

Elektrodermal Aktivite

ELECTRODERMAL ACTIVITY

Ferhan ESEN*

*Yrd.Doç.Dr., Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik AD, ESKİŞEHİR

Özet

Elektrodermal aktivite (EDA), ter bezleri ile komşu epidermal ve dermal tabakalardan kaynaklanan ve deri yüzeyinde özel bölgelere yerleştirilen elektrodlarla kayıtlanan elektriksel aktivite olarak tanımlanmaktadır.

Elektrodermal aktivite açısından önemli olan ekrin ter bezleri sempatik kolinerjik sinirlerle innerve edilirler ve bu liflerin aktivasyonu ter salgılanmasını artırır. Bu etkinlik deri direncini küçültür.Yapılan araştırmalar merkezi sinir sisteminde (MSS), EDA'nın ortaya çıkışında farklı iki nöral kaynağın varlığını göstermiştir. Bunlardan biri limbik-hipotalamik kökenli EDA-1, diğeri premotor-bazal gangliyon kökenli EDA-2'dir. Bu nedenle EDA'nın, dolaylı olarak sempatik sinir sistemi aktivasyonunu izlemede kullanılabilceği ifade edilmektedir. Bundan da ötede derideki biyoelektrik olayların MSS aktivasyonunun göstergesi olarak kullanılabilceği düşüncesi öne sürülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrodermal aktivite (EDA),
Deri direnç düzeyi (SRL),
Deri direnç yanıtı (SRR)

T Klin Tıp Bilimleri 2000, 20:27-34

Summary

Electrodermal activity (EDA) is defined as an electrical phenomena which originates from the sweat gland, epidermal and dermal layers in the skin and can be recorded with the electrodes placed on the special skin site.

Eccrin sweat gland which is important for the electrodermal activity is innervated by the sympathetic cholinergic fibers and the activation of these fibers increases the sweat secretion. As a result of this activation, skin resistance changes. Experimental evidence concerning the central nervous system elicitation of EDA points to the existence of two different origins: a limbic-hypothalamic source labelled EDA-1 and a premotor-basal ganglia source labelled EDA-2. Therefore, it is suggested that EDA can be indirectly used for the assesment of sympathetic nervous system activity. Furthermore, it is also expressed that bioelectrical activity on the skin can be used as an indicator of the central nervous system activation.

Key Words: Electrodermal activity (EDA),
Skin resistance level (SRL),
Skin resistance response (SRR)

T Klin J Med Sci 2000, 20:27-34

Elektrodermal aktivite (EDA), derideki tüm elektriksel olayları kapsayan genel bir kavram olarak kullanılmaktadır. Bu elektriksel olaylar, deri ve onun ikinci derecede önemli yapılarının aktif ve pasif elektriksel özelliklerini kapsar. Bu elektriksel karakteristiklerin incelenmesinde endosomatik ve egzosomatik olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Deride kendiliğinden oluşan biyoelektrik olaylar sonucu ortaya çıkan potansiyellerin gözlenmesi endosomatik yöntem olarak adlandırılmaktadır.

Geliş Tarihi: 08.06.1999

Yazışma Adresi: Dr.Ferhan ESEN
Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Biyofizik AD, 26480, ESKİŞEHİR

T Klin J Med Sci 2000, 20

Egzosomatik yöntemde, bir elektriksel kaynağın sağladığı sabit akım veya sabit voltajın, dışarıdan deriye uygulanmasıyla deri direnci (SR) veya deri iletkenliği (SC) gözlenir (1-5). Kişi tümüyle dinlenim durumunda iken ölçülen SR veya SC değeri düzey kavramı ile, SRL (skin resistance level) veya SCL (skin conductance level) şeklinde herhangi bir dış uyaran sonucu ortaya çıkan değişiklik ise yanıt kavramı ile SRR (skin resistance response) veya SCR (skin conductance response) olarak ifade edilmektedir.

Derinin Morfolojik Yapısı

Deri; epidermis, dermis ve subdermis tabakalarından oluşur (1,6,7). Epidermis, deri

27

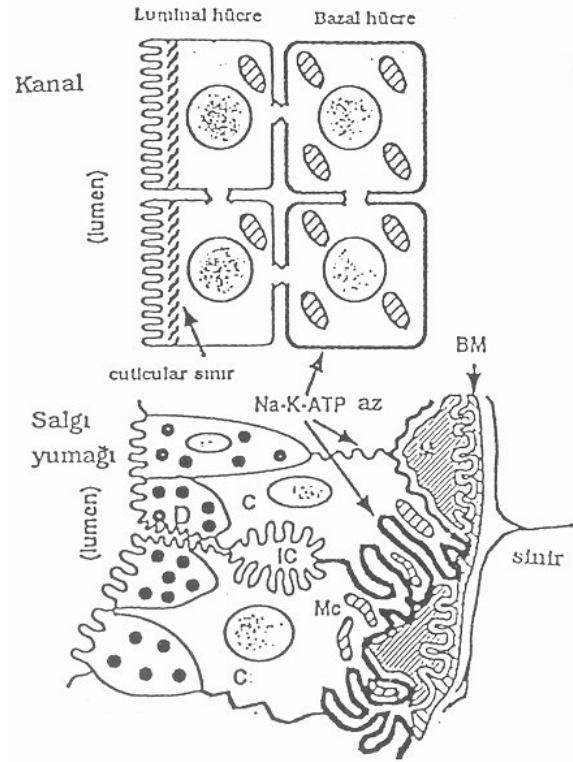
yüzeyinden iç dokulara doğru alt alta yerleşen ve sırası ile stratum corneum, stratum lucidum, stratum granulosum, stratum spinosum ve stratum germinativum tabakalarını içerir (1). Tümü ile keratinize olmuş hücrelerden meydana gelen stratum corneum suyu emerek içine alma yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, bu tabakanın hidrasyon durumu, terleme ve çevresel nem gibi faktörlere bağlıdır ve bu davranış EDA açısından önemlidir (8,9). Dermis, stratum papillare ve stratum reticulare tabakalarından oluşur. Subdermis hem mekanik hem de ısıl yalıtımda rol oynayan yağ hücrelerini içerir ve gevşek bağ dokusundan oluşmuştur. Derinin kıl foliküllerinin ve ter bezlerinin innervasyonunu sağlayan sinirler ve kan damarları burada bulunurlar (1,6).

