paralisia cerebral, embora tenha como sinonímia a denominação encefalopatia crônica infantil não evolutiva, não significa que seja uma síndrome estática. A lesão que a originou não é progressiva, porém por ser instalada em um sistema nervoso com potencial de plasticidade, o quadro motor resultante no decorrer dos anos apresentará um grau maior ou menor de incapacidade, de acordo com os cuidados terapêuticos oferecidos (Fig. 6.1).

A estimulação elétrica funcional nunca será recurso terapêutico único no tratamento de uma criança com paralisia cerebral. Também não deve ser um recurso alternativo a ser utilizado apenas quando os demais tratamentos convencionais não surtiram efeito. Sempre deve fazer parte de um conjunto de procedimentos orientados individualmente, após uma avaliação realizada por uma equipe interdisciplinar.

A indicação mais freqüente é nas formas clínicas onde predomina a espasticidade e em alguns casos leves de atetose. Quanto à distribuição topográfica, os pacientes mais beneficiados são os hemiparéticos e paraparéticos.



Fig. 6.1 — Criança com paralisia cerebral, forma espástica com distribuição paraparética.

Os princípios que norteiam a sua utilização são vários. A facilitação do movimento voluntário a partir de redução da hipertonía é provocada por um mecanismo de inibição recíproca, a partir da contração muscular evocada por um estímulo elétrico. Ao estimular o grupo de extensores ocorre redução de imediato do tônus dos flexores e o terapeuta pode, através de manobras facilitatórias, obter movimentos voluntários que estavam inibidos. A repetição destes movimentos gera, por um mecanismo de retroalimentação, novos padrões motores no sistema nervoso central, que podem ser utilizados com objetivos funcionais.

A estimulação de percepção através da aplicação de gelo e outros estímulos cutâneos é uma técnica convencional e largamente utilizada em todos os centros de reabilitação com finalidade de facilitação do movimento. Os trens de pulsos elétricos utilizados na técnica FES também estimulam a percepção, podendo ser utilizados para este mesmo objetivo terapêutico (Fig. 6.2).

A relutância que ainda encontramos por parte de alguns médicos e outros profissionais de reabilitação em utilizar a FES em crianças com paralisia cerebral é devida à confusão deste recurso terapêutico com outras formas de eletroterapia. A aplicação de pulsos largos de corrente galvânica pulsátil realmente causa desconforto e este estímulo nociceptivo sem dúvida produz aumento do tônus muscular e conseqüentemente piora no quadro motor. A técnica FES utiliza pulsos da ordem de 0,1 a 0,3 milissegundos com frequência ao redor de 30Hz, produzindo trens de pulsos confortáveis e compatíveis com a colaboração da criança (Fig. 6.3).

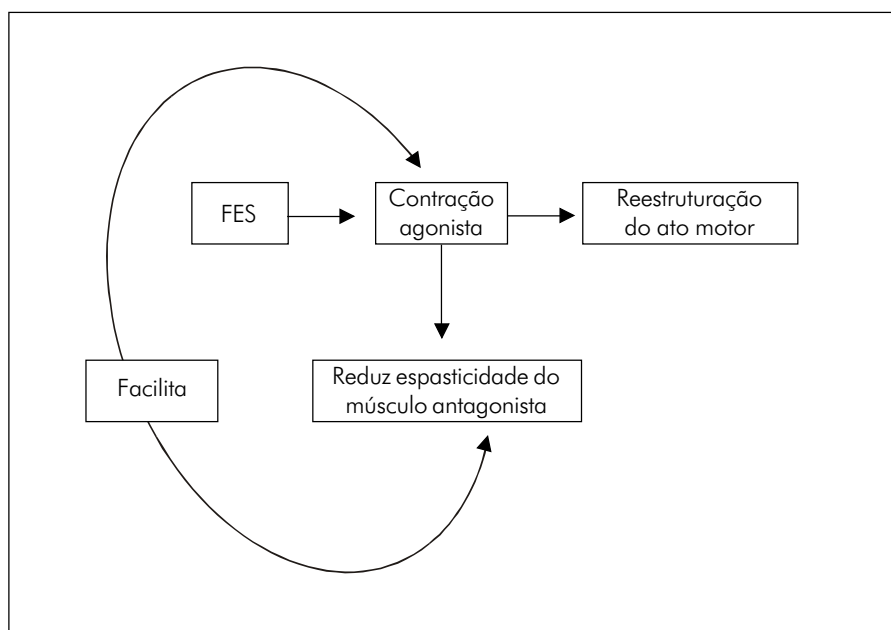


Fig. 6.2 — Mecanismo de ação da FES na reeducação motora na paralisia cerebral.

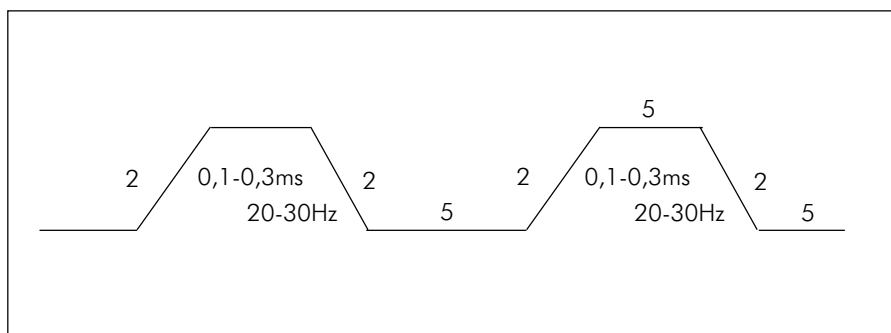


Fig. 6.3 — *Formulação do trem de pulso na paralisia cerebral.*

No Congresso Internacional de Medicina Física e Reabilitação, realizado em 1976 no Rio de Janeiro, foram apresentados trabalhos de revisão contabilizando experiências de dez anos ou mais na utilização da técnica FES em crianças com diversas patologias incapacitantes. Estamos atrasados, em praticamente uma geração, na aplicação deste recurso, por preconceito desprovido de base técnico-científica. A prescrição correta do trem de pulso a ser utilizada e a explicação adequada ao paciente ou aos seus familiares das características técnicas peculiares desta forma de eletroterapia geram um clima de tranquilidade durante as sessões terapêuticas. Aliás, este conceito de esclarecer os objetivos e técnicas terapêuticas deve ser estendido a todos os setores de tratamento em reabilitação, pois não é infrequente observar-se crianças chorando e debatendo-se sob os braços de um terapeuta, causando um clima de tensão, gerado pela intranquilidade do não conhecimento do que se pretende e daquilo que se vai realizar com o paciente. Não existe reabilitação funcional sem a participação ativa do paciente e da família. A técnica FES não é uma exceção e o êxito de sua aplicação depende da obediência a este postulado.

