



Sağlıkta Galvanik Akımın Yeri ve Önemi

Importance and Use of Galvanic Current in Healthcare

Halil İbrahim Öksüz¹, Saygın Şan¹, Mustafa Tunaya Kalkan², Işıl Öcal¹

¹Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Adana, Turkey

²İstanbul Aydın Üniversitesi, Biyofizik Anabilim Dalı, İstanbul, Turkey

ABSTRACT

Physical application methods such as heat energy, light, electricity and electromagnetic fields, pressure are used in the treatment of musculo-nervous system diseases in health. Galvanic current, iontophoresis (galvanotherapy), medical galvanism and surgical galvanism (electrolysis) methods are used in treatments. In this review, aim is explain the importance of galvanic current used in health and the areas where it is used in the light of literature information.

Galvanic current (DC: direct current), which is negative or positive monophasic, is a current generated by the movement of electrons in the same intensity and with the same direction. With this current, various ions or therapeutic drugs are introduced under the skin. This method is called galvanotherapy or iontophoresis¹. With the iontophoresis method, desired or therapeutic drugs are introduced into the skin by using electric current. Initially, it was called iontophoresis because it started with the intradermal administration of chemical agents such as AlCl₃ (aluminium chloride) or AlSO₄ (aluminium sulphate) which are effective in excessive sweating. Later, it was understood that galvanic current was effective in sweating. Iontophoresis method is used in the treatment of hyperhidrosis (excessive sweating) and its efficacy and reliability have been known for many years².

In environment with a temperature higher than the body temperature, heat transfer takes place by excreting sweat from our sweat glands to the outside of the body in order for our body to maintain its own temperature. After this heat transfer, the sweat evaporates. Eccrine sweat glands, which are usually located in the hands, feet and armpits and regulated by the peripheral and central nervous system, are approximately 2-4 million in a person. In case of too much stimulation, excessive sweating called hyperhidrosis occurs. Excessive sweating negatively affects the social and business life of individuals. Iontophoresis (galvanotherapy), botox, endoscopic thoracic sympatotomy (ETS) and local antiperspirants are used in the treatment of excessive sweating³. As a result of researches, approximately 1% of the population is faced with this disorder even though it can occur at any age in men and women⁴.

Keywords: İontophoresis, hyperhidrosis, sweat glands, sweat, sweating.

ÖZET

Sağlıkta kas-sinir sistemi hastalıklarının tedavisinde; ısı enerjisi, ışık, elektrik ve elektromanyetik alanlar, basınç gibi fiziksel uygulama yöntemleri kullanılmaktadır. Tedavilerde, galvanik akım; iyontoforez (galvanoterapi), tıbbi galvanizm ve cerrahi galvanizm (elektroliz) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu derlemede amacımız sağlıkta kullanılan galvanik akımın önemini ve kullanıldığı alanları literatür bilgileri ışığında açıklamaktır.

Negatif ya da pozitif monofazik olan galvanik akım (DC: doğru akım), elektronların aynı şiddette ve aynı yönde hareket etmesi ile oluşan akımdır. Bu akım ile deri altına çeşitli iyonların veya tedavi edici ilaçların girişi sağlanır. Bu yöntemle galvanoterapi veya iyontoforez denir¹. İyontoforez yöntemi ile elektrik akımı kullanılarak deri içine istenilen veya tedavi edici ilaçların girmesi sağlanır. Başlangıçta aşırı terlemede etkin olan AlCl₃ (alüminyum klorür) veya AlSO₄ (alüminyum sülfat) gibi kimyasal ajanların deri içine verilmesi ile başladığından, adı iyontoforez olarak adlandırılmıştır. Sonradan terlemede galvanik akımın etken olduğu anlaşılmıştır. İyontoforez yöntemi, hiperhidrosiz (aşırı terleme) tedavisinde kullanılan, etkinliği ve güvenilirliği uzun yıllardır bilinen bir yöntemdir².

Vücut sıcaklığından daha yüksek sıcaklıkta bir ortamda, vücudumuzun kendi sıcaklığını koruması için ter bezlerimizden vücut dışına ter atılarak ısı aktarımı gerçekleşir. Bu ısı aktarımı sonrası atılan ter buharlaşır. Genellikle el, ayak ve koltuk altında yer alan, çevresel ve merkezi sinir sistemi tarafından düzenlenen ektrin ter bezleri bir insanda yaklaşık 2-4 milyon kadardır. Çok fazla uyarılması durumunda hiperhidroz denilen aşırı terleme oluşur. Aşırı terleme bireylerin sosyal ve iş hayatını negatif yönde etkilemektedir. Aşırı terlemenin tedavisinde iyontoforez (galvanoterapi), botoks, endoskopik torasik sempatotomi (ETS) ve lokal antiperspirantlar kullanılmaktadır³. Yapılan araştırmalar sonucu kadınlarda ve erkeklerde her yaşta ortaya çıkabilmekle birlikte yaklaşık nüfusun %1'i bu rahatsızlıkla karşı karşıyadır⁴.

