



T.C.

SAĞLIK KBİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

HAYDARPAŞA NUMUNE EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ

ANESTEZİYOLOĞİ VE REANİMASYON KLİNİĞİ

Eğitim Sorumlusu: Doç. Dr. Osman EKİNCİ

**YOĞUN BAKIM HASTALARINDA NÖROMUSKÜLER
ELEKTRİKSEL STİMİLATÖRN MİKROSİRKÜLASYON
ÜZERİNDEKİ KISA DÖNEM ETKİLERİ**

Dr. Yeter KONUR

Tez DanıŐmanı: Uzm.Dr Asu . ÖZGÜLTEKİN

Tıpta Uzmanlık Tezi

İSTANBUL – 2018

TEŞEKKÜR

Anesteziyoloji ve Reanimasyon eğitim ve öğretimim süresince bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı Başkanı değerli hocamız Sayın Doç. Dr. Osman EKİNCİ'ye, Tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen danışmanımsayın Uzm. Dr. Asu ÖZGER ÖZGÜLTEKİN'e ve Uzm. Dr. Emine DİNÇER hocalarıma

Eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini paylaşan kliniğimizin tüm değerli baş asistanlarıma ve uzmanlarıma saygı ve şükranlarımı sunuyorum.

Asistanlık sürecinde hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan, hep birlikte yürüdüğüm asistan arkadaşlarım Dr. Şeyda Kübra ESER'e Dr. Türkan NABİYEVA ve Dr. Sümeyye UĞUR'a,

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı'nda görevli değerli araştırma görevlisi arkadaşlarıma, anestezi teknisyenlerine, yoğunbakım hemşilerine ve personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında desteğini yanımda hissettiğim çok değerli eşim Hüseyin KONUR'a sevgilerimi sunarım.

Dr. Yeter Konur

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT	V
KISALTMALAR	VI
RESİM LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
TABLO LİSTESİ	X
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. TARİHÇE	2
2.2. NÖROMÜSKÜLER ELEKTRO STİMÜLASYON	3
2.2.1. Elektriksel Stimülasyonun Fizyolojik Etkileri	3
2.2.2. Elektriksel Stimülasyonun Endikasyonları.....	3
2.2.3. Elektriksel Stimülasyonun Kontrendikasyonları	4
2.2.4. Elektriksel Stimülasyonun Damarlar Üzerine Etkisi.....	4
2.3. NMES CİHAZLARI	5
2.3.1. NMES Cihazının Özellikleri	5
2.3.2. NMES Parametreleri.....	6
2.3.2.1. Amplitüd	6
2.3.2.2. Dalga Boyu	6
2.3.2.3. Dalga Formu	6
2.3.2.4. Frekans.....	7
2.4. NMES'İN ÇEŞİTLERİ	7
2.4.1. Konvansiyonel (Geleneksel)	7
2.4.2. Akupunktur Benzeri	8
2.4.3. Kısa-Şiddetli (hiperstimülasyon).....	8
2.4.4. Patlayıcı Uyarın (yüksek yoğunluklu ardıl pulsasyonlu)	8
2.4.5. Modüle Edilmiş	8
2.5. SPASTİK PARALİZİLERDE ELEKTRİKSEL STİMÜLASYON.....	9
2.5.1. Elektrot Seçimi	9
2.6. NMES'İN DOKU MİKROSİRKÜLASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ.....	9
2.6.1. Mikrosirkülasyon.....	9

2.6.2. Mikrosirkülasyonun Anatomik Temelleri.....	10
2.6.3. Mikrosirkülasyonun Fizyolojik Temelleri.....	10
2.6.4. Oksijen.....	11
2.6.5. Sistemik Dolaşım ve Mikrosirkülasyonun Hemodinamik Uyumu	11
2.7. MİKROSİRKÜLASYONDA KULLANILAN TEKNİKLER VE CİHAZLAR	12
2.7.1. Doku Spektrofotometri Yöntemi.....	15
3. MATERYAL VE METOD	17
4. BULGULAR	17
5. TARTIŞMA.....	20
6. SONUÇ.....	26
7. KAYNAKLAR.....	37

ÖZET

Giriş ve Amaç: Nöromüsküler Elektriksel Stimülasyon (NMES), klinik pratikte ağrı tedavisinin yanı sıra, Yoğun Bakım Ünitesi (YBÜ)'nde yatan hastalarda pasif kas kontraksiyonlarıyla edinsel kas zayıflığını önlediği ve başka yararlı etkiler de sağladığı gösterilmiş bir yöntemdir.

NMES'in periferik mikrodolaşım üzerine artırıcı etkileri olduğunu gösteren çalışmalar vardır. Çalışmamda bu etkiyi periferik doku oksijenizasyonunu, NMES uygulamasının ardından değerlendirerek belirlemeyi amaçladık. Orta ve yüksek frekanslı akımlar kullanılarak yapılan bir NMES uygulamasının ardından kızılötesi spektroskopisi metodu ile doku mikrosirkülasyonundaki sistemik artışı monitörize ettik.