METODOLOGIA

Em pacientes portadores de paralisia cerebral, a técnica FES pode ser aplicada de duas formas:

- recurso de condicionamento do ato motor;
- recurso ortésico.

FES e Recondicionamento do Ato Motor

No membro superior, em pacientes com paralisia cerebral, a técnica FES é aplicada com objetivos funcionais, principalmente em pacientes hemiplégicos do tipo espástico. Os grupos musculares mais frequentemente estimulados com objetivo de recondicionamento funcional são:

- tríceps;
- extensores de punho e dedos.

A estimulação do tríceps pode ser realizada isoladamente ou em conjunto com os extensores do punho e dedos. Em qualquer das situações, apenas tem indicação se as estruturas músculo-ligamentares não apresentarem deformidades estruturadas.

A estimulação isolada é realizada quando se pretende controlar o padrão de espasticidade em flexão do cotovelo e evitar a conseqüente deformidade.

O trabalho simultâneo de extensão de cotovelo e dos extensores do punho e dedos é realizado com objetivos de capacitação funcional. O pré-requisito para a realização deste trabalho é o controle motor voluntário, pelo menos parcial, do ombro. Estas atividades geralmente são desenvolvidas no setor de terapia ocupacional e o paciente convenientemente posicionado realiza atividades de preensão.

O posicionamento dos eletrodos é o mesmo descrito no Capítulo 4.

Em qualquer das técnicas, é indispensável que previamente à estimulação sejam realizadas manobras de alongamento e relaxamento.

O paciente deve estar calmo e conhecer os objetivos terapêuticos para desta forma participar ativamente do ato motor, sabendo que ao receber o estímulo deve procurar voluntariamente realizar o movimento. Ao terapeuta cabe, além de orientar o posicionamento, evitar movimentos compensatórios e complementar, quando necessário, o ato motor iniciado pelo paciente.

A capacitação funcional no membro superior não depende apenas do controle de espasticidade e da contração de músculos. As funções sensoriais, a sensibilidade, a percepção, as condições de aten-

ção e concentração são fundamentais; desta forma, a avaliação prévia pela equipe multidisciplinar de todos estes fatores é condição indispensável para o sucesso terapêutico.

No membro inferior, com finalidade de recondicionamento muscular, a técnica FES em paralisia cerebral é utilizada mais frequentemente e com mais eficiência em pacientes espásticos nas formas hemiparética, paraparética ou diparética.

Os grupos musculares mais utilizados são:

- dorsiflexores;
- glúteo médio.

Nos pacientes hemiparéticos, a incapacidade de realizar movimentos de dorsiflexão do pé é um fator de agravamento do padrão postural anormal da marcha.

A técnica é utilizada através da estimulação do nervo ciático poplíteo externo, colocando-se um eletrodo ao lado da cabeça do perônio e o outro sobre a massa muscular do 1/3 proximal e lateral da perna.

A indicação de sua utilização baseia-se no princípio de inibição recíproca que, ao provocar a dorsiflexão do pé, reduz o padrão motor da espasticidade, que é em extensão.

O padrão de extensão induz a instalação da deformidade em equinovaro dos pés e, mesmo após cirurgias tendíneas que buscam o equilíbrio articular, o paciente não consegue realizar o apoio plantar corretamente, pois não dispõe de um diagrama motor no sistema nervoso central que consiga realizar esta função.

A indicação da técnica FES é um dos cuidados pós-operatórios da cirurgia de redução do equinismo, pois é um recurso auxiliar no controle voluntário dos dorsiflexores dos pés e de melhora no padrão de marcha, tanto em pacientes hemiplégicos quanto nos diparéticos ou paraparéticos.

Os pacientes paraparéticos ou diparéticos, além da dificuldade de realizar o apoio plantar, apresentam um padrão motor, com adução exagerada dos quadris. Esta tendência de realizar movimentos em “tesoura”, além de dificultar a aquisição da mar-

cha, predispõe à luxação coxofemoral, que é sem dúvida um fator de incapacidade adicional no processo de reabilitação.

Os glúteos médios podem ser estimulados através de eletrodos colocados sobre a massa muscular situada entre o grande trocânter e a asa do íliaco, com o paciente posicionado em decúbito dorsal, após um trabalho cinesioterápico de alongamento e relaxamento dos adutores (Figs. 6.4 e 6.5).



Figs. 6.4 e 6.5 — Manobra cinesioterápica clássica visando ao relaxamento dos adutores e posicionamento dos eletrodos para estimular os glúteos médios.

A neurectomia química seletiva dos nervos obturadores, utilizando-se substâncias neurolíticas como a solução de fenol a 6% ou através do uso de toxina botulínica, pode ser um procedimento terapêutico associado de grande relevância, pois reduz a espasticidade dos grupos adutores e facilita o recondicionamento dos glúteos médios e com isso o controle voluntário do alinhamento dos membros (Fig. 6.6).

O recondicionamento do glúteo médio pela associação da técnica FES e a neurectomia química só são eficientes quando a luxação ou subluxação do quadril não está instalada. Nesta situação, o recondicionamento apenas será eficiente após a cirurgia ortopédica de redução da articulação coxofemoral.

Este conceito é extremamente importante, não apenas em relação à coxofemoral. A técnica FES visando ao recondicionamento muscular é contraindicada em articulações não estáveis e em grupos musculares com deformidades estruturadas.



Fig. 6.6 — Localizador de nervo e agulha blindada que são utilizados na técnica de bloqueios (neurectomia seletiva) com fenol a 6% visando ao controle da espasticidade. A injeção de substâncias neurolíticas como o fenol reduz de imediato a espasticidade no território do nervo atingido, permitindo a reeducação motora através da associação de técnicas cinesioterápicas com o FES.