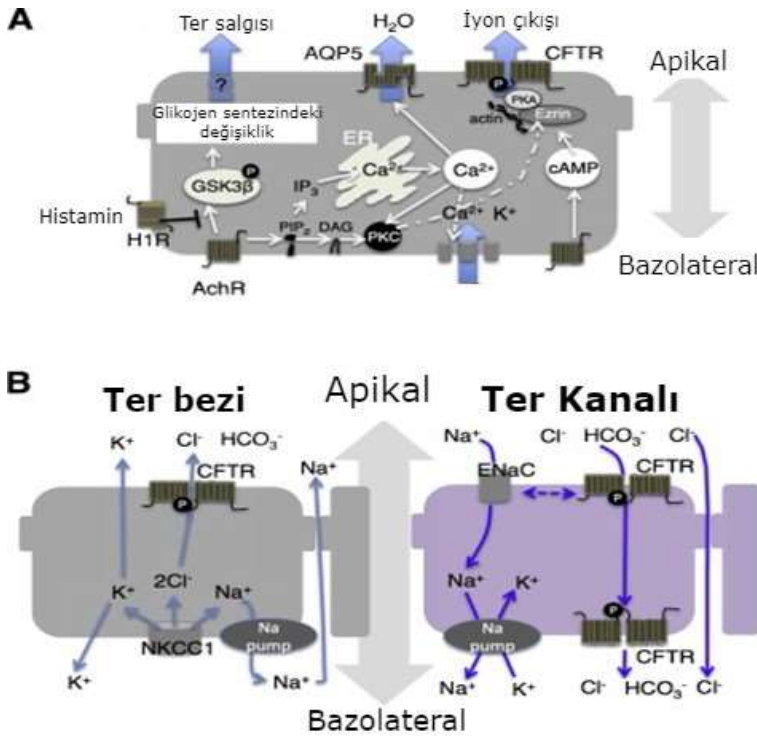
Anahtar kelimeler: İyontoforez, hiperhidrosiz, ter bezleri, ter, terleme.



Ter Salgısı ve Terleme

Ter Salgısının Moleküler Mekanizması

Ter salgısının moleküler mekanizmaları kısmen aydınlatılmıştır (Şekil-1A). Asetilkolin reseptörü (AChR) yoluyla kolinerjik uyarım, sitozolde inositol 1,4,5-trifosfatı (IP_3) üretir. IP_3 , endoplazmik retikulumdan (ER) Ca^{2+} salınımına yol açar ve hücre içi Ca^{2+} konsantrasyonu artırır. Artan sitoplazmik Ca^{2+} konsantrasyonu iyon akışını, iyon çıkışını ve H_2O emilimini destekler (Şekil-1A). İyon çıkışı sürecinde, bir plazma zarı siklik adenosin monofosfat (cAMP) ile aktifleştirilen Cl^- kanalı olan kistik fibroz transmembran iletkenlik düzenleyicisinin (CFTR) bir dizi işlemle aktivasyonu rol oynar. Aktive edilmiş protein kinaz C (PKC), bir moleküler anahtar olan ezrin ile etkileşime girer ve CFTR'nin dimerizasyonunu destekler. Bu işlem, CFTR'nin protein kinaz A (PKA) tarafından verimli bir şekilde fosforilasyonunu kolaylaştırır. Adrenalin reseptörleri yoluyla adrenerjik uyarım da terlemeye neden olur. cAMP, PKA'yı aktive ederek adrenerjik terlemenin habercisi rolünü oynar. Aynı zamanda kolinerjik uyarı glikojen sentez kinaz 3β 'nin (GSK3 β) fosforilasyonunu sağlayarak glikojen sentezini de değiştirdiği ve ter salgısına katkıda bulunduğu da düşünülmektedir⁵.



Şekil 1. Terin salgılanma ve yeniden emilme mekanizmaları (A). Ter salgısının moleküler mekanizmaları. AChR: Asetilkolin reseptörü; IP_3 Inositol 1,4,5-trifosfatı; ER: Endoplazmik retikulum; CFTR: Kistik fibroz transmembran iletkenlik düzenleyici; PKC: Protein kinaz C; GSK3 β : Glikojen sentezi kinaz 3β ; PKA: Protein kinaz A; H1R: Tip1 histamin reseptörü (B). Salgı kısmında (solda) Na-K-Cl birlikte taşıma modeliyle iyonik göç. ACh: Asetilkolin ve NKCC1: Na $^+$ -K $^+$ -Cl $^-$ ortak taşıyıcısı. NaCl ve HCO $_3^-$ 'ün epitelyal Na $^+$ yoluyla emiliminde (sağda) yer alan epitel sodyum kanalı (ENaC), CFTR ve Na $^+$ pompası⁶.

İyonik geçişlerle ilgili olarak, ter bezinin salgı kısmının bir Na-K-Cl birlikte taşıma modeli gösterilmiştir (Şekil-1B, sol). Asetilkolin (ACh) dâhil olmak üzere sudomotor stimülasyon, hücreye Ca^{2+} girişini arttırır ve bazolateral plazma zarının Na $^+$ geçirgenliğini yükseltir. Na $^+$ -K $^+$ -Cl $^-$ ortak taşıyıcısı ve bir Na $^+$ pompası, ter salgılayan hücrelerin bazolateral plazma membranında bulunur⁷. Hücre içine giren Na $^+$; Na $^+$ pompası tarafından dışarı pompalanır ve ardından Na $^+$ konsantrasyon gradyanı bazolateral membran boyunca sağlanır. Bu gradyan aşağı doğru bir elektrokimyasal potansiyele neden olur ve dolayısıyla K $^+$ ve Cl $^-$ bazolateral membrandan hücre içine girebilir. K $^+$, bazolateral plazma zarı boyunca pasif olarak salgı