Materyal ve Metod: Farklı etyolojiye sahip 63 YBÜ hastası (Hastaların yaş ortalaması 63,4±16,9'dir) çalışmaya alındı. Çalışmaya alınan hastaların alt ekstremitesine 25 dakikatek seans NMES uyarısı verildi. Uyarının başında ve sonunda olacak şekilde uygun olan üst ekstremitenin tenar bölgesinden Doku Oksijen Satürasyonu(STO2) ve HB(Doku Hemoglobini) değerlerine ilaveten kan basıncı (KB), Kalp Tepe Atımı (KTA),Ateş ve Periferik Oksijen Satürasyonu (SPO2) değerlerine bakıldı.

Bulgular: Çalışmamızda kaydedilen veriler arasında uyarı öncesi ve sonrası yapılan değerlendirmede; Bazal ile 25.dakika SPO2 değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık görüldü(Wilcoxon $p<0,001$).Diyastolik kan basıncı için Bazal ile 25. dakika değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık vardır (Wilcoxon $p=0,024$).HB için Bazal ile 25. dakika değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık vardır (Wilcoxon $p=0,048$).STO2 için Bazal ile 25.dakika arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık vardır (Wilcoxon $p=0,012$).

Sonuç: Çalışma sonuçları, NMES'nin mikrosirkülasyon üzerinde sistemik etkilere sahip olduğunu düşündürmektedir. Bu sonuçlar, kritik hastalarda koruyucu ve rehabilitasyon aracı olarak NMES'nin potansiyel kullanımını araştırmak için daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : NMES, STO2, Mikrosirkülasyon

ABSTRACT

Aim: NMES is a demonstrated method of treating pain in clinical practice, as well as passive muscular contractions in obstructing acquired muscle weakness seen in patients with ICU.

There are studies showing that NMES has enhancing effects on peripheral microcirculation. In my study, we aimed to determine this effective peripheral tissue oxygenation after NMES application. After an NMES application using medium and high frequency currents, we monitored the systemic increase in tissue microcirculation by infrared spectroscopy.

Material and Methods: 63 NICU patients with different etiologies (mean age of the patients were $(63,4 + 16,9)$) were included in the study. NMES was given to the lower extremities of study patients for 25 minutes as a single session. Tissue Oxygen Saturation (STO₂) and HB (Tissue Hemoglobin) values, as well as blood pressure (TA), pulse (CTA), Fire and Peripheral Oxygen Saturation (SPO₂) values were measured from the upper extremity tenar region of the upper extremity as appropriate at the beginning and end of the warning.

Results: Before and after the warning between the recorded data in our work, there was a statistically significant difference between the basal and SPO₂ values at 25 minutes (Wilcoxon $p < 0.001$). There was a statistically significant difference between baseline and 25th minute values for diastolic blood pressure (Wilcoxon $p = 0.024$). There is a statistically significant difference between baseline and 25th minute values for HB (Wilcoxon $p = 0.048$). There is a statistically significant difference between baseline and 25th minute for STO₂ (Wilcoxon $p = 0.012$).

Conclusion: Study results suggest that NMES has systemic effects on microcirculation. These results suggest that further research is needed to investigate the potential use of EMS as a preventive and rehabilitative tool in critical illnesses.

Key Words: NMES, STO₂, Microcirculation

KISALTMALAR

STO2	: Doku Oksijen Satürasyonu
NMES	: Nöromusküler Elektriksel Stimülasyon
YBÜ	: Yoğun Bakım Ünitesi
KB	: Kan Basıncı
KTA	: Kalp Tepe Atımı
SPO₂	: Kan Oksijen Satürasyonu
YBÜ	: Yoğun Bakım Ünitesi
IFC	: Interferansiyel Akım
mA	: Miliamper
eNOS	: Nitrik Oksit Sentaz
ACE	: Anjiyotensin Converting Enzim
SOD	: Ekstrasellüler Süperoksit Dismutaz
KKH	: Kırmızı Kan Hücreleri
OAB	: Ortalama Arteriyel Basıncı
KD	: Kardiyak Debi
KOAH	: Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı
KKH	: Konjestif Kalp Hastalığı
rSO₂	: Serebral Oksijen Satürasyonu
AKG	: Arteriyel Kan Gazı
Hgb	: Hemoglobin
CIPNM	: Kritik Hastalık Polinöropatisi
NIRS	: Near-infrared spektroskopi

RESİM LİSTESİ

Resim 1.....	6
Resim 2.....	14



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1:	10
Şekil 2:	12



TABLO LİSTESİ

Tablo 1:	17
Tablo 2:	17
Tablo 3:	18
Tablo 4:	19



1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kritik hastalıklara bağlı gelişen nöromusküler problemler, bir haftadan daha uzun süre YBÜ’de yatan hastalarda sık karşılaşılan bir durumdur. Ekstremiteler ve solunum kaslarında meydana gelen kuvvet kaybı ve bunlara eşlik eden mekanik ventilatörden ayrılma güçlüğü ile kendini gösteren kritik hastalık; polinöropati, miyopati veya bunların diğer bir şekli olan sarkopeni şeklinde olabilir. Erken evrede kas zayıflığını önlemek; alttayatan hastalığın tedavisi ile etkili bir fizik tedavi ve rehabilitasyon ile mümkün olmaktadır.

NMES, klinik pratikte pasif kas kontraksiyonları oluşturarak; ağrı, kas spazmı ve spasite gibi pekçok klinik rahatsızlıkta kullanılmaktadır. Bununla beraber YBÜ’de yatan hastalarda gelişen kas zayıflığını engellemede de pasif egzersiz metodu olarak kullanılan bir yöntemdir.

