



DESENVOLVIMENTO, FORMULAÇÃO, CONTROLE DE QUALIDADE E APLICAÇÃO DE FÁRMACOS E SUBSTÂNCIAS TERAPÊUTICAS POR MEIO DA IONTOFORESE

Amanda Vitória Fernandes de Assis¹, Giovanna Teixeira Santos², Lucas Rocha de Almeida do Carmo³.

¹Universidade Federal de Minas Gerais/Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, <mailto:dfit@eeffto.ufmg.br>

²Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Engenharia Química, [email:graduação@deq.ufmg.br](mailto:graduação@deq.ufmg.br)

³Universidade Federal de Minas Gerais /Engenharia de Controle e Automação, <mailto:colca@eng.ufmg.br>

Resumo: A eficácia da iontoforese depende do desenvolvimento, formulação, controle de qualidade e aplicação segura de fármacos, com base científica. A escolha e a formulação correta das substâncias são cruciais para maximizar os resultados. Testes rigorosos de estabilidade e segurança asseguram um tratamento eficiente e confiável. As principais indicações incluem condições dermatológicas e musculoesqueléticas, com potencial para melhorar a adesão ao tratamento e otimizar resultados clínicos, apontando avanços futuros no campo farmacêutico e fisioterápico.

Palavras-chave: Farmacocinética, Substâncias terapêuticas, Administração transdérmica, Desenvolvimento e otimização, Iontoforese.

Grupo de Pesquisa Texto Livre	Belo Horizonte	v.18	n.2	2024.2	e-ISSN: 2317-0220
-------------------------------	----------------	------	-----	--------	-------------------

Realização:

Apoio:

Produção:





1. Introdução

O uso da eletricidade em tratamentos terapêuticos remonta à Grécia antiga, sendo sistematizado a partir de 1800 com as descobertas de Alessandro Volta e Galvani. Nesse contexto, surgiu a iontoforese, uma técnica não invasiva que utiliza correntes elétricas para facilitar a transferência transdermal de substâncias. A pele, especialmente o estrato córneo, funciona como uma barreira que limita a penetração de fármacos, sendo a escolha correta dos medicamentos e sua formulação essenciais para a eficácia da técnica. Apesar de sua longa história, a iontoforese ainda carece de estudos clínicos mais detalhados, especialmente na fisioterapia. Dessa forma, este estudo visa reunir informações e contribuir para o avanço das terapias não invasivas, focando no desenvolvimento e aplicação da iontoforese na área.

2. Metodologia

A metodologia adotada consistiu em uma revisão da literatura, com o objetivo de reunir e analisar informações sobre a técnica de iontoforese, destacando sua atuação na melhoria da absorção de medicamentos pela pele, bem como os avanços tecnológicos e estudos relacionados ao tema.

3. Fundamentos de Iontoforese em Terapia Farmacológica

A iontoforese é uma técnica transdérmica inovadora que utiliza correntes elétricas de baixa intensidade para introduzir substâncias terapêuticas através da pele. Os princípios fundamentais incluem:

Eletrorepulsão: Repulsão entre cargas elétricas iguais, impulsionando substâncias ionizáveis para os tecidos subjacentes.

Eletrosmose: Movimento de líquidos carregados que facilita o transporte de moléculas neutras ou fracamente ionizadas, complementando a eletrorepulsão.

Interação com a pele: Permeabilização controlada do estrato córneo, permitindo a penetração das substâncias sem danificar a integridade cutânea.



A eficácia da iontoforese depende de fatores como polaridade e concentração do fármaco, intensidade da corrente e tempo de aplicação, que determinam a taxa e a profundidade da penetração no tecido.

4. Mecanismos de transferência de massa e carga em iontoforese

A iontoforese é uma técnica não invasiva, baseada em mecanismos de transferência transdermal. Existem três mecanismos principais (OLIVEIRA et al., 2005):

1. **Eletrorrepulsão:** a transferência transdermal é criada pela interação droga–campo elétrico, que acaba gerando uma força motriz responsável pelo direcionamento dos íons de polaridade semelhante à do eletrodo sob o qual são colocados. Neste método tanto drogas de valência positiva quanto negativa são liberadas, desde que sejam colocadas sob o eletrodo que apresente a mesma carga elétrica.

2. **Eletrosmose:** baseia-se no movimento transdermal de parte do solvente juntamente com os componentes neutros e iônicos nele diluídos. Nesse processo, verifica-se um fluxo de água (solvente) do ânodo para o cátodo, que é conhecido como fluxo eletrosmótico. Este fluxo depende da característica elétrica da membrana sobre a qual está sendo aplicada a corrente, nesse caso a pele. A pele humana sob condições fisiológicas, tende à acidez, favorecendo o fluxo eletrosmótico e, dessa forma, aumentando a penetração de íons negativos e retardando a liberação de íons positivos é retardada.

3. **Aumento da permeabilidade intrínseca da pele:** este método se dá pela aplicação do fluxo elétrico. Nesse caso, a resistência da pele diminui, aumentando sua permeabilidade durante a passagem do campo elétrico. Ao final da aplicação de fluxo de corrente elétrica, a concentração iônica local retorna gradualmente aos níveis fisiológicos normais.