hücresinin dışına doğru hareket eder. Cl⁻'nin ter içine salgılanmasına CFTR aracılık eder. Ter kanalı hücreleri epitelyal Na⁺ kanalı (ENaC), CFTR ve Na⁺ pompası aracılığıyla NaCl ve HCO₃ emiliminde rol oynar (Şekil-1B, sağ) Na⁺ hücrelere ENaC aracılığıyla pasif olarak girer. CFTR, Cl⁻'ye bağlı HCO₃ taşınmasını düzenler. Ter bezi hücrelerinde olduğu gibi ter kanalı hücrelerinde de CFTR kısmen PKA aktivasyonu ile düzenlenir. Cl⁻ ayrıca lüminal hücrelerden bazolateral hücrelere olan gradiyant doğrultusunda Cl⁻ kanalları yoluyla pasif olarak akar ve aynı zamanda hücreler arası bağlantılardan da geçer. HCO₃ doğrudan CFTR'den veya H⁺ salgılanması yoluyla emilir^{6,7}.

Terleme

Terlemeyi, normal terleme ve aşırı terleme olarak sınıflandırabiliriz. Normal Terleme, sıcak hava, sigara içmek, aşırı nem, baharat ve kafein içeren yiyecek ve içecekler, alkollü içecekler, egzersiz yapma, utanma, heyecan, korku, sinirlilik ve kaygı gibi duygu durumlarında meydana gelir⁸. Aşırı Terleme (Hiperhidroz) ise ortada hiçbir sebep yokken vücudun normalden çok daha fazla terleme durumudur. Bu durumu önemsemekte fayda vardır. Çünkü hiperhidrozun altında yatan farklı tıbbi nedenler olabilir. Bunlar; diyabet, akciğer hastalıkları, menopoz, ateş, enfeksiyon, kanser türleri, hormonal sorunlar, kan şekeri değerinin düşüklüğü ve tüberküloz gibi sebepler olabilir⁸. Her iki durumda da insan vücudunda termoregülasyon mekanizması devreye girer.

Termoregülasyon

Hipotalamusta sıcaklığa ve soğukluğa karşı duyarlı nöronların oluşturduğu geri-besleme mekanizması vücut sıcaklığını ortalama 36,5 ± 0,5 °C'de sabit tutmaktadır^{9,10}. Termoregülasyon, vücudu normal sıcaklığında tutmak için merkezi sinir sistemindeki (MSS) hipotalamus tarafından gerçekleştirilen karmaşık otonomik bir süreçtir. Bu otonom süreç, sıcaklığın iç ve dış duyu organları tarafından algılanmasını ve ısıyı arttıracak veya azaltacak mekanizmaların çalışmasını içermektedir. Vücut çok sıcaksa MSS, derideki kan damarlarında vazodilatasyonu ve ısı üretiminin azalmasını (titreme ve kimyasal termogenez) harekete geçirir. Vücudun çok soğuk olması durumunda MSS, derideki kan damarlarının daralmasını, piloereksiyonu ve termogenezin artmasını aktive eder. Termoregülasyon hem merkezi hem de periferik sinirler tarafından gerçekleştirilen karmaşık otonomik bir süreçtir¹¹.

SICAKTA AKTİF OLAN MEKANİZMALAR (Vücut Sıcaklığını Azaltmaya Yönelik)

- **ISI KAYBINI ARTTIRAN**
Deri Damarlarında Vazodilatasyon (Sempatik-Kolinerjik)
Terleme (Sempatik-Kolinerjik)
Solunum Hızlanması
- **ISI ÜRETİMİNİ AZALTAN**
İştahsızlık
Hareketsizlik
Gevşeme
TSH Salgılanmasında Azalma

SOĞUKTA AKTİF OLAN MEKANİZMALAR (Vücut Sıcaklığını Azaltmaya Yönelik)