Mikrosirkülasyon, doku kan akımını düzenlemede aktif rol oynar ve doku oksijenasyonunun ön şartıdır. Mikrosirkülasyonun amacı; doku hücrelerine oksijen ve kanın taşınması, immünolojik fonksiyonların sağlanması ve hastalık durumunda hedef hücrelere tedavi edici ilaçların sunulmasıdır. Mikrosirkülasyon disfonksiyon, organ yetmezliği ve buna bağlı hasta sonuçlarının patofizyolojisinde anahtar rol oynar ve YBÜ hastalarında dolaşım açısından monitörizasyonun hedeflenen en kritik noktasıdır.

NMES’in periferik mikrodolaşımı artırıcı etkiye sahip olduğunu gösteren çalışmalar vardır. Çalışmamızda tek seans NMES uygulamasının periferik doku oksijenizasyonunda oluşturacağı değişimleri göstermeyi amaçladık. Orta ve yüksek frekanslı akımlar kullanılarak yapılan bir NMES uygulamasının ardından, kızılötesi spektroskopisi metodu ile doku mikrosirkülasyonu en iyi gösteren elin tenar bölgesinden ölçüm yaparak değerlendirdik.

Son yıllarda yeni monitörizasyon teknikleri ile mikrosirkülasyondaki değişiklikler erken dönemde teşhis edilebilmektedir. Bu cihazlardan bir tanesinde oksijen hemoglobinin düzeyini ölçen STO2 cihazlarıdır. Hasta başında ölçüm yapan bu cihazlar ile mikrosirkülasyonda oluşan erken değişiklikler takip edilebilmektedir.

Bu çalışmada amacımız, tek seans NMES uygulamasının doku mikrosirkülasyonu üzerinde oluşturacağı kısa dönem etkilerini STO2 cihazı yardımıyla göstermektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1.TARİHÇE

Elektirik akımlarının tedavi amacıyla kullanımı, Sokrates dönemine kadar uzanmaktadır.Elektrik stimülasyonu; nöromüsküler sistemin düşük voltajlı elektrik akımı ile uyarılmasıdır.Bugün elektroterapi adıyla anılan ve elektirik akımlarının tedavi amacıyla kullanımını içeren uygulamalar ise 18. yüzyılın başlarında yapılan çalışmalara dayanmaktadır.

Bu dönemde teoriler elektirik akımının hareket şekli üzerinde odaklanmıştır. John Wesley ve arkadaşları elektirik akımının damarları genişleterek kapiller geçişi artırdığını öne sürmüş, elektirik akımı ile kan hareketliliğinin arttığını ve kan akışı ile ilgili engellerin ortadan kalktığını belirtmişlerdir(1).

19. yüzyılın başlarında ise elektirik akımlarının kullanımı moda bir yaklaşım olmuştur. Dr.Golding Bird, elektriksel akımların nörolojik durumlarda kullanımını önermesinin ardından ilaç maddeleri ile elektrik akımının beraberce kullanımı gündeme gelmiştir. Bu gelişmelerin hepsi nöromusküler elektro fizyoloji çalışmasına destek olacak teorik altyapı oluşmasında katkı sağlamak üzere kullanılmıştır(2).

Genel olarak elektroterapinin iki önemli fonksiyonu olduğu düşünülmektedir. Bu fonksiyonlardan birincisi ağrıyı hafifletmek, ikincisi ise kas fonksiyonlarını iyileştirmektir. Ağrıyı hafifletmek üzere başta NMES olmak üzere pek çok elektroterapitik modalite kullanılmaktadır, kas fonksiyonunun iyileştirilmesinde kullanılan yöntemler kas dokusunun sağlıklı bir inervasyona sahip olup olmaması ile ilişkili olarak değişiklik göstermektedir. Bu noktada iki durum mevcuttur;kasın innervasyonu sağlıklı olabilir yada kas denervasyon durumunda olabilir.

Özellikle nörojenik inhibisyonun motor aktivasyonu etkilediği durumlarda istemli kas kuvvet eğitim yöntemlerinden olan statik, dinamik veya dirençli egzersizler yolu ile nöromusküler sistemin eğitimini sağlamak mümkün olmayabilir. Bu durum kronik müsküler disfonksiyonunun sürdüğü özellikle yoğun bakım hastalarında görülmektedir. İşte bu hastalarda elektiriksel kas stimülasyonu nörojenik olarak inhibe olmuş kas yapılarını ateşleyerek kasın yeniden aktive olmasını sağlar, bununla beraber elektriksel uyarım aracılığı ile sinir sistemine tekrar duyu girdisi kazandırılmış olur (3,4).

İnnervasyon açısından sağlıklı bir kasın, elektrik stimülasyonu ile uyarılmasının amaçları arasında; kasta pompa etkisi yaratmak, kası kuvvetlendirmek, eklem hareket

genişliğini artırmak ve tendon transferleri ile cerrahiler sonrasında kasın yeniden eğitilmesini sağlamak sayılabilir(5).

Yukarıda bahsi geçen durumlarda, kas sinir aracılığı ile uyarıldığı için bu uygulamalar özellikle son yıllarda, NMES tanımlanması ile sınıflandırılmaktadır.