Ter Bezleri ve Dağılımı

Vücudumuzda ektrin ve apokrin olmak üzere iki farklı türde ter bezi vardır. Ayrıca puberte döneminde ektrin ter bezlerinden geliştiği düşünülen apokrin ter bezlerinin varlığından da söz edilmektedir (7,10). Düşük salgılama kapasitesine sahip apokrin bezler vücutta koltuk altı gibi sınırlı birkaç tüylü alanda, doğrudan deri yüzeyine açılan ve yüksek salgılama kapasitesine sahip ektrin bezler ise palmar ve plantar bölgelerde yoğunudur. Bu nedenle EDA araştırmalarında palmar ve plantar bölgeler kullanılmaktadır (1,2,11,12,13).

Ektrin Ter Bezleri

Ektrin ter bezi, bir salgılayıcı yumak ile buna bağlı bir kanaldan oluşan basit tübüler bir yapıdır. Salgılayıcı yumak subdermis veya dermis içinde yer alır. Kanal dermis içinde doğrusal, epidermis içinde ise spiral bir şekle sahiptir (1,7). Işık mikroskobu altında, salgılayıcı yumağın seröz karakterde salgı yapan açık "clear", mukoz karakterde salgı yapan koyu "dark" ve miyoepitelyal hücreler olmak üzere üç farklı hücre türüne sahip olduğu görülür. Hücrelerarası kanalcıklar ve karmaşık bazal katlanmalar açık hücrenin önemli karakteristiklerinden biridir. Ayrıca bu hücreler içerdikleri glikojen ve daha çok bazal kenarda rastlanan bol mitokondri ile dikkati çekerler (Şekil 1). Mitokondrilerin bu yerleşimi, enerji gerektiren taşınım süreçlerinin bu hücrelerin bazal kenarında gerçekleştiğini düşündürür. Bu morfolojik özellikler bazolateral zarın Na^+ -pompa bölgeleri olduğunu düşüncesini



Şekil 1. Ter kanalı ve salgılayıcı yumak. Salgılayıcı yumakta üç tip hücre resimlenmiştir. Hücrelerarası kanalcıklar (IC) lümenine açılır. Şekilde Mc mitokondrileri, C açık görümlü hücreleri, D koyu görümlü hücreleri, M miyoepitelyal hücreyi, BM ise bazal membranı göstermektedir (7,10).

destekler. Böylece bu bölgeler ter salgılanması açısından aktif iyon taşınımında rol alırlar. Oysa luminal zar bu özelliğe sahip değildir. Ribozomlar ve mukoz granülleri bol olarak içeren ve koyu renkli görünen hücrelerin, ter glikoproteinlerinin salgılanmasından sorumlu olabilecekleri ifade edilmektedir (7,10). Miyoepitelyal hücreler, salgılayıcı tübüllerin çevresinde bulunur ve içcik benzeri yoğun miyoflamentler ile doludur. Bu hücreler kolinerjik uyarıya kasılarak yanıt verirler. Bu kasılma, salgılayıcı yumak duvarının biriken ter sonucu artan hidrostatik basınca karşı koymasını sağlayan mekanik destek oluşturmaktadır (10).

Kanal, bazal ve luminal olmak üzere iki hücre tabakasından oluşur. Bazal kanal hücreleri mitokondrilerle doludur ve tüm hücre zarı kanaldaki Na^+ u absorbe eden pompalar ile kaplıdır. Luminal kanal hücreleri ise daha az Na^+ - K^+ -ATPaz aktivitesine sahiptir. Sodyum ve klor kanallarına sahip olan luminal zar villuslarla genişleyen yüzeyden emilim

yapar. Kısacası, kanalın tüm yapısal organizasyonu Na⁺'un etkin bir biçimde emilimini sağlayacak şekildedir (1,7,10).

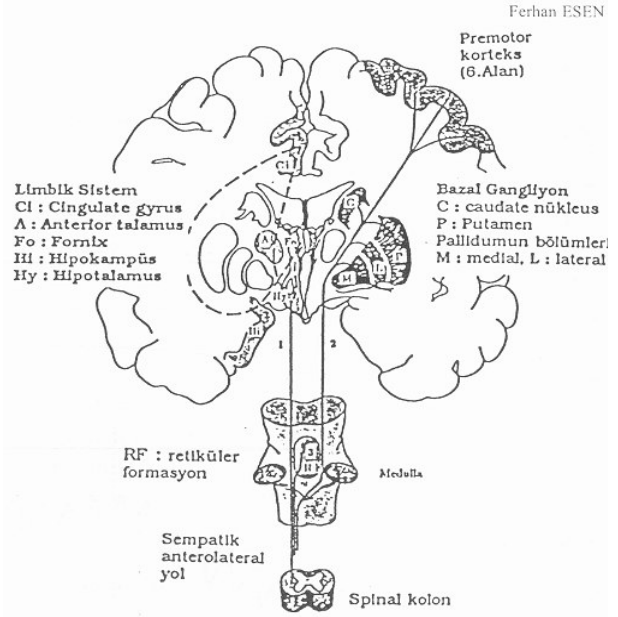
Ter bezleri, sıvı ve elektrolit salgılanmasını iki aşamalı olarak gerçekleştirir. Başlangıçta salgı yu- mağında oluşan izotonik karakterdeki ter milimo- lar olarak: 147-151 Na, 124 Cl, 5 K, 10-15 HCO₃, 15-20 laktik anyon, az miktarda üre ve amino asit içerir. Kanalda NaCl'ün kısmen geri emilimi sonu- cu ter, deri yüzeyindeki 0.015- 0.06 mM NaCl kon- santrasyonu ile hipotonik bir sıvı niteliği kazanır (1,7,10).