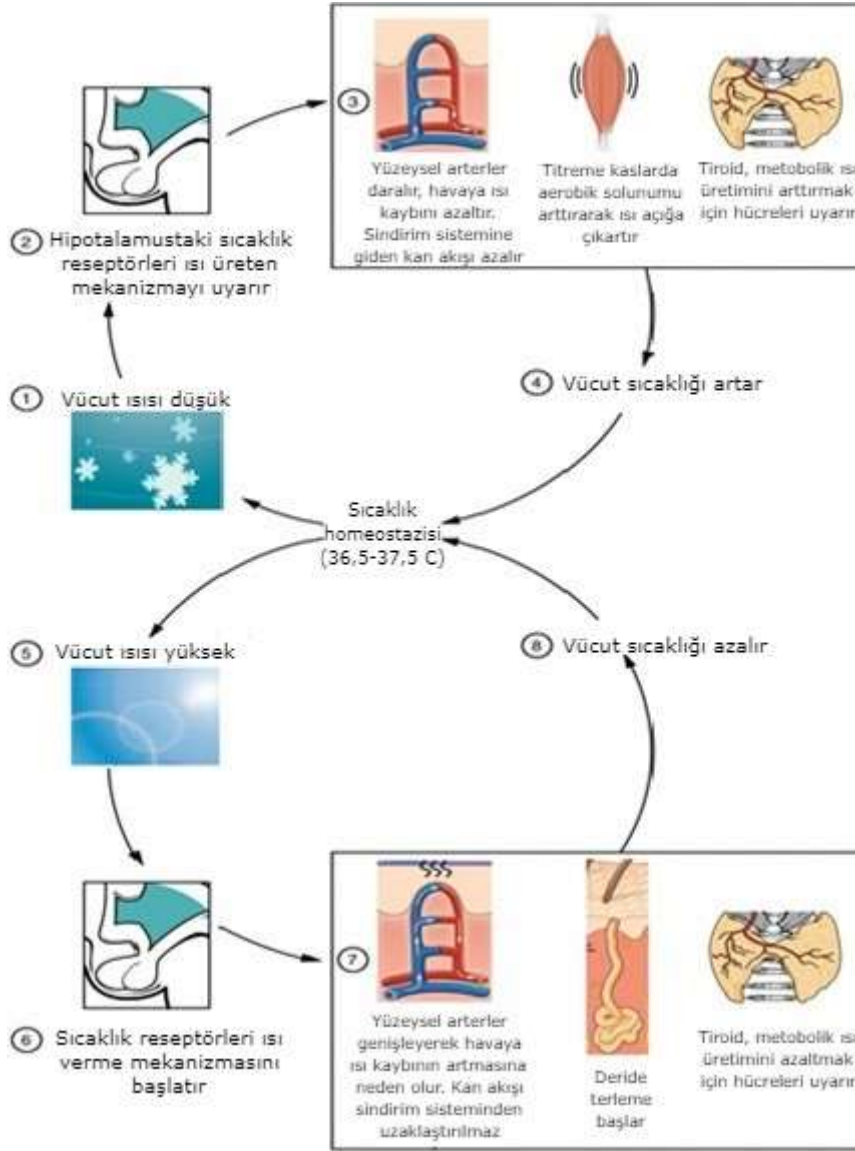
- **ISI KAYBINI AZALTAN**
Deri Damarlarında Vazokonstriksiyon
Piloereksiyon (Sempatik Kolinerjik)
Ürperme
Vücut Yüzey Alanının Küçültülmesi (Kıvrılma)
- **ISI ÜRETİMİNİ ARTTIRAN**
Titreme (Somatik)
Adrenalin ve Noradrenalin Salgılanmasında artma
İstemli Aktivitede Artma

Tablo 1. Vücut Termoregülasyonunda Etkili Mekanizmalar^{10,11}.

Vücut Isı Dengesi

Vücut, termoregülasyon adı verilen bir süreçle vücut sıcaklığını düzenler; bu süreçte vücut, çevresindeki sıcaklık çok farklı olsa bile sıcaklığını belirli sınırlar içinde tutabilir. Vücudun kor sıcaklığı yaklaşık 36,5±0,5

°C'dir. Vücuttaki hücreler tarafından ATP üretimi sürecinde, üretilen enerjinin yaklaşık yüzde 60'ı vücut sıcaklığını korumak için kullanılan ısı enerjisidir. Termoregülasyon negatif geri beslemeye bir örnektir¹². Beyindeki hipotalamus, vücudun kor sıcaklığını düzenlemek için bir termostat gibi çalışan ana anahtardır. Sıcaklık çok yüksekse, hipotalamus sıcaklığı düşürmek için çeşitli süreçler başlatır. Bunlar; ısının deri yoluyla dağılmasını sağlamak, kanın vücut yüzeyine dolaşımını artırmak ve yüzeyini soğutmak, derideki suyun buharlaşmasına izin vermek, terlemeyi başlatmaktır¹³. Tersine, vücut sıcaklığı kor sıcaklığının altına düşerse, hipotalamus ısı üretmek için titremeyi başlatır. Vücut daha fazla enerji kullanır ve daha fazla ısı üretir. Buna ek olarak, tiroit hormonu vücuttaki hücreler tarafından daha fazla enerji kullanımını ve ısı üretimini uyarır¹⁴.



Şekil 3. Hipotalamusun Termoregülasyon Kontrol Mekanizması⁷.

Aşırı Terleme (Hiperhidroz) ve Galvanoterapi

Aşırı terleme, ter bezleri; ayaklarda, avuç içlerinde, kasık bölgesinde ve koltuk altlarında daha fazla bulunur. Bu nedenle aşırı terleme esnasında bu bölgeler çok daha fazla terler. Hiperhidroz anormal miktarda terin uygunsuz olarak üretimidir. Birincil ve ikincil hiperhidroz olmak üzere iki çeşittir. Birincil hiperhidroz; hastalığın altında yatan bir neden yoktur (İdiopatik). İkincil hiperhidrozda ise

hastalığın altında yatan nedenler bulunmaktadır¹⁵. Hiperhidroz, yalnızca üç spesifik cilt bölgesini etkiliyorsa lokalize olarak tanımlanır. Koltuk altı en sık olarak tek başına veya avuç içi ile birlikte (%70) etkilenir (Şekil-4A). İkinci en yaygın olarak, avuç içleri ya tek başına, ya koltuk altı ya da ayaklarla birlikte (%30) etkilenir (Şekil-4B). Hastaların %20'sinde baş ve boyun etkilenir. Hastaya hiperhidrozis tanısı koymadan önce hastanın öyküsü, muayenesi ve araştırılması gerekir. Hiperhidroz; ergenlik döneminde (14-25 yaş) başlama eğilimindedir ancak bebeklerde de görülebilir. Genellikle genç yetişkinlerin (18-39 yaş) tedaviye eğilimi daha fazladır. İleri yaş gruplarında ise tedaviye yönelim oranı daha düşüktür¹⁶.