2.2. NÖROMÜSKÜLER ELEKTRO STİMÜLASYON

2.2.1. Elektriksel Stimülasyonun Fizyolojik Etkileri

NMES, sağlıklı kastainnervasyonu sağlayan sinir liflerini, denerve kasta ise kas liflerini elektrik akımı ile uyararak kontraksiyon oluşturma esasına dayanır. Düşük frekanslı (10 Hz) akım ile stimülasyon sonucu hızlı kas lifi (tip IIb), yavaş kasılan tip I liflerine dönüşür. Yeni oluşan bu tip I lifi, fonksiyonel olarak yorgunluğa karşı dirençte artış ve maksimum kasılma hızında azalma gösterir. Bu yapısal değişikliklerin yanı sıra enerji metabolizmasında da değişiklikler meydana gelir. Bu değişimlere ek olarak, kas lifindeki kapiller yoğunluğunda ve oksijen tüketiminde artış meydana gelir. Böylece kasın yorgunluğa direnci artar. Stimülasyon sonlandıktan hemen sonra yavaş kas lifi özelliklerini kazanan hızlı kas lifleri eski haline dönmeye başlar (6,7).

2.2.2. Elektrik Stimülasyonun Endikasyonları

1. Ağrı modülasyonu
2. Kapı kontrol mekanizmalarının aktivasyonu
3. İnen inhibitör mekanizmaların başlatılması (endojen opioid üretimi)
4. Kas spazmı
5. Kas yorgunluğu: Devamlı akım modülasyonu yoluyla birkaç dakika boyunca ısrarlı tetanik kontraksiyon
6. Kasta pompalama etkisi: Kesikli ve surge'li akım modülasyonu kasın dolaşımını artıran ritmik kontraksiyon ve gevşemeye neden olur
7. Eklem hareketliliğinde azalma
8. Ekleme eşlik eden konnektif doku ve kaslarda mekanik gerilme. Kas kuvveti yetersizse veya nöromusküler bir problem (spastite gibi) eklem hareketini kısıtlıyorsa kullanılır.
9. Eklem hareketine engel olan ağrıyı azaltmak için
10. Eklem hareketini önemli ölçüde engelliyen ödemi, azaltmak için kullanılır
11. Kas reedükasyonu

12. Atrofi (kas zayıflığı)
13. Yumuşak doku onarımı (yara iyileşmesi)
14. Spasite (hipertonisiteyi azaltmak için)
15. Denerve kasın elektrik stimilasyonu
16. Kırık iyileşmesi
17. Skolyoz tedavisi
18. Üriner inkontinansın tedavisi
19. Hemiplejide omuz subluksasyonunun önlenmesi ve tedavisi

2.2.3. Elektriksel stimülasyonun kontrendikasyonları

1. Demans, bilinç bulanıklığı ve hipoestezik, anestezi hastalar
2. Düşük vücut kitlesi olanlar
3. Kalp pili ve ağır kalp hastalıkları
4. Ciddi hipertansiyon veya hipotansiyon
5. Tromboz veya tromboflebit
6. Psöriazis, dermatit gibi dermatolojik hastalıklar
7. Tümör, enfeksiyon, tüberküloz ve ateş gibi vücut sıcaklığı artışının sakıncalı olduğu durumlar
8. Hamilelik
9. Serebrovasküler olay, geçici iskemik atak, epilepsi gibi hastalıklarda baş ve boyun bölgesine uygulanmamalı(8).

2.2.4. Elektriksel Stimülasyonun Damarlar Üzerine Etkisi

Kan, damarlar boyunca akarken damar duvarındaki endotel hücrelerinde sabit bir sürtünme kuvveti oluşturur. Kan akışı hızı, öncelikle beyin aktivitesi tarafından kontrol edilir ve bir otonöregülasyon ile sabit tutulur (9). Kan akışı, akış hızı ile doğru orantılıdır fakat vasküler daralmadan etkilenen kesit alanı ile ters orantılıdır (10). Bununla birlikte, kan akış hızında bir artış doğrudan kan akışındaki bir artışı yansıtmıyorsa artışmalardır (11).

Elektriksel uyarı ile oluşan fizyolojik değişiklikler kan akışını artırarak periferik dolaşımı etkilemektedir (9). Bu nedenle, elektriksel uyarı kullanılarak doku hasarını önlemek de mümkündür (12).

Interferansiyel akım (IFC),ağrı tedavisinde kullanılan bir elektrik stimölasyonu metodudur ve bu amaçla çeşitli klinik uygulamalarda kullanılır. Cildin ve subkütan dokuların direncinin düşük olması bazı noktalara fokal elektrik uygulamasına izin verir (13). IFC, 1-100 KHz orta frekans aralığında bir akım kullanır (14).

Kardiyovasküler ve dolaşım sistemi hastalıklarının insidansında son zamanlarda sürekli bir artış olmaktadır (15). Bu artışa paralel olarak tanı ve tedavi metodlarında gelişmektedir. Kan akımı hızı ve damar durumu, hastalığın teşhisi için kullanılabilen değerlerdir (16). Manyetik rezonans görüntüleme Ultrasonografi, yakın kızılötesi ve lazer görüntüleme teknikleri vasküler hastalıkların tanısında kullanılan cihazlardır (17). Hareketli reflektörleri saptamak için Doppler ultrasonografi kullanılmıştır. Ultrasonografi, ses akış hızını temel alan, kan akış hızını invaziv olmayan bir şekilde, hızlı ve sürekli bir şekilde ölçme avantajına sahiptir. Dahası, damar kesitinden kan damarlarının durumunun incelenmesini sağlar (18).