O equinismo funcional pode ser tratado com a combinação terapêutica da neurólise química com a toxina botulínica dos músculos gastrocnêmicos, solios, flexores comum dos dedos e do hálux associada à aplicação do FES no grupo dos dorsiflexores.

Nas deformidades estruturadas em eqüino, a correção cirúrgica deve preceder a utilização do FES, a fim de permitir a adequada reestruturação do movimento.

As Figs. 6.7 a 6.13 mostram a evolução de um caso de criança tratada por esta técnica.



Fig. 6.7 — Criança com paraparesia espástica no início do tratamento. Observar o padrão em “tesoura” pela espasticidade dos adutores e equinismo dos pés.



Figs. 6.8 e 6.9 — Segunda semana de pós-operatório de alongamento de Aquiles e bloqueio bilateral do nervo femoral com fenol a 6%. Observar a utilização de órteses de polipropileno para estabilizar os tornozelos.

FES COMO RECURSO ORTÉSICO EM PARALISIA CEREBRAL

A utilização da técnica FES como órtese funcional em pacientes com paralisia cerebral é indicada apenas nos membros inferiores e aplicada basicamente de dois modos:

- uso contínuo como auxiliar de marcha;
- auxílio terapêutico na padronização da marcha.

Órtese de Uso Contínuo como Auxiliar de Marcha

Os pacientes com paralisia cerebral com acometimento hemi, para ou diparético do tipo espástico apresentam um padrão motor em extensão que habitualmente acarreta o apoio plantar em eqüino. O eqüinismo é sem dúvida o motivo mais freqüente de intervenção cirúrgica na paralisia cerebral, que é realizada quando a deformidade está estruturada. Nos pés redutíveis, ou seja, naqueles em que o paciente apresenta eqüinismo apenas durante a marcha — mas em repouso, através da manipulação passiva, consegue realizar a dorsiflexão completa —, uma alternativa de conduta tera-



Figs. 6.10 e 6.11 — 12ª semana de pós-operatório e oitava semana de reeducação funcional com a técnica FES. Observar o padrão postural e o capacidade de controle voluntário de abdução do quadril.



Figs. 6.12 e 6.13 — Um ano de evolução, demonstrando a capacidade de reestruturação do padrão motor, com a utilização de técnicas reabilitacionais adequadas.

pêutica é a associação da neurólise química com toxina botulínica associada ao uso de órteses funcionais FES.

Neurólises Químicas

A neurólise química é realizada com aplicação de 5U/kg de toxina botulínica nos gastrocnêmios e de 2U/kg no soleos, flexor dos dedos e do hálux, sendo necessário acessar em algumas situações o músculo tibial posterior, que é atingido através da utilização de um localizador de ponto motor e uma agulha blindada que apresenta apenas o bisel descoberto. Após a neurólise ocorre redução da espasticidade e o paciente é colocado em um programa de tratamento que inclui uma órtese que aplica estímulos FES ao nível do nervo fibular. Esta órtese, semelhante àquela que foi apresentada no Capítulo 4, produz a dorsiflexão do pé na fase da passagem do membro estimulado e é desligada por uma chave inclusa em uma palmilha quando o calcanhar inicia a fase de apoio no ciclo de marcha.

Esta maneira de abordar terapeuticamente os pacientes que apresentam marcha em equino sem indicação cirúrgica, por não se tratar de deformidade estruturada, evita em primeiro lugar a manutenção de um padrão anormal de locomoção e é sem dúvida uma forma de controle da espasticidade extensora e que permite ao sistema nervoso da criança, com seu potencial de plasticidade, estruturar um padrão motor adequado de deambulação.

Quando utilizamos o termo deambulação, não estamos dirigindo a nossa atenção apenas ao modo de pisar do paciente. A não realização do apoio plantar correto pelo equinismo provoca, por um mecanismo de difusão tônica, um movimento associado em flexão do membro superior, levando a um padrão de deambulação sem os movimentos fisiológicos de dissociação das cinturas pélvicas e escapular, de grande importância para a harmonia da marcha (Figs. 6.14 a 6.17).

Na presença de pacientes que já apresentam deformidades estruturadas, este procedimento é contra-indicado e a cirurgia corretiva deve ser a conduta inicial.



Figs. 6.14, 6.15, 6.16 e 6.17 — Criança com paralisia cerebral, com distribuição hemiplégica. Observar o apoio do pé em eqüino acompanhado da apresentação do membro superior em flexão. A órtese FES permite o controle da dorsiflexão, que produz a melhora do apoio plantar e a normalização do posicionamento do membro superior.

Órtese de Auxílio Terapêutico na Padronização de Marcha

No pós-operatório da correção de deformidade em equinismo, com objetivo de padronizar um novo esquema motor, a técnica FES é utilizada da mesma forma e com os mesmos processos terapêuticos descritos anteriormente.

Um dos problemas no treinamento da marcha de pacientes paraparéticos e diparéticos do tipo espástico é a redução do padrão em flexão dos quadris e joelhos, mesmo naqueles casos já submetidos a cirurgias corretivas com o objetivo de alinhamento dos membros inferiores.

A espasticidade é caracterizada funcionalmente por um aumento do tônus fisiológico e pela redução da capacidade de realizar movimentos voluntários. Nestes casos, a marcha espástica resulta em um padrão em flexão dos joelhos, onde o paciente busca aumentar a sua capacidade de sustentação, porém com evidente perda funcional.

As órteses longas convencionais podem ser utilizadas, com o objetivo de melhorar o alinhamento, mas o custo energético com este tipo de marcha também é alto, com redução da capacidade funcional.

As órteses elétricas da técnica FES produzem a correção deste padrão funcional à custa da contração evocada de músculos de sustentação. Com este objetivo são utilizados geradores de correntes com o mínimo de quatro canais.

Nesta técnica, os grupos musculares mais freqüentemente estimulados são os quadríceps e glúteos máximos.

O terapeuta aplica os eletrodos no quadríceps e glúteos máximos e realiza o treino de marcha com as técnicas convencionais. Os impulsos são gerados de modo alternado, produzindo contrações simultâneas do quadríceps e glúteo máximo de cada lado.