Ekrin Bezlerin İnnervasyonu ve Ter Salgılanmasının Kontrolü

Terleme, vücut sıcaklığının regülasyonunda rol alsın bile palmar ve plantar bölgelerdeki terlemenin yüksek sıcaklıklarda gerçekleştiği ve bu bölgeler- deki ter bezi aktivitesinin daha çok emosyonel kökenli olduğu ifade edilmektedir (1,5,11,12).

Hipotalamusun preoptik terleme merkezinden çıkan eferent sinir lifleri, ipsilateral beyin sapı ve medulla içinden aşağı inerek çaprazlanmadan spinal kolonun intermediolateral hücre kolonları- da sinaps yaparlar. İntermediolateral boynuzdan kaynaklanan miyelinli pregangliyonik lifler anteri- or kökleri izleyerek white rami communicantes içinden geçip sempatik zincire ulaşırlar. Sempatik gangliyondan çıkan miyelinsiz postgangliyonik C grubu lifler grey rami communicantes içinden geçerek ter bezlerinin çevresinde sonlanırlar. Ter bezlerini çevreleyen sinirler miyelinsiz C tipi lifler- den oluşan sempatik kolinerjik liflerdir (1,7,10,13).

Ter bezi aktivitesinin, merkezi sinir sisteminde- ki kaynağı sadece hipotalamus değildir (1,14,15). Aynı zamanda limbik sistem, özellikle de amygdala ve hipokampus, hipotalamusun termoregülatuar fonksiyonu üzerinde etkilidir. Bunun sonucu olarak sıcaklık regülasyonunu sağlayan hipotalamik alan- ların EDA'nın ortaya çıkışında da rol aldığı düşünülmektedir. Hem termoregülatuar hem de emosyonel kökenli limbik-hipotalamik kaynak EDA-1 olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca, bazal gan- gliyonlar (striatum ve pallidum), talamus ve kor- tikal temporal lob (Brodmann'ın 6.alanı) ter bezi ak- tivitesinin ortaya çıkışında rol almaktadır. Frontal ve premotor alanlardan kaynaklanan duyuşal uyarıların da emosyonel terlemeden sorumlu



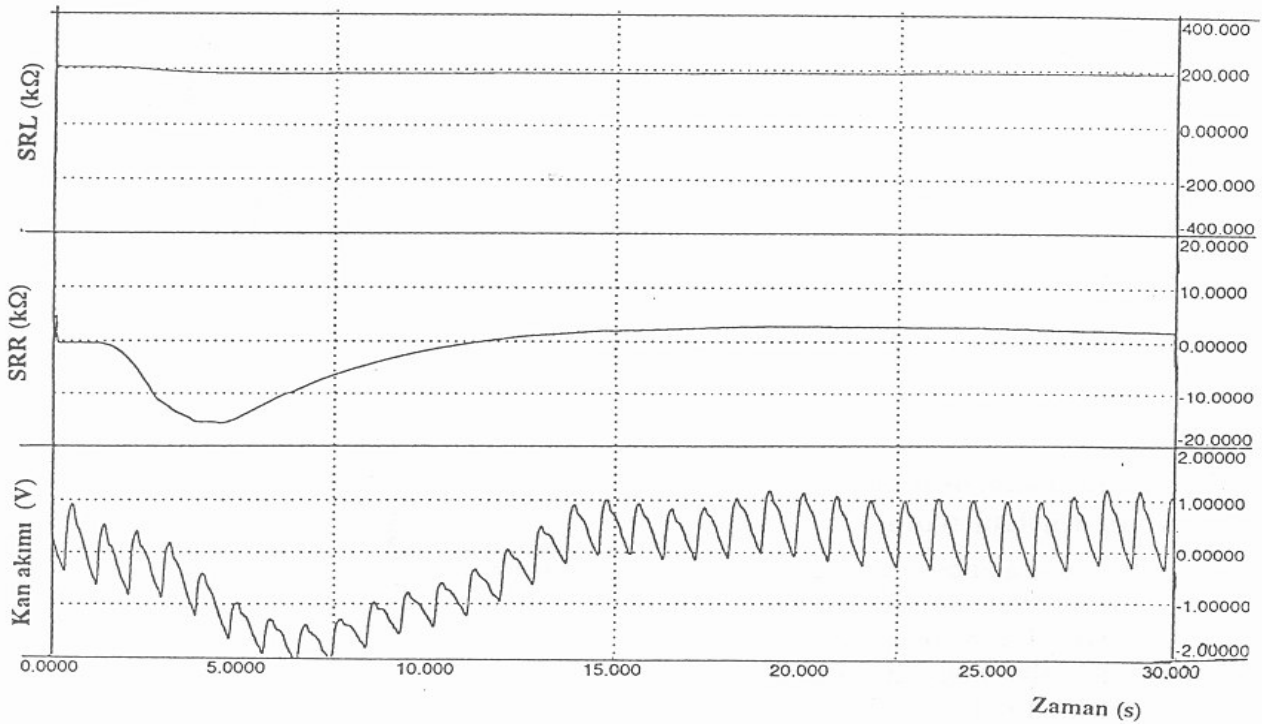
Şekil 2. EDA'nın MSS'deki kaynakları. 1: Limbik sistemden hipotalamik regülatuar alanlar yolu ile inen ipsilateral eferent yol (EDA-1). 2: Premotor kortikal ve bazal gangliyon alanlarından kaynaklanan kontralateral eferent yol. 3: EDA üzerindeki etkili retiküler eferent yol (1).

olduğu ifade edilmektedir. Spesifik motor etkinlik- lerin hazırlanmasına elektrodermal aktivitenin de katılımını sağlayan premotor-bazal gangliyon kay- nağı ise EDA-2 olarak adlandırılmaktadır. Bu ikinci yol, sempatik yola ulaşmadan önce medullada çaprazlanır (Şekil 2). Retiküler formasyonun da EDA'yı başlatabileceği veya EDA üzerinde modü- latör etkiye sahip olabileceği ifade edilmektedir (Şekil 2'de 3. kaynak) (1).