2.3. NMES CİHAZLARI

Piyasada değişik özelliklere sahip birçok NMES cihazı bulunmaktadır. Etkin analjezive gerekli kasılmayı sağlayacak NMES cihazını seçmek, ancak kullanım endikasyonlarını ve cihazın teknik özelliklerini bilmekle mümkün olabilmektedir. Cihaz cepte ya da kemere takılarak taşınabilen büyüklükte olup, pille çalışmaktadır. Yeni model NMES cihazları 2 kanallıdır ve her kanalın parametreleri diğerinden bağımsız olarak ayarlanabilmektedir. Bu durum ağrı karakterinin değişik ve yaygın olduğu hastalarda avantaj sağlar (19). Periferik sinir sisteminin uyarılması için bir güç kaynağı, ampifikatör (yükselteç) ve elektrotlar gerekmektedir. Güç kaynağı ve amplifikatör NMES cihazı içinde yer alır.

Üretilen akım genellikle bifazik dalga şeklinde olup sıfır elektrik yüküne sahiptir. Bu şekilde iyonizasyonun neden olduğu deri irritasyonu engellenmektedir. Güç kaynağında üretilen akım ampifikatörde artırılarak elektrotlara ulaştırılır (20).

2.3.1. NMESCihazınınÖzellikleri

NMES ekipmanı, küçük taşınabilir ya da büyük cihazlardan oluşur. Küçük taşınabilir cihazlar, özellikle ev tipi uzun süreli tedavilerde kullanılırken, büyük cihazlar ise klinik kullanımlarda tercih edilir. Büyük cihazlarda farklı tipte modalitelerin ve çok sayıda kanalların olması, bu ekipman sisteminin avantajıdır.



Resim 1: NMES cihazı

2.3.2. NMES Parametreleri

- a) Amplitüd
- b) Dalga boyu
- c) Dalga formu
- d) Frekans

2.3.2.1. Amplitüd

Akım dalgasının yüksekliğini gösterir ve miliamper (mA) ile ölçülür. 0-50 mA arasında ayarlanabilir.

Amplitüd (akım gücü) hastanın akım algılaması ve uyarının şiddetiyle ilgilidir. NMES selektif olarak kalın miyelinli, hızlı iletimden sorumlu A beta liflerini uyardığından yüksek amplitüdlere genellikle gerekmez. Dolayısıyla amplitüd hastaya parestezi algılayacak, fakat ağrı duymayacak şekilde artırmak daha doğrudur.

2.3.2.2. Dalga boyu

Akımın süresini ifade eder. Genellikle 50-250 mikrosaniye (μ s) arasında ayarlanır. Bu dalga boyları arasında kalın miyelinli, hızlı iletilen sinir lifleri optimal olarak uyarılabilir (19).

2.3.2.3. Dalga formu

1. Bifazik dalga formu:

a) Simetrik bifazik dalga formu: Polarite devamlı değiştiğinden hem anot hem de katot aktif elektrot olabilir.

b)Asimetrik bifazik dalga formu: Katot ve anot ayırt edilebilir ve böylece terapist daha etkin kontraksiyon sağlayabilmek amacıyla katot elektroduyla, ilgili kasta etkin kontraksiyon oluşturabilir.

2.Monofazik dalga formu:

Nadiren monofazik dalga formu kullanan stimülatörler vardır. Terapötik amaçlı olarak en sık pulse dalga formları kullanılır. NMES'de monofazik ya da bifazik, simetrik ya da asimetrik dörtgen dalga kullanılır(7). NMES için ideal bir dalga formu henüz belirlenmemesine rağmen bazı çalışmalar, simetrik bifazik dalga formunun hem asimetrik bifazik hem de monofazik dalga formundan çok daha rahat olduğunu ileri sürmektedir. Akım süresi 1-300 msn'lik faz süreli stimülatörler, innervasyonu tam olan kasları aktive etmek için kullanılır (21). Frekans,uyarı için farklı kaslarda değişebilmesine rağmen 30-50 Hz'lik bir frekans genellikle etkilidir. Daha yüksek frekanslı akımlar kas yorgunluğuna neden olur.Stimülusun yoğunluğu veya amplitüdü, istenilen kasılma elde edilinceye kadar kademeli olarak artırılır. Amplitüd ile kas kontraksiyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır (7,21).NMES programının etkinliğini artırmak için birkaç modülasyon gereklidir (21). Atım modülasyonunun başka bir amacıakomodasyonu geciktirmektir. Bu modülasyonda; akımın süresi, amplitüdü veya frekansı otomatik olarak artar ve sonra azalır (22). Stimülatörün uyarı ve dinlenme süreleri ayarlanabilir olmalıdır. Kas kontraksiyonu periyodunu dinlenme periyodu izlemelidir (6,21).

2.3.2.4. Frekans

Bir saniyede üretilen elektriksel uyarı sayısıdır. Hertz ile ölçülür. 1-200 Hz arasında ayarlanabilir (16).