Şekil 4. Hiperhidrozis A) Koltuk altı B) Avuç içi C) Ayak hiperhidrozis (<https://www.drseyed.in/hyperhidrosis-treatment-delhi>).

Galvanoterapi (İyontoforez)

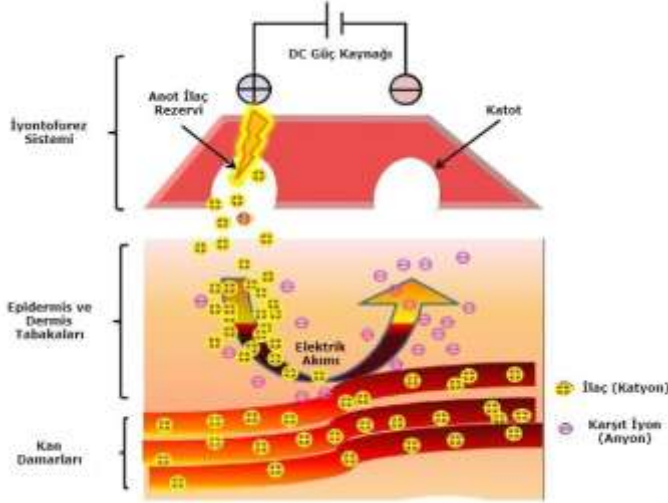
9 Eylül 1737 yılında İtalyada Bologna şehrinde dünyaya gelen Luigi Galvani, babası gibi tıp fakültesini bitirmiştir. 1762'de öğretim görevlisi olmuş ve 6 Kasım 1787'de rastgele bir deney sonucunda galvanik akımı bulmuştur. 1968 yılında ise Levit tarafından çeşme suyu iyontoforezi ismiyle dermatolojide tedavide kullanılmaya başlanmıştır⁴. İyontoforez yönteminde galvanik akım kullanıldığı için iyontoforez galvanoterapi olarak da adlandırılmıştır.

Galvanoterapi, adından da anlaşılacağı gibi galvanik akım kullanılarak uygulanan elektriksel stimülasyon yöntemidir. Galvanik akım, (DC: doğru akım denen) frekansı sıfır, tek yönde akan elektrik akımıdır. Yani doğru akım pozitif (anot), negatif (katot) olarak iki kutbu olan kapalı bir elektrik devresinde katottan anoda akan düz, ve devamlı elektron geçişidir. Akım, iletkenlerden oluşan kapalı bir devrede kutuplar arasında potansiyel farkı (Volt) var olduğu sürece devam eder¹⁷.

Galvanik akım, sağlıkta başta fizyoterapi ve dermatoloji anabilim dalları olmak üzere iskemik deri ülserlerinde, ödem tedavisinde, mantar enfeksiyonlarında, hiperhidroziste, bursit, gut artritinde, denerve kasın uyarılmasında, tendinit gibi hastalıklarda, tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır. Galvanik akımın bazı elektroterapötik etkileri mevcuttur. Bunlardan bir tanesi polarite (kutuplaşma) etkisidir. Burada ya elektroozmos denilen doku sıvılarının zarlar aracılığı ile yer değiştirmesi, ya iyontoforez dediğimiz negatif ve pozitif iyonların elektrotlar arası yer değiştirme ya da kataforez denilen iyon emiliminin yağ doku veya kan hücreleri üzerine etkileri işlemi sırasında gerçekleşen olaylardır.

İyontoforez yöntemi deri emilimi yoluyla vücuda verilmek istenen madde veya ilaçların istenilen bölgeye ulaştırılmasını sağlamak ayrıca istenilen madde veya ilaçların deriye depo edilerek o maddenin uzun süreli etkisini gerçekleştirmek amacı doğrultusunda kullanılmaktadır¹⁸. İyontoforez yönteminin avantajı, belirli bölgeye uygulanan madde miktarının net olarak hesaplanabilmesini ve kontrollü olarak uygulama süresi ve akım şiddeti ayarlanarak verilen maddenin elektrokimyasal eş değeri ile dokuya giren madde miktarının miligram cinsinden hesaplanmasını mümkün kılmasıdır. Ayrıca galvanik akımın anodal galvanizm ve katodal

galvanizm olarak kimyasal ve fizyolojik etkileri de vardır. Anodal galvanizm, asit reaksiyonuna kimyasal olarak sebep olurken fizyolojik olarak, doku sertleşmesinde, sinir iritabilitesinde azalmayı sağlar. Katodal galvanizm ise alkali reaksiyonuna ve fizyolojik olarak doku yumuşamasında, sinir iritabilitesinde artışa sebep olur. Her iki kutbun kimyasal etkisi ise vazodilatasyon ve vazomotor stimülyasyondur (Şekil-5).