O alinhamento produzido a partir das próprias contrações musculares do paciente, ao mesmo tempo em que melhoram o trofismo e o condicionamento deste grupo de músculos antigravitacionais,

é um estímulo periférico que contribui para a formação de um novo padrão motor, mais próximo do fisiológico (Figs. 6.18 e 6.19).

Uma dificuldade às vezes encontrada neste treinamento é a falta de controle da dorsiflexão, que dificulta a troca de passos. Quando um calçado tipo tênis com cano alto não é suficiente para estabilizar o tornozelo, pode ser utilizado um gerador de correntes FES com quatro canais, com uma variação da técnica de aplicação.

Nesta variação técnica, os músculos quadríceps são estimulados simultaneamente e de modo contínuo e dois outros eletrodos são colocados nos cavos poplíteos. Os canais dos eletrodos dos cavos poplíteos são alimentados por canais que geram estímulos de curta duração e acionados por um disparador no momento que o terapeuta deseja a troca de passos. O disparador, no momento que libera a corrente no cavo poplíteo, interrompe a estimulação do quadríceps homolateral produzindo



Fig. 6.18 — Utilização do FES em quadríceps associados com manobras fisioterapêuticas no chapéu mexicano visando ao alongamento e dissociação de cintura pélvica e escapular.



Fig. 6.19 — Utilização do FES em região glútea e lombar, em prancha de equilíbrio visando à estabilidade pélvica.

do um momento de flexão do joelho. O paciente, apoiado nas barras paralelas ou em fases mais adiantadas em um andador, associa a flexão do joelho com a bascula anterior de bacia e realiza o passo (Figs. 6.20 e 6.21).

Os princípios biológicos da utilização desta técnica baseiam-se na indução de novos padrões motores, através da repetição sucessiva de movimentos mais próximos da fisiologia normal de locomoção humana.

Mais uma vez, é conveniente assinalar que a presença de deformidades estruturadas por retrações músculo-tendinosas ou articulações não estáveis exigem correção cirúrgica prévia à utilização de recursos terapêuticos na técnica FES.

A técnica FES não corrige deformidades e necessita de articulações estáveis e com capacidade de reproduzir os movimentos fisiológicos para a organização de novos padrões motores.



Fig. 6.20 — Treino da marcha com técnica FES em paralisia cerebral. Observar a colocação dos eletrodos.



Fig. 6.21 — Os eletrodos do quadríceps propiciam a estabilidade durante a fase de apoio de marcha, e os eletrodos do cavo poplíteo permitem a fase da passagem.

Capítulo 7

FES Aplicada no Parkinson

HISTÓRICO

A doença de Parkinson foi descrita pela primeira vez por James Parkinson em 1817, que a denomina paralisia agitante (Shaking Palsy).

As principais características assinaladas foram: presença de movimentos tremulantes e involuntários, diminuição da força muscular, tendência à inclinação anterior do tronco e alterações na marcha, sendo preservados os sentidos e a capacidade intelectual.

Após quase 50 anos Charcot escreve sobre a paralisia agitante e aponta a impropriedade desta denominação, pois as incapacidades do paciente na verdade não são devidas a uma forma de paralisia e sim à dificuldade no controle do movimento automático, porém propõe a denominação Doença de Parkinson em homenagem ao seu primeiro observador, sendo esta aceita pela comunidade científica (Figs. 7.1 e 7.2).

CONCEITOS

A doença de Parkinson é a forma mais freqüente de doenças degenerativas a afetar os gânglios da base.

Esta lesão extrapiramidal tem como etiologia idiopática a forma mais comum, porém pode ser



Figs. 7.1 e 7.2 — Paciente com Parkinson apresentando importante alteração postural.

secundária a encefalites, arterioesclerose pós-traumática ou intoxicação medicamentosa.

Os achados neuropatológicos mais constantes são os observados nas células do tronco cerebral que contêm melanina, na substância nigra e no *locus ceruleus*.

As anormalidades motoras são devidas à degeneração dos neurônios dopaminérgicos e conseqüente redução das atividades facilitadoras do medidor químico dopamina.

SINTOMAS

O início da doença é lento e geralmente se manifesta por tremores e perda da habilidade motora das mãos.

O tremor pode envolver os músculos da face, língua e mandíbulas, mas afeta principalmente as mãos. A posição do punho fletido e os dedos estendidos com o polegar abduzido caracterizam a postura de “contar dinheiro”. Este tremor piora com a ansiedade e reduz com a execução de atividades voluntárias, daí a sua denominação “tremor em repouso”.

A rigidez do parkinsoniano não respeita o conceito da inibição recíproca e o tônus é observado aumentando tanto nos grupos agonistas como antagonistas. Na movimentação de uma extremidade tem-se a sensação de movimento de uma rodadenteada e esta é a denominação semiológica que qualifica a rigidez destes pacientes.

A bradicinesia, iniciação lenta e difícil dos movimentos voluntários, é independente da rigidez, embora frequentemente estes dois sinais estejam associados. O movimento lento é observado em especial no início dos atos voluntários repetitivos.

O controle da postura constitui importante função dos gânglios da base e desta forma é alteração freqüente do parkinsoniano.

A alteração postural característica do Parkinson é representada pela flexão de cabeça, acentuação da cifose dorsal, prostração dos ombros, flexão dos cotovelos, quadris e joelhos.

Apesar da relevância das manifestações motoras, outras formas de incapacidades não-motoras estão associadas, como o comprometimento da memória, alteração no sono, depressão e distúrbios do sistema nervoso autônomo.

TRATAMENTO

O tratamento da doença de Parkinson pode ser feito através de recursos medicamentosos ou cirúrgicos, porém sempre incluído em um programa reabilitacional.

O programa de reabilitação será baseado no resultado de uma avaliação funcional onde será pesquisada as incapacidades físicas ligadas a locomoção, mobilidade, independência nas atividades da vida diária, dor muscular e/ou articular. A relação social, familiar e a comunicação também são objetos de atenção da equipe.

A alteração postural é fator relevante na limitação funcional não apenas da locomoção, como fator de restrição respiratória que dificulta a fala e a deglutição e de redução do relacionamento social.