2.4. NMES'İN ÇEŞİTLERİ

Konvansiyonel(geleneksel), akupunktur benzeri, kısa-şiddetli (hiperstimülasyon), patlayıcı uyarıcı ve modüle edilmiş NMES olmak üzere 5 çeşit uygulamada sınıflandırılır.

2.4.1. Konvansiyonel (Geleneksel)

Yüksek frekanslı, kısa akım geçiş süreli ve düşük amplitüdülü uyarı verir. En yaygın kullanılan uygulama şeklidir. Frekansı genellikle 10-200 Hz, dalga boyu 100-200

msn kadar ve amplitüd yoğunluğu kontraksiyon oluşturmada, aşırı rahatsızlık hissi vermeden, hafif karıncalanma 32 oluşturacak şiddette, 1-100 mA arasında uygulanır. Özellikle kalın, miyelinli, afferent A alfa ve beta liflerini etkiler. Etki mekanizması olarak kapı kontrolteorisi ön plandadır. Etkisi 30 dakikada içinde başlar ve benzer şekilde tedavi kesildikten kısa bir süre sonra kaybolur. Ağrı devam ettiği sürece tüm gün uygulanabilir.

2.4.2. Akupunktur benzeri

Düşük frekanslı, yüksek şiddette uyarı verir. Frekansı 1-10 Hz, dalga boyu 0-200 msn olacak şekilde uygulanır. Akım şiddeti genellikle gözle görülebilir bir kas kontraksiyonuna yol açan, hastanın tolere edebileceği maksimum yüksekliktedir. Esas olarak küçük çaplı C liflerini etkiler. Etkisini endojen endorfin salınımını artırarak yaptığı düşünülmektedir. Konvansiyonel NMES'e göre etkisi daha geç ortaya çıkar ve etkinliği daha uzun sürer. Ancak tolerans daha düşüktür. Tedavi süresi genellikle 30-60 dakikadır.

2.4.3. Kısa-şiddetli (hiperstimülasyon)

Yüksek frekanslı ve şiddetli uyarı verir. Frekansı 50-150 Hz ve dalga boyu 100-200 msn olacak şekilde uygulanır. Tetanik veya belirgin kas kontraksiyonu oluşturur. C liflerini aktive eder. Dayanılması zor bir yöntem olduğu için tedavi süresigenellikle 15-30 dakika sürer.

2.4.4. Patlayıcı Uyarı (yüksek yoğunluklu ardıl pulsasyonlu)

Yüksek (50-100 Hz) ve alçak frekanslı (1-10Hz) birbirini izleyen uyarılar verilir. Gözle görülür kas kontraksiyonu oluşur. Akupunktur benzeri NMES gibi etkisi daha geç ortaya çıkar ve etkinliği daha uzun sürer. Tedavi süresi 30-60 dakika arasındadır.

2.4.5. Modüle Edilmiş

Tedavi sırasında frekans, dalga boyu, amplitüd gibi parametrelercihaz tarafından sürekli değiştirilir. Böylece hem konvansiyonel, hem de akupunktur benzeri NMES aynı anda uygulanmış olur. En büyük avantajı hem yüzeysel hem de derin sinir liflerini uyarmasıdır.

2.5. SPASTİK PARALİZİLERDE ELEKTRİKSEL STİMÜLASYON

Kas ve sinirlerin elektrikle uyarılması, spastik paralizinin egemen olduğu çeşitli merkezi sinir sistemi hastalıklarında (inme, serebral palsi, omurilik lezyonları) kullanılır.

Elektriksel stimülasyon ile spastisitenin azaltılması üç mekanizma ile açıklanmaktadır:

1. Spastik kasların antagonistlerine elektriksel stimülasyon uygulanmasının ardından spastik kaslarda gelişen resiprokal inhibisyon.

2. Spastik agonist kaslara elektriksel stimülasyon uygulanması sonucu gelişen yorgunluk ya da Renshaw hücreleri aracılığıyla gelişen rekürren inhibisyon.

3. Tekrarlayan duyuşal stimülasyonun ardından spinal düzeydeki desensitizasyona bağlı ortaya çıkan duyuşal habitüasyon.

Spastisitedeki gerileme, uygulama sırasında başlar ve birkaç saat sürer (23).

2.5.1. Elektrot Seçimi

Elektrot seçiminde, elektriksel stimülasyon programının uygulanma amacı ve hasta için kullanım kolaylığı esas alınmaktadır. Yüzeşel ve doku içine yerleştirilmiş implante elektrot tipleri bulunmaktadır. Yüzeşel elektrotlar, terapötik ve fonksiyonel uygulamalarda en sık kullanılan elektrot tipleridir. Uzunlamasına yerleşim ve geniş yüzeş alanı sayesinde yüksek kontraksiyon kuvveti oluştururlar (7). NMES ayrıca hemipleşjili hastalarda yürüyüş paternini iyileştirmek için de kullanılmaktadır. Fibula başı düzeyine yerleştirilen yüzeşel elektrotlarla peroneal sinir uyarılarak yürüme paterni iyileştirilebilir (7,23).