Şekil 5. İyontoforez Sistemi; iyontoforez sisteminde DC güç kaynağı ünitesi ile ilaç dermis ve epidermis tabakalarına iletilmektedir. Bu sistem iki kutup arasında bir potansiyel farkı uygulandığında zıt iyonlar farklı kutuplarda toplanmaktadır¹⁹.

Galvanoterapi (İyontoforez) Uygulanması

Hiperhidroz; fizyolojik olarak vücudun normal ihtiyacından daha fazla ter salgılanması ile karakterize edilen bir hastalıktır. Primer hiperhidroz ve sekonder hiperhidroz olarak sınıflandırılmaktadır. Primer hiperhidrozun sebebi belli olmamakla birlikte sekonder hiperhidroz sistemik bir hastalığın göstergesidir. Çoğunlukla ayak tabanı, avuç içi ve aksiler bölgeyi etkileyen primer hiperhidrozun tedavisinde lokal antiperspiranlar kullanılmaktadır. Lokal tedavilere cevap alınamayan durumlarda ise invaziv girişimden önce iyontoforez uygulaması yapılmaktadır. İyontoforez uygulanmasında, elektrik akımı ile epidermis ve dermis tabakaları içine çeşitli iyonların girişi sağlanır. İyontoforezin uygulanabilmesi için ilacın suda çözünabilirlik, polarizasyon ve uygun molekül büyüklüğü gereklidir^{20,21}.

Çeşme suyu iyontoforezi günde 1 defa, ortalama 20 dk. (en az 10 dk, en fazla 30 dk.) olacak şekilde seanslar halinde, terleyen deriden 10-22 mA doğru akım geçirilerek uygulanır. Uygulama esnasında çeşme suyu ile doldurulmuş plastik kaplar kullanılır. Elektrotlarla su içinde elektriksel akım uygulanır ve DC güç kaynağı ile hastadan hastaya değişen 10-22 mA akım verilir. Eller ve ayaklar su içerisinde olacak şekilde elektrotlar üzerine yerleştirilen yumuşak pedler üzerine konulur ve ilk 3 dakika içinde akım yavaş yavaş sıfırdan başlanarak hastaların tolere edebileceği düzeye kadar artırılır.

Tedavi haftada 3-5 gün toplam 8 veya 12 seansta uygulanmaktadır. Terlemede azalma 1 ile 2 hafta içinde görülmeye başlamaktadır. Tedavi esnasında terleme oranı hasta ve hekim tarafından birlikte değerlendirilir. Hastalara tedavi öncesinde ve sonrasında terleme miktarları sorularak görsel analog ölçeğinde 0-10 arasında değerlendirme yapmaları istenir. Hekim terleme şiddetini 1 (terleme yok) - 5 (aşırı terleme) arasında değişen puanlama ile değerlendirir²⁷ (Şekil-6).



Şekil 6. El ve ayak iyontoforez uygulama yöntemi (<https://www.alamy.com/stock-photo-hyperhidrosis-iontophoresis-49260277>).

Sonuç

İyontoforezin etki mekanizması tam olarak açıklanamazsa da hiperkeratinizasyon ve bununla bağlantılı olarak ter bezlerinin kanallarında tıkanmaya neden olduğu ileri sürülmektedir²². Bazı araştırmacılar histopatolojik incelemede bu bulguların görülmediğini bildirirken, bazıları ektrin ter bezlerinde tıkanıklık ve destruksiyon olduğunu gözlemlemişlerdir^{23,24}. Sato ve ark. çeşme suyu iyontoforezi esnasında artan hidrojen iyonlarına bağlı olarak ter kanallarında oluşan pH düşüklüğünün ektrin ter bezlerinin disfonksiyonuna katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir²⁵. Ayrıca iyontoforezin sempatik sinirlerin uyarılma eşliğini artırarak, ter bezlerinde sempatik sinir sistemi iletimini bloke ettiğini ve hücrelerin salgı mekanizmasını değiştirerek ter bezlerinin fonksiyonunu bozduğunu ileri süren çalışmalar da mevcuttur²⁶.

Elektrik akımının elektrofiziksel, elektrotermal ve elektrokimyasal olmak üzere 3 temel etkisi vardır. İyontoforezde doğru akım uygulandığı sırada anot bölgesinde suyun hidrolizi ile oluşan kuvvetli asidite nedeni ile pH 3'e düşerken, katot bölgesinde pH 10'a yükselir²⁵. Doğru akım anot bölgesinde elektrokimyasal etki (asidite) ile terlemeyi daha fazla azaltır, katot bölgesinde ise elektrofiziksel ve elektrotermal etkileri oluşturur fakat terleme üzerine etkisi azdır²⁸. İyontoforez tedavisi esnasında tedavinin daha iyi etkili olabilmesi açısından akımın yönü seans esnasında veya takip eden seanslarda değiştirilerek uygulanmalıdır, böylece uniform bir etki sağlanır^{28,29}. Ayrıca yapılan bir çalışmada ilk 5 ile 7 seansta anot etkili akım tercih etmenin, her seansta polarite değişikliği yapmaktan daha etkili olduğu bildirilmiştir²⁸. İyontoforez tedavisinde genel olarak ilk 5 seans sonucunda semptomlarda azalma meydana gelmiştir^{29,30}. Karakoç ve arkadaşlarının 112 palmoplantar hiperhidrozlu hasta ile yaptıkları çalışmada hastalara 1,2,4,7,11,16,22 ve 29. günlerde uygulanan 8 seans tedavi sonrasında hastaların %81'inde palmar hiperhidrozun azaldığını, remisyonun ortalama 35 gün olduğunu, ikinci 8 seanslık uygulamada ise remisyon süresinin 48 güne yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada plantar hiperhidrozun tedavisi ile palmar hiperhidrozun da eş zamanlı olarak gerilediği belirtilmiş ve bu durum "bio feed back" mekanizması ile açıklanmıştır³¹.