AVALIAÇÃO POSTURAL NO PARKINSON

A cinesioterapia é aplicada eficientemente no alongamento dos grupos musculares afetados, porém confere menores resultados em relação a conscientização do uso dos músculos enfraquecidos.

A técnica FES é um importante recurso auxiliar no processo de reeducação postural no Parkinson, por permitir, através de contrações evocadas, a conscientização do uso da musculatura antigravitacional.

A postura pode ser avaliada através da linha de gravidade.

A linha de gravidade é uma linha imaginária que interliga pontos específicos observados no paciente apoiado em pé e é avaliado com o paciente em posição de perfil (Fig. 7.3).

Os pontos de referência estão abaixo relacionados:

- região anterior do ouvido externo;
- ombro;
- região posterior do coxofemoral;
- nível médio da articulação do joelho;
- região anterior do maléolo lateral.

Os resultados obtidos através desta avaliação podem ser graduados conforme a escala abaixo:

Escala unificada de Classificação da Doença de Parkinson (Figs. 7.4 a 7.8):

Grau 0 — Ereto normal

Grau 1 — Não completamente ereto

Grau 2 — Postura moderadamente curvada

Grau 3 — Postura gravemente curvada

Grau 4 — Marcante flexão do tronco

Metodologia da Reeducação Postural

Uma lesão no sistema nervoso extrapiramidal leva a um desajuste entre agonistas e antagonistas e altera o sistema musculoesquelético, com encurtamento e enfraquecimento muscular podendo acarretar deformidades e alterações posturais.



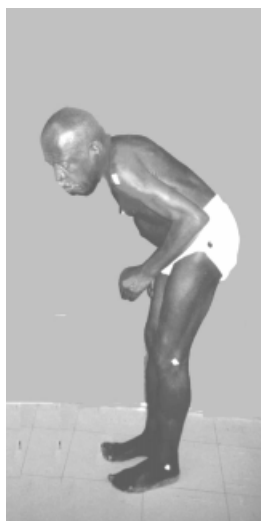
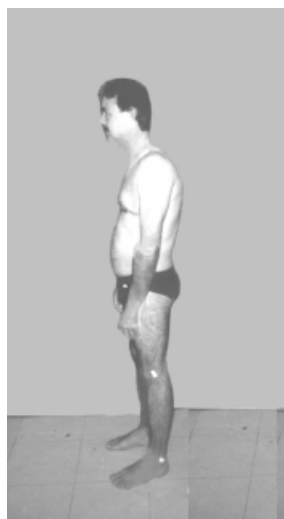
Fig. 7.3 — Metodologia de avaliação da linha de gravidade.

A postura em flexão cervical, acentuação da cifose dorsal, protração de ombros e flexão de cotovelos, quadris e joelhos é tratada por técnicas associadas de relaxamento, cinesioterapia e FES.

O relaxamento através de técnicas de controle respiratório é a fase inicial do trabalho.

Os exercícios de alongamento dos músculos flexores aplicados de forma suave e progressiva nos flexores cervicais, adutores de ombro, flexores de cotovelo, quadris e joelhos permitem o melhor posicionamento dos grupos articulares para a aplicação da técnica FES.

Os eletrodos do equipamento FES são aplicados na transição dorsolombar da coluna vertebral, nos pontos motores dos músculos rombóides e das fibras médias do trapézio, a fim de obter



Figs. 7.4, 7.5, 7.6, 7.7 e 7.8 — Escala unificada da classificação da doença de Parkinson. Avaliada pela linha de gravidade e dividida em 4 graus de anormalidade.

contrações de forma direcionada e correta, tracionando a coluna no sentido contrário à cifose dorsal (Fig. 7.9).

O princípio da utilização da FES como método de auxílio corretivo do desvio postural do Parkinson é o da compensação das alterações observadas nas curvas fisiológicas da coluna vertebral, que deslocam no sentido anterior o centro de gravidade postural.

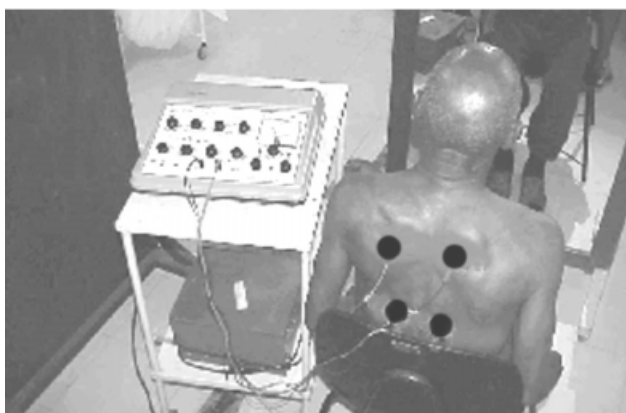
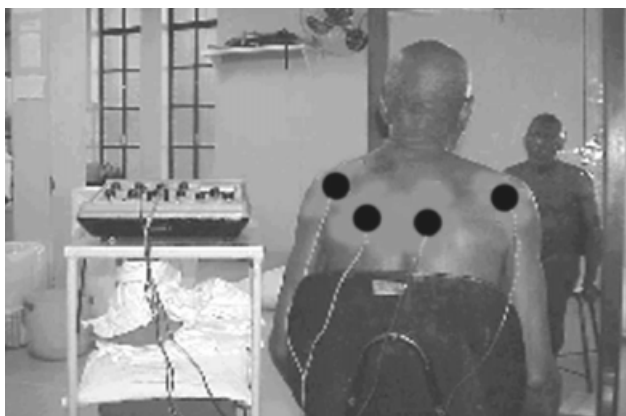


Fig. 7.9 — Posicionamento dos eletrodos na região paravertebral na porção interescapular.

A eletroestimulação FES, associada à conscientização dos movimentos e a cinesioterapia através dos alongamentos, objetiva deslocar posteriormente o centro de gravidade e simultaneamente reduzir a cifose dorsal, e desta forma reduz a flexão da cabeça e recondiciona a lordose cervical além de reorientar a lordose fisiológica da coluna lombar.