Deri Damar Sistemi

Subdermiste bulunan büyük damarlardan çıkan küçük dallanmalar ter bezlerini, kıl folikül- lerini ve papilla altı kapiller ağı besler. Elektrodermal aktivite açısından önem taşıyan pal- mar ve plantar bölgeler, çeşitli arteriyo-venöz anas- tomozlar ve arteriyollere sahiptir. Bu arteriyoller sempatik adrenerjik vazokonstriktör liflerle inerve edilirler (1,6,16,17).

Postgangliyonik yolların farklı olmasına rağmen, deriye yönelik sempatik aktivite sudomotor ve vazokonstriktör impulsların her ikisini birden



Şekil 3. Sempatik sinir sisteminin uyarılmasının ardından kayıtlanan SRR, SRL ve deri kan akımı eğrileri.

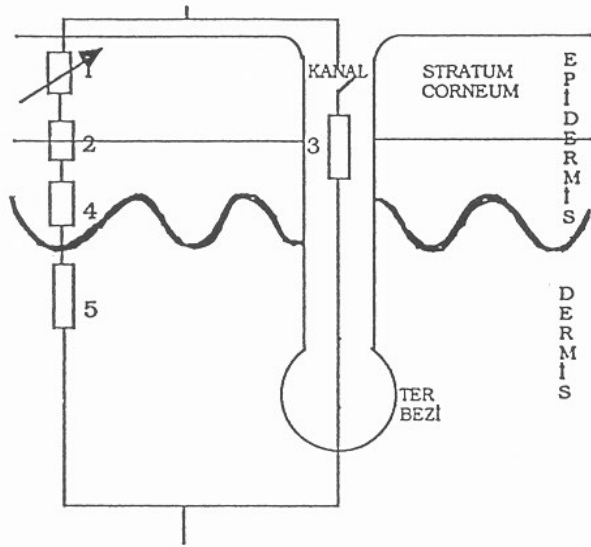
içerir. Başlıca termoregülatuar refleksleri yürütmede görev alan vazokonstriktör lifler mental ve emosyonel olaylardan da etkilenirler (16,18-22). Bunun sonucu olarak aynı emosyonel uyarın hem deri kan akımında hem de EDA'da değişikliklere yol açar. Bu nedenle EDA'nın tarihsel gelişimi içinde önceleri deri kan akımı ile SR'nin birbirine bağlı olduğu ve deri kan akımındaki değişikliklerin EDA yanıtını oluşturduğu ileri sürülmüştü. Fakat yapılan araştırmalarla, önce sudomotor aktivitenin daha sonra vazomotor aktivitenin meydana geldiği ve bu iki aktivitenin birbirinden bağımsız olduğu farmakolojik olarak gösterilmiştir (16,22,23). Başka bir araştırmada, bu iki aktivitenin birbirinden bağımsız olduğunu göstermek için, uyarın uygulanmasıyla birlikte eş-zamanlı olarak kayıtlanan SRR ve deri kan akımını gösteren fotopletisogramların matematiksel analizi yapılmıştır. Üssel olarak değişim gösteren bu eğrilerin zaman sabitleri, SRR için 0.5-0.8 s bulunurken, deri kan akımı için 2.5-3.5 s bulunmuştur (Şekil 3) (24).

Deri ve Ter Bezlerinin Rezistif Özellikleri

Kan ve hücrelerarası sıvılar ile çok iyi bir

biçimde beslenen dermis ve subdermis, değişebilen iyi bir elektriksel iletkenliğe sahiptir. Buna ek olarak, stratum corneum dışındaki epidermal tabakalar, oldukça iletken yapılar olarak düşünülebilir ve deri direncine önemli katkıları yoktur. Bu nedenle, su ve çözütilere daha az geçirgen olan stratum corneum tabakasının alt kısmı deri direncinden sorumlu temel bileşen olarak düşünülmektedir. Böyle bir epidermal engelin tam lokalizasyonu olanaksız olduğundan, stratum corneum tabakası hidrasyon derecesine bağlı olarak değişken direnç gibi ele alınmaktadır. Bununla birlikte bu tabakanın direnci, içerdiği sudan çok elektrolit içeriğine bağımlıdır (1,2,25). Ter bezi kanalları stratum corneum içinden geçen kısa-devre iletkenlik yolları gibi davranırlar. Bu davranış, yüksek ter bezi yoğunluğu sonucu elektrodermal kayıtlarda tercih edilen palmar ve plantar bölgeler açısından önemlidir. Genel olarak, deri iletkenliğinin kanaldaki ter sütünü yüksekliği ile arttığı kabul edilmektedir (9).

Deri ter bezi sisteminin rezistif özellikleri Şekil 4'de görülen seri ve paralel dirençlerle temsil edilebilir.



Şekil 4. Deri ve ter bezi içinden geçen rezistif yolların şematik gösterimi. Bu eşdeğer devreyi oluşturan bileşenler verilen sayılarla uyumlu olarak: 1. Stratum corneum tabakasından kaynaklanan değişken direnç, 2. Epidermal engel tabakasının oluşturduğu sabit direnç, 3. Ter bezi kanallarının aktivasyonuna bağlı olarak devreye katılan veya devre dışı kalan direnç, 4. İç epidermisin sabit ve oldukça küçük direnci, 5. Dermisin veya muhtemelen subdermisin sabit, fakat oldukça büyük direnci şeklinde ifade edilmektedir (1).