İyontoforez tedavisinde uygulanan akım sebebiyle hidroksit ve hidrojen iyonlarına bağlı kısa dönem yan etkiler gözlenebilmektedir. Oldukça sık görülen bu yan etkiler elektrotla temas eden yüzeylerde, karıncalanma, eritem ve yanma şeklindedir. Özellikle katot üzerinde gözlemlenir. Eritemin sebebi doğru akımın nörojenik enflamasyonu artırma etkisiyle bağlantılıdır. Tedavi öncesinde asetil salisilik asit verilmesi veya tedavi sonrası lokal kortikosteroid uygulanması ile bu eritemin azaltılabileceği belirtilmiştir^{32,33}. Daha az gözlemlenen yan etkiler, deri irritasyonu, hiperestezi, ileri derecede yanıklara bağlı gelişen nekroz ve veziküldür³⁴. Literatürde iyontoforez esnasında oluşan fiziksel ürtiker olgusu da bildirilmiştir³⁵.

İyontoforezin uzun süreçte yan etkileri yoktur. Yapılan çalışmalar sonucunda çeşme suyu iyontoforezinin uzun zamanlar herhangi bir zorluk yaratmadan uygulanabileceğini göstermektedir³⁶. Yan etkilerden etkilenmemek için tedavi edilen bölgenin her santimetrekaresine 0,2 mA akım uygulanması ve genellikle 20-25 mA lik akım tolere edilebilir³⁷. Akımın tedavinin başlangıcında yavaş yavaş karıncalanma hissi oluşana kadar artırılması ve tedavi sonunda azaltılarak kesilmesi yan etkilerin azaltıldığını göstermiştir^{38,39}.

Sonuç olarak galvanik akım kullanılarak uygulanan çeşme suyu iyontoforezi geri dönüşümlü ve belirli süreçlerle tekrarlanması gereken tedavi yöntemidir. Basit, etkili, güvenli ve ekonomik olması, uzun dönem uygulandığında herhangi bir yan etkinin gözlemlenmemesi sebebiyle özellikle el ve ayak hiperhidroz tedavisinde kullanılabilecek bir yöntemdir.