2.6. NMES'İN DOKU MİKROSİRKÜLASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

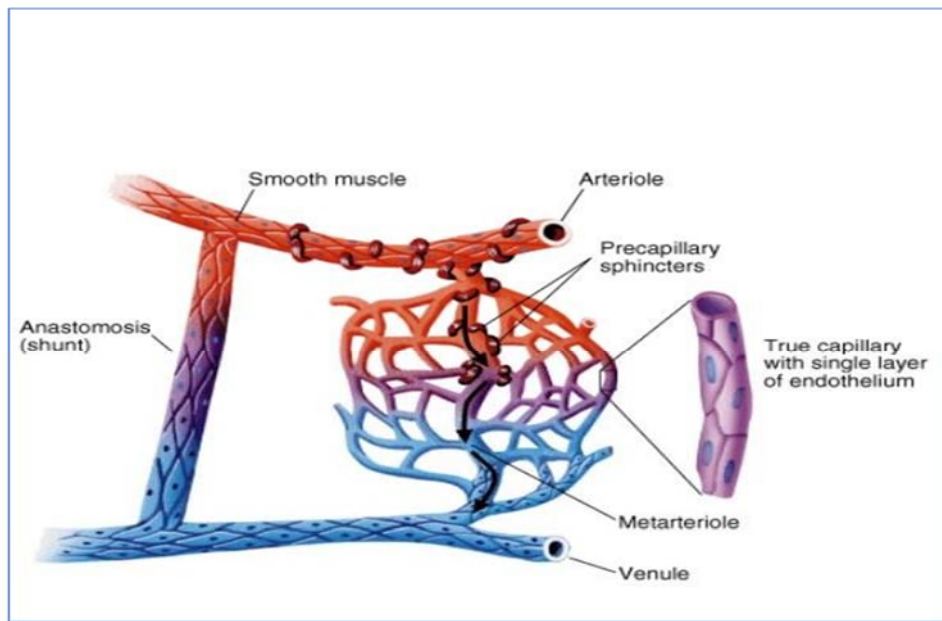
Mikrosirkülasyondirek ve indirek yöntemler ile değerlendirilmektedir. Periferik doku oksijenasyonunun değerlendirilmesinde, Kızılötesi spektroskopu metodu son yıllarda indirek yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır.

2.6.1. Mikrosirkülasyon

Mikrosirkülasyon, ilk olarak 17. yüzyılda Malpighi ve Van Leeuwenhoek tarafından tanımlandığından bu yana hep ilgi odağı olmuştur. Çapı 100 µm veya daha az olan, metabolizma için doku hücrelerine oksijen ve diğereş metabolitleri taşıyan veorgan sistemlerindeoluşan atıkları uzaklaştıran, kılcal damar sisteminden oluşur.

2.6.2. Mikrosirkülasyonun Anatomik Temelleri:

Mikrosirkülasyon 3 damar tipinden oluşur; kapillerler, arterioller ve venüller. Kapillerler, hücrelerin metabolik ihtiyaçlarını karşılayan ve dokularda oluşan atıkları uzaklaştıran, 20 µm den küçük damar yapılarıdır. Arterioller, metabolik, miyojenik ve hümorale kaynaklı kontrol mekanizmaları tarafından daralıp genişleyerek kan akımını kontrol eden ve devamlı düz kas tabakasına sahip yapılarıdır. Venüller, çapları 20 µm'den büyük ve kanı toplayan damarlardır. Ayrıca mikrosirkülasyonda kan akımının en yavaş olduğu ve lökositlerin rolling, adezyon ve ekstravazasyon hareketlerinin en iyi gözlemlendiği yerlerdir (24).



Şekil 1: Mikrosirkülasyon Anatomisi

2.6.3. Mikrosirkülasyonun Fizyolojik Temelleri

Tüm parankimal hücreler, 500 ila 700 m² arasında olduğu tahmin edilen bu damar ağı ile çevrilidir ve insan vücudundaki herhangi bir hücre bu ağa 20 ila 30 µm kadar uzaklıktadır. Bu damarların lümeni (iç yüzeyi), akan kan ile dokular arasındaki bariyeri oluşturan glikokaliks adı verilen ince bir jel benzeri katmanın bulunduğu endotel ile kaplıdır. Bu tabaka polisakkaritler ve glikozaminoglikanlardan oluşur. Glikokaliks, kana viskozitesini veren şekilli elemanların yarattığı kayma gerilimini (shear stress) algılayabilir ve bu şekilde dokuların metabolik ihtiyaçlarına göre sinyaller oluşturarak vasküler ağda

vazodilatasyon ya da vazokonstriksiyon oluşturabilir. Bu katman, endotelial nitrik oksit sentaz (eNOS), anjiyotensin converting enzim (ACE), ekstrasellüler süperoksit dismutaz (SOD) ve hemostaz için gerekli von Willebrand faktörü gibi maddeleri içerir. Sinyal transdüksiyonundaki kilit görevleriyle hemostazın başarısında önemli rol oynar. Bu yapının hasarlanması ve yıkımı; şok, sepsis ve reperfüzyon hasarının patofizyolojisinin temelini oluşturur (25).

2.6.4. Oksijen

Oksijen tüm hücreler için temel ihtiyaçtır. Kırmızı kan hücreleri (KKH) tarafından mikrosirkülasyon yoluyla dokulara taşınır. Dokulara taşınması iki bağımsız fizik konsepti tarafından belirlenir; Konveksiyon ve Difüzyon (26). Oksijenin konveksiyon yoluyla taşınması, hemoglobin saturasyonu (Hbsat) ve birim zamanda bir noktadan geçen KKH miktarı ile orantılıdır.