Kişiden kişiye farklılıklar gösteren SRL 25-500 k Ω , SRR ise 1-50 k Ω arasında değişmektedir (Şekil 3). Bazal deri iletkenlik düzeyi 0,1.10⁻³ mho/cm² olarak ifade edilmekle birlikte, direnci yüksek bir deride bu değer 0.01-0.002.10⁻³ mho/cm² aralığında değişebileceği belirtilmektedir (1).

Deri direncinin saptanmasında kullanılan sabit akım yoğunluğu için en uygun değer 10 μ A/cm² dir. Sabit voltaj uygulamalarında, akım yoğunluğunun bu değerinin korunması önerilmekte ve bu koşulu sağlayabilecek voltaj değerinin 1-5 V aralığında yer aldığı belirtilmektedir (1).

Tıp ve Elektrodermal Aktivite

Deriye yönelik yoğun sempatik innervasyon, bu organla ilişkili biyoelektrik olayları anlamaya yönelik çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Böylece merkezi ve periferik sinir sistemlerindeki bozuklukların EDA ile saptanabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmaların diğer bir amacı da EDA ile mental süreçler arasında ilişki kurmak ve

psikofizyolojik olayları fizyolojik temellere oturtmaktır. Örneğin, deri iletkenlik yanıtının gözlenmemesi veya habitüasyon durumunun eksikliği şizofrenik hastalarda sıklıkla karşılaşılan psikofizyolojik belirtilerdendir (26,27,28). Bu durumun, merkezi katekolamin (noradrenalin, NA) sisteminin fonksiyon bozukluğundan kaynaklandığı ve şizofreninin patogeneğinde NA sisteminin etkili olduğu belirtilmektedir (28). Depresyon durumunda küçük olan deri iletkenlik düzeyi, gereksiz telaşa kapılan kişilerde yükselmektedir (29). İnsanda dikkatle ilgili süreçlerin, habitüasyonun ve yönlendirici yanıtın (orienting response) incelenmesinde kalp atış hızının yanısıra EDA da otonom sinir sisteminin ölçütü olarak kullanılmaktadır (11,27,30-36). SRR ve kalp hızındaki (KH) artış arasında bir ilişki olduğunun, fakat SRL ve KH arasında bir ilişkinin görülmediğinin belirtildiği çalışmada, EDA ve zamanla değişen diğer fizyolojik olayların birlikte değerlendirilmesinin otonom sinir sistemindeki bireysel farklılıkların anlaşılmasında ve efektör organlar arasındaki uyumun değerlendirilmesinde önemli olabileceği ifade edilmektedir (37). Hipertansiyonlu kişilerle ilgili bir çalışmada, değişken ve kararsız EDA'nın, artan sempatik aktivitenin göstergesi olduğu gerçeğinden yararlanılmıştır. Böyle kişilerde, EDA'nın kararsızlığındaki artış sempatik sinir sistemi tonusunun arttığı şeklinde yorumlanmıştır (38).

Belirgin bir psikiyatrik bozukluğun oluşmadığı tespit edilen hipertroidili hastalarla yapılan bir araştırmada, hipotalamik-pitüiter-tiroid eksenindeki fonksiyon değişikliğinin normal dışı EDA oluşturduğu ve SCL ile SCR'nin sağlıklı kişilere göre yüksek olduğu gösterilmiştir (39).

Epileptik kişilerde nöbet sırasında, EDA artışının merkezi sinir sisteminin bu olaya katılımının göstergesi olduğu ifade edilmektedir (15). Fibromyalgia durumunda gözlenen deri iletkenlik artışı ise periferik sempatik sinir sisteminin kolinerjik aktivitesinin arttığı, adrenerjik bileşenin aktivitesinin azaldığı biçiminde yorumlanmaktadır (40).

Ağrı ve stresin ter üretimini etkilediği bilindiğinden, akut ağrı sonucu EDA'da ortaya çıkan değişiklikler incelenmiş ve yöntemin bu duyumu izlemede kullanılan diğer yöntemlerden (kalp hızı ve deri sıcaklığını ölçme) daha duyarlı olduğu saptanmıştır (41).

Sudomotor fonksiyon bozukluğu distal C grubu lifleri kapsayan nöropatinin işaretidir. Örneğin, nicel sudomotor akson refleksi testi veya termoregülebilir testin diyabetik nöropatinin saptanmasında yararlı olduğu belirtilmektedir (42,43).

Otonomik nöropatiden kuşku duyulduğunda adrenerejik ve kardiyovagal bozukluğun yanısıra postgangliyonik sudomotor bozukluğun varlığının, dağılımının ve şiddetinin belirlenmesinin çok önemli olduğu belirtilmektedir (43,44). Periferik nöropatilerde, sempatik yoldaki postgangliyonik denervasyonun daima distal anhidrozis ile sonuçlandığı ifade edilmektedir (43). Genital bölge derisinden elde edilen EDA'ların pelvik otonomik nöropatiye bağlı empotansta oldukça belirgin olduğu gösterilmiştir (45-47). Elektrodermal aktivitenin en yoğun biçimde araştırıldığı alan diyabetik nöropatidir ve EDA hastalığın ilerlemiş durumlarında normal dışıdır (42,46).

Elektrodermal aktivite değişikliklerinin miyelinsiz aksonları etkileyen patolojilerin güvenilir bir göstergesi olduğu ifade edilmektedir (48,49).