Kaynaklar

1. Blake, E., McMakin, C., Lewis, D. C., Buratovich, N., & Neary Jr, D. E. Electrotherapy Modalities. In *Naturopathic Physical Medicine*. Churchill Livingstone. 2008;539-62.
2. Baker, L. B. Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. *Temperature*. 2019;6:211-59.
3. Hussain, J. N., Mantri, N., & Cohen, M. M. Working up a good sweat—the challenges of standardising sweat collection for metabolomics analysis. *The Clinical Biochemist Reviews*. 2017;38:13.
4. Leung AK, Chan PY, Choi MC. Hyperhidrosis. *Int J Dermatol*. 1999;38:561-7
5. Gee S, Yamauchi PS. Nonsurgical management of hyperhidrosis. *Thorac Surg Clin*. 2008;18:141-55.
6. Murota, H., Matsui, S., Ono, E., Kijima, A., Kikuta, J., Ishii, M., & Katayama, I. Sweat, the driving force behind normal skin: an emerging perspective on functional biology and regulatory mechanisms. *Journal of dermatological science*. 2015;77:3-10.
7. Cui, C. Y., Childress, V., Piao, Y., Michel, M., Johnson, A. A., Kunisada, M., ... & Schlessinger, D. (2012). Forkhead transcription factor FoxA1 regulates sweat secretion through Bestrophin 2 anion channel and Na-K-Cl cotransporter 1. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012;109:1199-1203.
8. Colvin, N. N., Hayes Jr, H., Chisum, A., & Joly-Brown, K. Don't Sweat It: An Overview of Hyperhidrosis. *Us Pharmacist*. 2018;43:15-18.
9. Benzinger T.H. Heat Regulation: Homeostasis of central temperature in man, *physiol. Rev*. 1969;49: 671-759.
10. Hammel H.T., Jackson D.L., Stalwuk J.A.J., Hardy J.D. ve Stromme S.B.: Temperature regulation by hypothamic proportional control with an adjustable set-points. *J. appl Physiol*. 1963;18:1146-54.
11. Renero-C, F. J. Dysautonomia, thermoregulation and prevention of the diabetes mellitus type 2. *Medical Hypotheses*, 2023;176:111086.
12. Osilla, E., Marsidi, J., Shumway, K., & Sharma, S. Physiology, temperature regulation. *StatPearls*. 2023.
13. Medica-Viola, V., Baressi Šegota, S., Mrzljak, V., & Štifanić, D. Comparison of conventional and heat balance based energy analyses of steam turbine. *Pomorstvo*. 2020;34:74-85.
14. Web sitesi adı : Courses Lumenlearning Adresi: <https://courses.lumenlearning.com/suny-ap2/chapter/energy-and-heat-balance> Erişim: 28.09.2023.
15. Kisielnicka, A., Szczerkowska-Dobosz, A., Purzycka-Bohdan, D., & Nowicki, R. (2022). Hyperhidrosis: disease aetiology, classification and management in the light of modern treatment modalities. *Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii*, 2022;39:251-57.
16. Baker, D. *Hyperhidrosis. Surgery (Oxford)*. 2022;40:70-75.
17. Peñin-Franch, A., García-Vidal, J. A., Martínez, C. M., Escolar-Reina, P., Martínez-Ojeda, R. M., Gómez, A. I., . & Pelegrín, P. (2022). Galvanic current activates the NLRP3 inflammasome to promote Type I collagen production in tendon. *Elife*. 2022;11:e73675.
18. Sheikh, N. K., & Dua, A. Iontophoresis analgesic medications. 2020.
19. Marrow, E. A. Toward Hydrogel Microneedle Patches for The Passive Extraction of Subcutaneous Interstitial Fluid.
20. 20- Cheung JS, Solomon BA. Disorders of sweat glands: hyperhidrosis: unapproved treatments. *Clin Dermatol* 2002;20(6):638-42. [http://dx.doi.org/10.1016/S0738-081X\(02\)00284-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0738-081X(02)00284-5)
21. Özcan D, Güleç T. Hiperhidroz ve Tedavisi. *Klin J Dermatol*. 2005;15:96-103.
22. Papa CM, Klugman AM. Mechanism of ecrine anhidrosis by iontophoresis. High level blockade. *J Invest Derm*. 1966;47:1-9.
23. Hill AC, Baker GF, Jansen GT. Mechanism of action of iontophoresis in the treatment of palmar hyperhidrosis. *Cutis* 1981;28:69-70,72.
24. Na GY, Park BC, Lee WJ, Park DJ, Kim do W, Kim MN. Control of palmar hyperhidrosis with a new "dry-type" iontophoretic device. *Dermatol Surg*. 2007;33:57-61.
25. Sato K, Timm DE, Sato F, Templeton EA, Meletioui DS, Toyomoto T, Soos G, Sato SK. Generation and transit pathway of H⁺ is critical for inhibition of palmar sweating by ion tophoresis in water. *Psychiatry Clin Neurosci*. 2001;55:549-57.
26. Anliker MD, Kreyden OP. Tap water iontophoresis. *Curr Probl Dermatol* 2002;30:48-56.
27. Lowe NJ, Yamauchi PS, Lask GP, Patnaik R, Iyer S. Efficacy and safety of botulinum toxin type a in the treatment of palmar hyperhidrosis: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Dermatol Surg*. 2002;28:822-7.
28. Aydemir EH, Kalkan MT, Karakoç Y. Quantitative effect of anodal current in the treatment of primary hyperhidrosis by direct electrical current. *Int J Dermatol*. 2006;45:862-4.
29. Başkan EB, Sarıcaoğlu H. Hiperhidroz Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar. *T Klin J Cosmetal*. 2003;4:165-172.
30. Karakoc Y, Aydemir EH, Kalkan MT. Placebo-controlled evaluation of direct electrical current administration for palmoplantar hyperhidrosis. *Int J Dermatol*. 2004;43:503-5.
31. Karakoç Y, Aydemir EH, Kalkan MT, Unal G. Safe control of palmoplantar hyperhidrosis with direct electrical current. *Int J Dermatol*. 2004;43:503-5.
32. Berliner MN. Reduced skin hyperemia during tap water iontophoresis after intake of acetylsalicylic acid. *Am J Phys Med Rehabil*. 1997;76:482-7.

33. Reinauer S, Neusser A, Schauf G, Holzle E. Pulsed direct current iontophoresis as a possible new treatment for hyperhidrosis. *Hautarzt*. 1995;46:543-7.
34. Lambert D, Guillet G, Denoeux JP, Thivolet J, Labeille B, Dalac S. Accidents caused by iontophoresis. *Ann Dermatol Venereol*. 1993;120:907-8.
35. Meffert JJ. Galvanic urticaria. *Cutis*. 1999;63:327-8.
36. Hölzle E, Alberti N. Long-term efficacy and side effects of tap water iontophoresis of palmoplantar hyperhidrosis--the usefulness of home therapy. *Dermatologica*. 1987;175:126-35.
37. Kavanagh GM, Oh C, Shams K. BOTOX delivery by iontophoresis. *Br J Dermatol*. 2004;151:1093-5.
38. Shen JL, Lin GS, Li WM. A new strategy of iontophoresis for hyperhidrosis. *J Am Acad Dermatol*. 1990;22:239-41.
39. Web Sitesi Adı : Iontophoresis Machines Adresi : <https://iontophoresis-machines.co.uk/effect-and-mode-of-action/> Erişim : 3.10.2023

Correspondence Address / Yazışma Adresi

Işıl Öcal
Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi
Biyofizik Anabilim Dalı
Adana, Turkey
e-mail: iocal@cu.edu.tr

Geliş tarihi/ Received: 09.11.2023**Kabul tarihi/ Accepted:** 07.12.2023