Os eletrodos estimuladores podem ser de borracha ou de silicone e devem ter dimensões de 5cm x 10cm, a fim de permitir uma estimulação de massa muscular significativa.

A aplicação da FES como recurso de conscientização postural implica a utilização do controle visual do corpo, através da observação da imagem refletida por um espelho, colocado diante do paciente (Figs. 7.10 a 7.12).



Figs. 7.10, 7.11 e 7.12 — No processo de reeducação postural, o paciente parkinsoniano deve ser um agente ativo, controlando o posicionamento corporal através do controle visual.

Formulação dos Trens de Pulsos

No recondicionamento postural em pacientes parkinsonianos utilizamos trens de pulsos com períodos de sustentação de 10 segundos, com formatação ascendente de 2 segundos e período de descida de 2 segundos. A frequência de pulsos recomendada é de 40 Hz e com pulsos de 0,2ms de duração. A intensidade de corrente é o menor valor capaz de evocar uma contração muscular eficiente. Entre dois trens de pulsos recomendamos um período de repouso mínimo de 20 segundos, pois além de fadiga muscular local é importante lembrar que o processo de conscientização da postura exige a atenção do paciente e desta forma a sessão terapêutica deve intercalar momentos de execução da atividade ativa assistida com períodos de relaxamento, a fim de não levar o paciente a uma situação de dificuldade no acompanhamento das orientações do terapeuta.

Em condições ideais, o tratamento deve ser diário e ter a duração balanceada pela capacidade de participação do paciente (Figs. 7.13 a 7.16).

RECOMENDAÇÕES FINAIS

O Parkinson é uma doença que apresenta incapacidades motoras de evolução lenta e crônica, desta forma é extremamente útil para o paciente e para a equipe de reabilitação a documentação através de medidas objetivas do desempenho funcional do paciente.

Em relação à postura, a documentação fotográfica mostra-se indispensável como registro da evolução e do resultado das medidas terapêuticas (Figs. 7.17 e 7.18).



Figs. 7.13, 7.14, 7.15 e 7.16 — Ajuste postural após conscientização da aplicação do método em região paravertebral.



Figs. 7.17 e 7.18 — Paciente parkinsoniano com acentuada alteração postural. Na avaliação postural e após 60 dias de tratamento.

Bibliografia

1. Bajd T. Functional electrical stimulation of extremities. Ljubljana, Publicação interna do J Stefan Institute, 1983.
2. Bajd T, Gregoric M, Vodovnik L, Benko H. Eletrical stimulation in the treating spasticity resulting from spinal cord injury. Arch Phys Med Reabili 66:515-7, 1985.
3. Bajd T, Kralj A, Turk R. Standing-up of a heaithy subject and a paraplegic patient. J Biomech 15:1-10, 1982.
4. Bajd T, Kralj A, Turk R, Benko H. Symmetry of FES responses in the lower extremities of paraplegic patients. J Biomed Eng 12:415-8, 1990.
5. Bajd T, Kralj A, Turk R et al. The use a four channell eletrical stimulation as an ambulatory aid for paraplegic patients. Phys Ther 63:1.116-20, 1983.
6. Bajd T; Munih M; Kralj A. Problems associated with FES-standing in paraplegia. Technol Health Care 7(4): 301-8, 1999.
7. Bajd T, Vodovnik L. Pendulum testing of spasticity. J Biomed Eng 69-16, 1984.
8. Bajd T, Vodovnik L. Effects of stimulation parameters on modification of spinal spasticity. Med Biol Eng Comput 25:439-42, 1987.

9. Baker LL, Browman BR, McNeal RR. Effects of waveform on comfort during neuromuscular electrical stimulation. *Clin Orthop* 223:75-85, 1988.
10. Bélanger M, Stein RB, Wheeler GD, Gordon T, Leduc B. Electrical stimulation: can it increase muscle strength and reverse osteopenia in spinal cord injured individuals? *Arch Phys Med Rehabil* 81(8): 1090-8, 2000.
11. Bhakta BB. Management of spasticity in stroke. *Br Med Bull* 56(2): 476-85, 2000.
12. Bhambhani Y, Tuchak C, Bumham R, Jeon J, Maikala R. Quadriceps muscle deoxygenation during functional electrical stimulation in adults with spinal cord injury. *Spinal Cord* 38(10): 630-8, 2000.
13. Bonaroti D, Akers J, Smith BT, Mulcahey MJ, Betz RR. A comparison of the FES with KAFO for providing ambulation and upright mobility in a child with a complete thoracic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 23(3): 159-66, 1999.
14. Brauman WA, Spungen AM, Adkins RH, Kemp BJ. Metabolic and endocrine changes in persons aging with spinal cord injury. *Assist Technol* 11(2): 88-96, 1999.
15. Brissot R, Gallien P, Le Bot MP, Beaubras A, Laisné D, Beillot J, Dassonville J. Clinical experience with functional electrical stimulation-assisted gait with Parastep in spinal cord-injured patients. *Spine* 25(4): 501-8, 2000.
16. Chantraine A, Baribeault A, Uebelhart D, Gremion G. Shoulder pain and dysfunction in hemiplegia: effects of functional electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 80(3): 328-31, 1999.
17. Coghlan JK. Lower extremity bracing in paraplegia: a follow-up study. *Paraplegia* 18:25-32, 1980.
18. Cooper IS, Riklan M, Culiman T. Chronic cerebellar stimulation in cerebral palsy. *Neurology* 26:744-53, 1976.
19. Cozean CD, Pease WS, Hubbell SL. Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 69:401-5, 1988.
20. Crago PE, Peckham PH, Thrope GB. Modulation of muscle force by recruitment during intramuscular stimulation. *IEEE Trans Biomed Eng* 27:679-84, 1980.