Belli bir ırk (siyah, beyaz) için deri iletkenlik düzeyi ile derinin ışığı yansıtma özelliği arasında ilişki bulunamamıştır (50). Cinsiyet farkının (51,52,53), kişilerin el dominansının (52,54), yaşın (12), menstrual siklusun (55) ve sıcaklığın (56) EDA üzerindeki etkileri konusundaki bulgular çelişkilidir. Kızgın ve öfkeli özellikteki kadınlarla yapılan bir çalışmada, bu özellikteki kadınlarda provokasyon sırasında, fasiyal kan akımı, EDA ve kardiyovasküler olaylarda da artış olduğu gösterilmiştir (57).

Bilateral elektrodermal aktivite yanıtları açısından yapılan bir çalışmada, beyin tercihli biçimde kullanılan yarısına göre kontralateral durumda olan elden kayıtlanan SCR'nin, diğer ele göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, elektrodermal sistemdeki asimetri üzerinde tek bir kortikal mekanizmanın varlığından sözedilemeyeceği belirtilmektedir (58).

Deri iletkenliğini yöneten nöro-anatomik yapılar konusunda çok az bilgi vardır. Dermatomların vücuttaki dağılımının deri direncinin ölçülmesi ile belirlenebileceği gösterilmiştir (59). Magnetik rezonans görüntüleme yöntemi ile elde edilen ilk bulgular prefrontal alan, pons ve temporal amyg-

dala alanlarının deri iletkenliğini belirlemede rol oynadıklarını göstermektedir. Pozitron emisyon tomografisi, deri iletkenlik yanıtına sahip şizofrenik kişilerde, frontal korteks glukoz metabolizmasının, bu yanıtı sahip olmayan kişilerde daha yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir (60).

Parkinsonlu hastalarda yapılan bir çalışmada, EDA-1 yolunun aktivasyonu için işitsel uyarın, EDA-2 yolunun aktivasyonu için patella tendon refleksi kullanılmıştır. Normal ve Parkinsonlu bireylerden, işitsel uyarının kullanılmasıyla elde edilen uyarılmış SRR latansları arasında anlamlı bir fark bulunmazken, patella tendon refleksi ile elde edilen uyarılmış SRR latansları arasında anlamlı bir fark görülmüştür (61).

Çeşitli anestezi koşulları ve ilaçların merkezi sinir sistemindeki etkinliğinin incelenmesinde, uyarılmış EDA'nın kullanılmasının yararlı olabileceği belirtilmektedir (62).

Aşırı sempatik aktivitenin görüldüğü postherpetik nevralji ve Raynaud hastalarında da EDA ile ilgili çalışmalara devam edilmektedir. Bu hastalıklar nedeniyle ağrı şikayeti olan kişilere stellat gangliyon bloku yapılmış ve bu sırada SRL'nin değişiminin izlenmesi, stellat gangliyon blokunun başarısını yansıttığı görülmüştür (63). Hiperhidrozis nedeniyle bilateral torakoskopik sempatektomi yapılan kişilerde, cerrahi girişimin başarısını değerlendirmek için SRR'yi incelemenin uygun olmadığı ifade edilmektedir (64).

Tartışma ve Sonuç

Elektrodermal aktivite, ortaya çıkışında rol üstlenen otonom sinir sistemi dikkate alındığında, merkezi sinir sisteminin (MSS) periferik açılan penceresi olarak değerlendirilebilir. Bu bakış açısından, periferde yapılan gözlemlerle MSS hakkında bilgi çıkarmak olanaklıdır. Bu görüş bizim ve diğer araştırmacıların yaptığı gözlemlerle doğrulanmaktadır. Bu yönü ile EDA, hekimin deneyimleri ve diğer tanısal araçlarla elde ettiği bulguların güvenilirliğini arttıran araç olarak değerlendirilebilir. Buradaki en büyük sorun, gözlenen bilgilerin MSS'nin aktivitesinin dolaylı göstergesi olması ve çoklu fonksiyonlara sahip sistemleri içermesidir. Bu nedenle, özellikle uyarılmış yanıtların elde edilmesinde deney planı çok iyi yapılmalıdır.

Çalışmalarımız, EDA'nın, stellat gangliyon bloku gibi hekimin girişimini gerektiren bir konuda sunduğu bulguların pekçok açıdan diğer klinik gözlemlerden daha objektif olduğunu göstermiştir. Bu yönü ile EDA kemoterapi/cerrahi yöntemlerinden hangisinin öncelikli kullanılmasının daha doğru olacağı konusunda yönlendirici ve hekimin uygulamalarının başarısını değerlendirmede yardımcı olabilir.

Uygulanmasının kolay ve ucuz oluşu, tek bir uyarının etkisi ile ilgilenebilmeyi olanaklı kılması, averajlama tekniklerine gereksinimi ortadan kaldırması ve non-invaziv oluşu yöntemin, diğer yöntemlere göre üstün yanlarıdır.