A partir da Lei de Faraday, pode-se estimar a taxa de penetração transdérmica por iontoforese, que relaciona a quantidade de íons transferidos pela pele à intensidade, duração da corrente elétrica e propriedades do íon (OLIVEIRA et al., 2005).

$$\Phi \text{ (equivalente-grama)} = I \times T \times Z \times F$$



em que: I = intensidade (em ampères); T = tempo de aplicação (em horas); Z é a valência do íon a ser transferido; e F é a constante de Faraday.

A partir desta equação é possível concluir que quanto maior o tempo de aplicação e a amplitude da corrente, maior será a quantidade transferida do íon. Também é possível deduzir que quanto menor a amplitude da corrente, maior o tempo de aplicação para que a mesma quantidade do íon seja transferida, ou vice-versa. No entanto, para aplicação de uma corrente contínua, a máxima amplitude pode ser determinada pela densidade de corrente. A relação de amplitude ao longo do tempo sugerida na literatura varia de 20 a 100 mA x minuto (mAmin).

5. Desenvolvimento e otimização do processo

A iontoforese exige um processo integrado que combina formulações específicas e parâmetros otimizados para garantir segurança e eficácia terapêutica.

Desenvolvimento de Formulações: fármacos hidrofílicos e ionizados são preferidos, com ajustes no pH e concentração para melhorar estabilidade e absorção. Avanços nanotecnológicos, como lipossomas e nanopartículas, oferecem proteção contra degradação e liberação controlada.

Otimização do Processo: estratégias incluem formulações eletrocondutivas para transferência uniforme, nanotecnologia para transporte profundo e simulações computacionais para ajustar parâmetros como corrente e tempo.

6. Aplicação clínica da iontoforese em fisioterapia e recuperação

A iontoforese é uma técnica terapêutica que utiliza corrente elétrica contínua de baixa intensidade para introduzir íons nos tecidos de forma indolor e não invasiva. Seu uso clínico inclui analgesia, cicatrização de feridas, tratamento de edemas, depósitos de cálcio e hiperidrose. Casos relatados na literatura abrangem condições como inflamações, rinite alérgica e queimaduras.

A eficácia da iontoforese depende do entendimento da condição a ser tratada, da escolha dos íons apropriados e do ajuste adequado dos parâmetros do equipamento, sendo esses fatores cruciais para o sucesso terapêutico.



7. Fármacos usados em iontoforese na fisioterapia

A iontoforese utiliza corrente elétrica para mover moléculas carregadas (íons) através da pele. Um eletrodo ativo contém o medicamento, e sua polaridade depende da carga do fármaco: positivo para medicamentos com carga positiva e negativo para os com carga negativa. Entre os fármacos comumente usados na iontoforese estão:

Dexametasona (negativa): Usada em condições inflamatórias como tendinites e artrites, reduzindo inflamação e edema.

Lidocaína (positiva): Alivia dor localizada, bloqueando a condução nervosa, especialmente em neuropatias e lesões agudas.

Ácido Acético (negativa): Dissolve calcificações, como em tendinite calcificada, facilitando a reabsorção de depósitos de cálcio.

Hidrocortisona (positiva): Anti-inflamatório esteroide, alivia dor e rigidez em inflamações musculoesqueléticas.

Iodeto de Potássio (negativa): Trata condições fibróticas como aderências e cicatrizes, amolecendo o tecido e melhorando a mobilidade.

8. Aspectos reguladores e éticos da iontoforese

Os aspectos reguladores e éticos da iontoforese garantem segurança, eficácia e aplicação responsável. Regulamentações envolvem a correspondência adequada entre fármaco e eletrodo, ajuste da intensidade da corrente, monitoramento do pH local, uso de soluções puras e manutenção de biossegurança. Eticamente, destacam-se o consentimento informado, capacitação profissional, personalização do tratamento e ajustes baseados no feedback do paciente, assegurando conforto e respeito aos direitos dos envolvidos.

9. Conclusão

A iontoforese surge como uma técnica promissora e versátil no campo da administração transdérmica de fármacos, oferecendo benefícios como a minimização de efeitos adversos e o aumento da adesão ao tratamento. Sua eficácia depende de um entendimento aprofundado sobre os mecanismos de ação, formulação adequada



dos medicamentos e parâmetros otimizados durante a aplicação. Além disso, avanços tecnológicos, como o uso de nanotecnologia, ampliam seu potencial terapêutico. No contexto da fisioterapia, a iontoforese mostra-se particularmente relevante em condições inflamatórias, musculoesqueléticas e dermatológicas. Contudo, a aplicação segura e eficaz dessa técnica exige o cumprimento rigoroso de normas éticas e regulatórias, bem como capacitação profissional contínua. Investimentos em pesquisa clínica são necessários para expandir seu uso e consolidá-la como uma ferramenta indispensável nas práticas terapêuticas.

Referências

- Gratieri, T.; Gelfuso, G.M.; Lopez, R.F.V.. **Princípios básicos e aplicação da iontoforese na penetração cutânea de fármacos**. Química Nova, v. 31, n. 6, p. 1490–1498, outubro, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000600040>. Acesso em: 01 nov. 2024.
- PRENTICE, William E.. **Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas**. 4. ed. Porto Alegre, AMGG, 2014.
- OLIVEIRA, A. S., GUARATINI, M. I. e CASTRO, C. E. S. **Fundamentação teórica para iontoforese**. Rev. bras. fisioter. Vol, v.9, n.1, p.1-7, 2005.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Atribuição - Compartilha Igual (CC BY-SA- 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução com a citação dos autores e da fonte original e sob a mesma licença.