21. Creasey GH, Kilgore KL, Brown-Triolo DL, Dahlberg JE, Peckham PH, Keith MW. Reduction of costs of disability using neuroprostheses. *Assist Technol* 12(1): 67-75, 2000.
22. Cybulsky G, Penn R, Jaeger R. Lower extremity functional neuromuscular stimulation in cases of spinal cord injury. *Neurosurgery* 15:132-46, 1984.
23. Donaldson N, Perkins TA, Fitzwater R, Wood DE, Middleton F. FES cycling may promote recovery of leg function after incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord* 38(11): 680-2, 2000.
24. Gerrits HL, de Haan A, Sargeant AJ, Dallmeijer A, Hopman MT. Altered contractile properties of the quadriceps muscle in people with spinal cord injury following functional electrical stimulated cycle training. *Spinal Cord* 38(4): 214-23, 2000.
25. Gillard DM, Cameron T, Prochazka A, Gauthier MJ. Tremor suppression using functional electrical stimulation: a comparison between digital and analog controllers. *IEEE Trans Rehabil Eng* 7(3): 385-8, 1999.
26. Gorman PH. An update on functional electrical stimulation after spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair* 14(4): 251-63, 2000
27. Gracanan F. Aplicação de corrente de baixa frequência em medicina física e reabilitação, com ênfase especial em estímulo elétrico funcional. *Med Reabil* 20/ 21:18-23, 1988.
28. Gracanan F. Estimulação elétrica funcional. In: Kottke J, Keith GS, Lehman JF, Keusen — Tratado de medicina física e reabilitação. São Paulo, Manole p.383-97, 1984.
29. Gryn Baum BB, Kaplan II, Lioyd K, Rusk HA. Methodology and inicial findings, in a follow-up study of spinal cord dysfunction. *Arch Phys Med Rehabil* 44:208-14, 1963.
30. Heasman JM, Scott TR, Vare VA, Flynn RY, Gschwind CR, Middleton JW, Rutkowski SB. Detection of fatigue in thr isometric electrical activation of paralyzed hand muscles of persons with tetraplegia. *IEEE Trans Rehabil Eng* 8(3): 286-96, 2000.
31. Hendricks HT, Ijzerman MJ, de Kroon JR, Groen FA, Zilvold G. Functional electrical stimulation by means of the Ness Handmaster Orthosis in cronic stroke patients: an exploratory study. *Clin Rehabil* 15(2): 217-20, 2001

32. Jaeger RJ. Design and stimulation of closed-loop electrical stimulation orthoses for restoration of quiet-standing in paraplegia. *J Biomech* 19:829-35, 1988.
33. Jaeger RJ, Elliot R, Kralj A, Quintern J. Functional electrical stimulation for standing after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 71:201-9, 1990.
34. Jaeger RJ, Yarkony GM, Roth EJ. Rehabilitation technology for standing and walking after spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehabil* 71:128-33, 1989.
35. Kameyama J, Handa Y, Hoshimiya N, Sakurai M. Restoration of shoulder movement in quadriplegic and hemiplegic patients by functional electrical stimulation using percutaneous multiple electrodes. *Tohoku J Exp Med* 187(4): 329-37, 1999.
36. Keith MW. Neuroprostheses for the upper extremity. *Microsurgery* 21(6): 256-63, 2001.
37. Kralj A, Bajd T, Turk R, Benko H. Posture switching for prolonging functional electrical stimulation standing in paraplegic patients. *International Medical Society of Paraplegia. Paraplegia* 24:221-30, 1986.
38. Lianza S, Bertolucci LF, Lima LE. A utilização da FES na Santa Casa de São Paulo. *Revista Medicina de Reabilitação* (23/24):12-3, 1989.
39. Lianza S. Estimulação elétrica funcional (FES). Contribuição para a recuperação motora visando ortostatismo e locomoção em pacientes com lesão medular. Rio de Janeiro, 1990. (Tese de Livre-Docência — Universidade do Rio de Janeiro.)
40. Liberson WT, Holmquest HJ, Don M. Functional electrotherapy: stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 42:101-5, 1961.
41. Marsolais EB, Kobetic R. Functional electrical stimulation for walking in paraplegia. *J Bone Joint Surg (Am)* 69:728-33, 1987.
42. McNeal DR. 2000 years of electrical stimulation. In: Hambrecht FT, Reswick JB. *Functional electrical stimulation: applications in neural prostheses*. New York, Marcel Dekker p.3-35, 1977.
43. Mulcahey MJ, Smith BT, Betz RR. Evaluation of the lower motor neuron integrity of upper extremity muscles in high level spinal cord injury. *Spinal Cord* 37(8): 585-91, 1999.

44. Patterson RR, Lockwood TS, Dykstra DD. A functional electric stimulation system using an electrode garment. *Arch Phys Med Rehabil* 71:340-2, 1990.
45. Petrofsky JS, Philips CA. Computer controlled walking In the neurological paralyzed individual. *J Neurol Ortho Surg* 4:153-64, 1983.
46. Popovic D, Stein RB, Oguztüreli N, Lebieowska M, Jonic S. Optimal control of walking with functional electrical stimulation: a computer simulation study. *IEEE Trans Rehabil Eng* 7(1): 69-79, 1999.
47. Price CI, Pandyan AD. Electrical stimulation for preventing and treating post-stroke shoulder pain: a systematic Cochrane review. *Clin Rehabil* 15(1): 5-19, 2001.
48. Robinson CJ, Kejj NA, Bolam JM. Spasticity in spinal cord injured patients: a short-term effects of surface electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 69:598-604, 1988.
49. Sampson EE, Burnham RS, Andrews BJ. Functional electrical stimulation effect on orthostatic hypotension after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 81(2): 139-43, 2000.
50. Scremin AM, Kurta L, Gentili A, Wiseman B, Perell K, Kunkel C, Scremin OU. Increasing muscle mass in spinal cord injured persons with a functional electrical stimulation exercise program. *Arch Phys med Rehabil* 80(12): 1531-6, 1999.
51. Smith BT, Mulcahey MJ, Betz RR. An implantable upper extremity neuroprosthesis in a growing child with a C5 spinal cord injury. *Spinal Cord* 39(2): 118-23, 2001.
52. Soetanto D, Kuo CY, Babic D. Stabilization of human standing posture using functional neuromuscular stimulation. *J Biomech* 34(12): 1589-97, 2001.
53. Spoltore T, Mulcahey MJ, Johnston T, Kelly K, Morales V, Rebuck C. Innovative programs for children and adolescents with spinal cord injury. *Orthop Nurs* 19(3): 55-62; quiz 62-4, 2000.
54. Stanic U, Kandare F, Jaeger R, Sorli J. Functional electrical stimulation of abdominal muscles to augment tidal volume in spinal cord injury. *IEEE Trans Rehabil Eng* 8(1): 30-4, 2000.
55. Stein RB. Functional electrical stimulation after spinal cord injury. *J Neurotrauma* 16(8): 713-7, 1999.