KAYNAKLAR

- Boucsein W. *Electrodermal Activity*. New York: Plenum Press. 1992.
- Geddes LA, Baker LE. *Principles of Applied Biomedical Instrumentation*, 3rd ed. New York: John Wiley and Sons. 1989.
- Qiao ZG, Morkrid L, Grimnes S. Three-electrode Method to Study Event-related Responses in Skin Electrical Potential, Admittance and Blood Flow. *Med Biol Eng Comput* 1987; 25: 567-72.
- Stern RM, Ray WJ, Davis CM. *Psychophysiological Recording*. New York: Oxford: Oxford University Press. 1980: 196-210.
- Venables PH, Christie MJ. *Electrodermal Activity*. In: Martin I, Venables PH, eds. *Techniques in Psychophysiology*. John Wiley and Sons. 1980: 4-62.
- Payne PA. Measurement of Properties and Function of Skin. *Clin Phys Physiol Meas* 1991; 12 (2): 105-29.
- Sato K, Kang WH, Saga K, Sato KT. Biology of Sweat Glands and Their Disorders. I. Normal Sweat Gland Function. *J Am Acad Dermatol* 1984; 54: 283-8.
- Edelberg R. Biopotentials from the Skin Surface: The Hydration Effect. *Ann N Y Acad Sci* 1968; 148: 252-62.
- Edelberg R. The Effects of Initial Levels of Sweat Duct Filling and Skin Hydration on Electrodermal Response Amplitude. *Psychophysiol* 1983; 20 (5): 550-7.
- Sato K, Ohtsuyama M, Sato F. Normal and Abnormal Eccrine Sweat Gland Function. In: Low PA, ed. *Clinical Autonomic Disorders: Evaluation and Management*. Boston: Little, Brown. 1993: 93-104.
- Barry RJ, Moroney R, Orlebeke JF, Vries J. HGM1. A Research Oriented Portable Heart Rate and Galvanic Skin Response Monitor. *Int J Psychophysiol* 1991; 11:161-5.
- Khurana RK. Acral Sympathetic Dysfunctions and Hyperhidrosis. In: Low PA, ed. *Clinical Autonomic Disorders: Evaluation and Management*. Boston: Little, Brown. 1993: 768.
- Low PA. The Effect of Aging on the Autonomic Nervous System. In: Low PA, ed. *Clinical Autonomic Disorders: Evaluation and Management*. Boston: Little, Brown. 1993: 691.
- Roy JC, Squeria - Martinho AH, Brochard J. Pyramidal Control of Skin Potential Responses in the Cat. *Exp Brain Res* 1984; 54: 283-8.
- Weitkunat R, Bühner M, Sparrer B. Cortical Initiation of Phasic Electrodermal Activity. *Int J Psychophysiol* 1990; 9: 303-14.
- Bini G, Hagbarth KE, Hynninen P, Wallin BG. Thermoregulatory and Rhythm-Generating Mechanisms Governing the Sudomotor and Vasoconstrictor Outflow in Human Cutaneous Nerves. *J Physiol* 1980; 306: 537-52.
- Prout BJ. Independence of Galvanic Skin Reflex from Vasoconstrictor Reflex in Man. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1967; 30: 319-24.
- Bini G, Hagbarth KE, Hynninen P, Wallin BG. Regional Similarities and Difference in Thermoregulatory Vaso and Sudomotor Tone. *J Physiol* 1980; 306:553-65.
- Delius W, Hagbarth KE, Hongell A, Wallin BG. Manoeuvres Affecting Sympathetic Outflow in Human Skin Nerves. *Acta Physiol Scand* 1972; 84: 177-86.
- Fagius J, Wallin BG. Sympathetic Reflex Latencies and Conduction Velocities in Normal Man. *J Neuro Sci* 1980; 47: 433-48.
- Hagbarth KE, Hallin RG, Hongell A, Torebjörk HE, Wallin BG. General Characteristics of Sympathetic Activity in Human Skin Nerves. *Acta Physiol Scand* 1972; 84: 164-76.
- Hallin RG, Torebjörk HE. Single Unit Sympathetic Activity in Human Skin Nerves During Rest and Various Manoeuvres. *Acta Physiol Scand* 1974; 92: 303-17.
- Lader MH, Montagu JD. The Psycho-Galvanic Reflex: A Pharmacological Study of the Peripheral Mechanism. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1962; 25: 126-33.
- Esen F. Parkinsonlu Hastalarda Uyarılmış Elektrodermal Aktivite Değişiklikleri. *Doktora Tezi*. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 1994.
- Swain ID, Wilson GR, Crook SC. A Simple Method of Measuring the Electrical Resistance of the Skin. *J Hand Surg* 1985; 10B(3): 319-23.
- Levinson DF. Skin Conductance Response in Unmedicated RDC Schizophrenic, Schizoaffective, Depressed and Control Subject. *Biol Psychiatry* 1991; 30: 663-83.
- Öhlund LS, Lindström LH, Öhman A. Electrodermal Orienting Response and Central Nervous System Dopamine and Serotonin Activity in Schizophrenia. *J Nerv Ment Dis* 1992; 180: 304-13.
- Yamamoto K, Arai H, Nakayama S. Skin Conductance Response after 6- Hydroxydopamine System in Cats. *Biol Psychiatry* 1990; 28: 151-60.
- Argyle N. Skin Conductance Level in Panic Disorder and Depression. *J Nerv Ment Dis* 1991; 179(9): 563-6.
- Barry RJ, O'gorman JG. Methods and Mechanisms in Electrodermal Studies of Omission Responding. *Biol Psychol North-Holland* 1989; 28: 271-7.
- Engeland H, Roelofs JW, Verbaten MN, Slangen JL. Abnormal Electrodermal Reactivity to Novel Visual Stimuli in Autistic Children. *Psych Res* 1991; 38: 27-38.

32. Filion DL, Dawson ME, Schell AM, Hazlett EA. The Relationship Between Skin Conductance Orienting and the Allocation of Processing Resources. *Psychophysiology* 1991; 28(4) :219-39.
33. Nikula R. Psychological Correlates of Nonspecific Skin Conductance Response. *Psychophysiology* 1991; 28(1):86-90.
34. Sosnowski T, Nurzynska M, Polec M. Active-Passive Coping and Skin Conductance and Heart Rate Changes. *Psychophysiology* 1991; 28(6):665-72.
35. Wilson KG. Methods and Mechanisms in Electrodermal Omission Responding: A commentary on Stimulus Omission and Orienting Response by Barry and O'gorman. *Biol Psychol North-Holland* 1989; 28:265-9.
36. Zimmer H, Vossel G, Fröhlich WD. Individual Differences in Resting Heart Rate and Spontaneous Electrodermal Activity as Predictors of Attentional Processes: Effects on Anticipatory Heart Rate Deceleration and task Performance. *Int J Psychophysiol* 1990; 8:249-59.
37. Kettunen J, Ravaja N, Naatanen P, Keskivaara P, Keltikangas-Jarvinen L. The synchronization of electrodermal activity and heart rate and its relationship to energetic arousal: a time series approach. *Biol Psychol* 1998; 48(3): 209-25.
38. Kronholm E, Hyypä MT, Jula A, Toikka T. Electrodermal lability and hypertension. *Int J Psychophysiol* 1996; 23(1-2): 129-36.
39. Dolu N, Süer C, Özesmi Ç, Keleştimur F, Esel E. Electrodermal activity in nonmedicated hyperthyroid patients having no depressive symptoms. *Biol Psychiatry* 1997; 42(11): 1024-9.
40. Qiao ZG, Vaeroy H, Morkrid L. Electrodermal and Microcirculatory Activity in Patients with Fibromyalgia During Baseline , Acoustic Stimulation and Cold Pressor Tests. *J Rheumatol* 1991; 18(9): 1383-89.
41. Hampf G. Influence of Cold Pain in the Hand on Skin Impedance, Heart Rate and Skin Temperature. *Physiol Behavior* 1990; 47: 217-8.
42. Levy DM, Reid G, Rowley DA, Abraham RR. Quantitative Measures of Sympathetic Skin Response in Diabetes : Relation to Sudomotor and Neurological Function *J Neurol Neurosurg Psychiat* 1992; 55: 902-8.
43. Low PA. Autonomic Nervous System Function . *J Clin Neurophysiol* 1993 ; 10(1): 14-27.
44. Ogawa T, Phillip AL. Autonomic Regulation of Temperature and Sweating. In: Low PA, ed. *Clinical Autonomic Disorders :Evaluation and Management*. Boston: Little, Brown. 1993: 79-91.
45. Ertekin C, Ertekin N, Mutlu S, Almış S, Akçam A. Skin Potentials (SP) Recorded from the Extremities and Genital Region in Normal and Impotent Subjects. *Acta Neurol Scandinav* 1987; 76: 28-36.
46. Ertekin C, Ertekin N, Almış S. Autonomic Sympathetic Nerve Involvement in Diabetic Neuropathy. *Neurolog Urodyn* 1989; 8: 589-98.
47. Ertekin C, Almış D, Ertekin N. Sympathetic Skin Potentials and Bulbocavernosus Reflex in Patients with chronic Alcoholism and Impotence. *European Neurology* 1990; 30: 334-7.
48. McLeod JG, Tuck RR. Disorders of the Autonomic Nervous System : Part 2. Investigation and Treatment. *Ann Neurol* 1987; 21: 519-29.
49. Shahani BT, Halperin JJ, Boulu P, Cohen J. Sympathetic Skin Response. A Method of Assessing Unmyelinated Axon Dysfunction in Peripheral Neuropathies. *J Neurol Neurosurgery and Psychiatry* 1984; 47: 536-42.
50. Davis C, Cowles M. Some Sources of Variance in Skin Conductance. *Can J Psychol* 1989; 43(1):97-103.
51. Boyd GM, Maltzman I. Bilateral Asymmetry of Skin Conductance Responses During Auditory and Visual Tasks. *Psychophysiol* 1983; 20:196-203.
52. Roman F, Garcia-Sanchez FA, Martinez - Selva JM, Gomez-Amor J. Sex Differences and Bilateral Electrodermal Activity. A Replication . *Pav J Biol Sci* 1989; 24(4): 150 5.
53. Süer C, Özesmi Ç. Elektrodermal Aktiviteyi Etkileyen Faktörler (I) Cinsiyetin Etkisi. *HÜ Tıp Fakültesi Fizyoloji Bülteni* 1990; 2 (3): 100-104.
54. Roman F, Carrillo E, Garcia-Sanchez FA. Responsiveness Patterns and Handedness Differences in Bilateral Electrodermal Asymmetry. *Int J Psychophysiol* 1992; 12: 71-9.
55. Gomez-Amor, Martinez - Selva JM, Roman F, Zamora S. Electrodermal Activity in Menstrual Cycle Phases: a Comparison of within -and between- Subject Designs. *Int J Psychophysiol* 1990; 9: 39-47.
56. Süer C, Özesmi Ç. Elektrodermal Aktiviteyi Etkileyen Faktörler (II) İsmın Etkisi. *HÜ Tıp Fakültesi Fizyoloji Bülteni* 1990; 2 (3): 105-9.
57. Drummond PD. Facial flushing during provocation in women. *Psychophysiology* 1999; 36(3):325-32.
58. Schuller G, Papousek I. Bilateral electrodermal activity: relationships to state and trial characteristics of hemisphere asymmetry. *Int J Psychophysiol* 1998; 31(1): 1-12.
59. Richter CP, Woodruff BG. Lumbar Sympathetic Dermatomes in Man Determined by the Electrical Skin Resistance Method *J Neurophysiol* 1945; 8:323-37.
60. Raine A, Reynolds GP, Sheard C. Neuroanatomical Correlates of Skin Conductance Orienting in Normal Humans: A Magnetic Resonance Imaging Study. *Psychophysiol* 1991; 28(5): 548-58.
61. Esen F, Çelebi G, Ertekin C, Çolakoğlu Z. Electrodermal Activity in Patients with Parkinson's Disease. *Clin Auto Res* 1997; 7: 35-40.
62. Bernthal PJ, Koss MC . Some Physiologic Characteristics of the Electrodermal Reflex in the Cat. *Brain Res Bull* 1978; 3(5): 437-41.
63. Esen F, Güleç S, Çelik J, Tünerir B, Esen H. Stellate Gangliyon Bloku Yararının Değerlendirilmesinde Elektrodermal Aktivitenin Yeri. IX. Ulusal Biyofizik Kongresi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. 5-6 Eylül 1997: 78.
64. Lewis DR, Irvine CD, Smith FC, Lamont PM, Baird RN. Sympathetic skin response and patient satisfaction on long-term follow-up after thoracoscopic sympathectomy for hyperhidrosis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998; 15(3): 239-43.