56. Taylor PN, Burridge JH, Dunkerley AL, Lamb A, Wood DE, Norton JA, Swain ID. Patients perceptions of the Odstock Dropped Foot Stimulator. *Clin Rehabil* 13(5): 439-46, 1999.
57. Taylor PN, Burridge JH, Dunkerley AL, Wood DE, Norton JA, Singleton C, Swain ID. Clinical use of the Odstock dropped foot stimulator: its effect on the speed and effort of walking. *Arch Phys Med Rehabil* 80(12): 1577-83, 1999.
58. Thorsen R, Spadone R, Ferrarin M. A pilot study of myoelectrically controlled FES of upper extremity. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 9(2): 161-8, 2001.
59. Triolo RJ, Liu MQ, Kobetic R, Uhler JP. Selectivity of intramuscular stimulating electrodes in the lower limbs. *J Rehabil Res Dev* 38(5): 533-44, 2001.
60. Uhler JP, Triolo RJ, Kobetic R. The use of selective electrical stimulation of the quadriceps to improve standing function in paraplegia. *IEEE Trans Rehabil Eng* 8(4): 514-22, 2000.
61. Vienna International Workshop on Functional Electrostimulation. 4, Vienna, 1992. Proceedings. Vienna, Department of Biomedical Engineering and Physics University of Vienna 216p, 1992.
62. Walsh K. Management of shoulder pain in patients with stroke. *Postgrad Med J* 77(912): 645-9, 2001.
63. Vodovnik L, Stefanovska A, Bajd T. Effects of stimulation parameters on modification of spinal spasticity. *Med & Biol Eng Comp* 25:439-42, 1987.
64. Vossius G. Grundlagen der funktionellen stimulation. *Z Orthop* 125:605-9, 1987.
65. Vossius G. Multichannel stimulation of the lower extremities with surface electrodes. In: International Symposium on External Control of Human Extremities 9, Dubrovnik. 1987. Dubrovnik, Yugoslavia, 1987.
66. Vossius G, Frech R. FES with emphasis on stabilization during standing and walking of paraplegic patients. In: Restoration of Walking for Paralyzed Persons; Workshop. Enschede, Netherlands, 1987.
67. Yarcony GM, Jaeger RJ, Roth E et al. Functional neuromuscular stimulation for standing after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 71:201-6, 1990.

Índice Remissivo

A

Aplicação da corrente FES e
caracterização da resposta motora
obtida, 14-15
Ato motor, 8

B

Bases da estimulação neuromuscular, 7

C

Capacidade
de resposta à corrente FES, 13
funcional para locomoção, 17
Condicionamento cardiorrespiratório, 44
Contração muscular a partir do estímulo
elétrico funcional, 15
Critério de avaliação das
articulações, 20

D

Deambulação, 71
Distrofias musculares, 14
Doença de Parkinson

avaliação postural, 80
conceitos, 77-78
escala unificada de classificação, 80
formulação dos trens de pulso, 85
histórico, 77
metodologia da reeducação
postural, 80-82
sintomas, 78-79
tratamento, 79-80

Dorsiflexores, 32

E

Efeito transporte, 24
Eletrodo
intracardíaco, 1
de superfície, 3
Eletroneuropróteses,
conceito de 2
Eletroterapia, XVII, 2, 5
FES, 12, 15
Eqüinismo, 67, 68, 71
Espasticidade, 19
Estimulação
elétrica, 9
elétrica transcutânea, 2
do quadríceps, 31

do tríceps, 25, 63
dos dorsiflexores, 42

F

FES (Estimulação Elétrica Funcional)
aplicada no Parkinson, 77-87
como recurso ortésico em
hemiplegia, 34
como recurso ortésico em paralisia
cerebral, 68
conceito de, 2
critérios de seleção dos pacientes, 39
e hemiplegia, 23-37
e os critérios de avaliação dos
pacientes, 13-22
e paralisia cerebral, 59-76
e condicionamento do ato
motor, 25, 63
no tratamento da hemiplegia
pós-AVC, 24
no tratamento da lesão
medular, 39-57
Folha de avaliação da resposta
muscular em relação à variação
de frequência e duração do pulso
elétrico, 16
Formulação dos trens de pulsos, 34
Frequência da repetição dos pulsos
elétricos, 11

G

Graduação de espasticidade da
preensão, 19

H

Hemiplegia, 13
pós-acidente vascular cerebral, 23

I

Impulsos elétricos, 2

L

Lesão medular, 51, 52, 53, 54, 56
por esclerose múltipla, 14
Lesões cerebrais e medulares, 13

M

Manobra de Thomas, 20-21
Marca-passo, 1
Mecanismo de ação da FES na
reeducação motora na paralisia
cerebral, 61
Miopatias, 13
Músculos
desnervados, 11
glúteos, 43
inervados, 12
quadríceps, 40

N

Neurectomia, 66
Neurólises químicas, 71

O

Órtese
de auxílio terapêutico na padronização
de marcha, 73
de uso contínuo como auxiliar de
marcha, 68
elétrica da técnica FES, 73

P

Pacientes hemiparéticos, 64
paraparéticos ou diparéticos, 64
Preensão, 18
capacidade de, 18
classificação da capacidade
funcional, 18
critério de avaliação, 18
graduação de espasticidade, 19

R

Recondicionamento
do glúteo médio, 66
do quadríceps, 43
dos músculos dorsiflexores dos
pés, 44
dos músculos glúteos máximos, 44
no membro inferior, 29
Recuperação motora em pacientes com
lesão medular, 40

T

- Técnica de transferência da posição sentada para a de pé, 47
- Treinamento da deambulação pela FES, 49
 - efeitos secundários, 54
- Treinamento da posição ortostática pela FES, 48

- Trem de pulso, 10, 39, 63
 - formulação de, 46
 - na paralisia cerebral, 62

U

- Uso de eletricidade como recurso terapêutico, 1