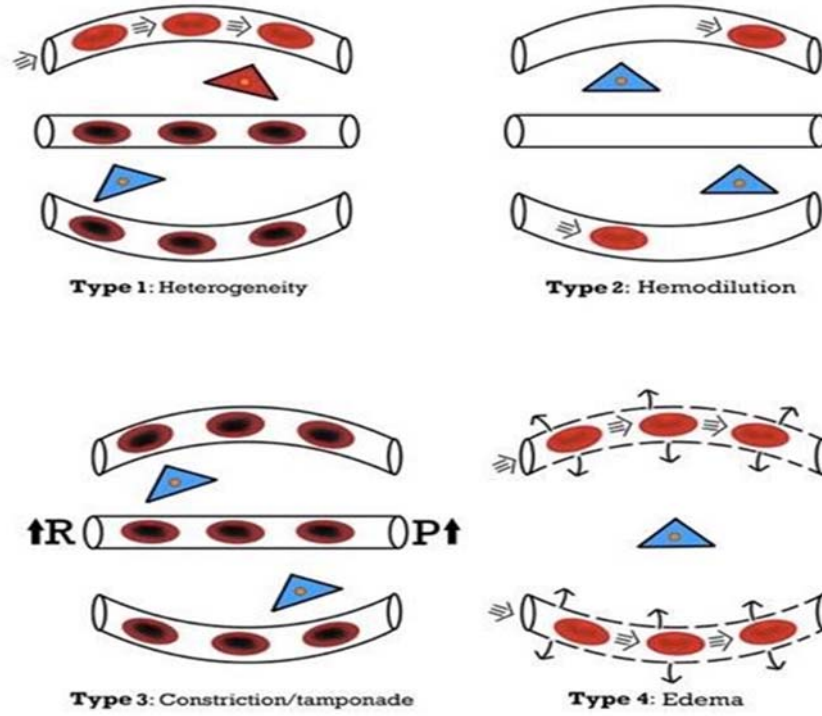
Konveksiyon = (KKH miktarı / sn) x Hbsat x K (sabit)

Fick Yasasına göre; Difüzyon (kılcal damardan hücrelere oksijenin pasif geçişi), difüzyon yüzey alanı ve hedef hücre mitokondrisi ile kapillerdeki O₂ basınç farkı ile doğru ve mesafe ile ters orantılıdır. Difüzyon = (difüzyon sabiti) x A (yüzey alanı) x (pO₂capillary - pO₂mitochondria) / L (mesafe)

2.6.5. Sistemik Dolaşım ve Mikrosirkülasyonun Hemodinamik Uyumu

Hemodinamik uyum; inflamasyon, şok gibi durumlarda makro hemodinamik değişkenlerin Kan Basıncı (KB), Periferik Hemoglobin Saturasyonu (SPO₂), Kardiyak Debi (KD) vb. düzeltilmesine bağlı olarak doku perfüzyonunun iyileşmesini ifade eder. Bunun için Vasküler ağ fonksiyonel olmalıdır. Bununla birlikte, reperfüzyon hasarı, iltihaplanma, enfeksiyon, doku ödemi, kanama, hemodilüsyon veya mikrosirkülasyon bozukluğuna neden olan diğer durumlarda bu uyum bozulabilir. Mikrosirkülasyonun fonksiyonelliğini yitirdiği veya endotelin koruyucu mekanizmalarının bozulduğu durumlarda, hipoksi ve doku hipoperfüzyona bağlı olarak organ yetmezliği gelişecektir. Bu ön bilgiye dayanarak, hemodinamik parametrelerin gerekenden fazla sınırlarla ve vazoaktif ajanlarla normalize edilmeye çalışılmasının yaratacağı ödem, hemodilüsyon veya vazokonstriksiyon ile kan akımında azalma; muhtemelen daha fazla zarara neden olacağı düşünülebilir (27).

Microcirculatory alterations associated with loss of hemodynamic coherence.



Şekil 2: Hemodinamik uyumsuzluğun 4 tipi

Bugüne kadar başta yoğun bakım ve anestezi kliniklerinde ve hayvanlar üzerinde olmak üzere yapılmış 500’ün üzerinde klinik çalışma mevcuttur. Bir çok durumda, normal sistemik hemodinamik parametrelererağmen, gelişebilen doku hasarı söz konusudur. Kırmızı ile boyalı elemanlar normoksik, mavi ile boyalı elemanlar disoksiktir. Bu bilgiler ışığında 4 tip hemodinamik uyumsuzluk tanımlanmıştır (28).

Tip 1: Heterojenite; inflamasyon ile ilişkili endotel ve KKH disfonksiyonu.

Tip 2: Hemodilüsyon; damar içinde konveksiyonu belirleyen KKH sayısının azalmasına yol açar.

Tip 3: Vazokonstriksiyon veya tamponat; vazokonstriksiyon ya da venöz dolgunluğabağlı gelişen kardiyak tamponat ile kan akımını azalması.

Tip 4: Doku ödemi; kapiller ve hücreler arasındaki difüzyon mesafesinin artması.

2.7. MIKROSİRKÜLASYONDA KULLANILAN TEKNİKLER VE CİHAZLAR

Doku perfüzyon monitorizasyonu için altın standart olarak işlev görececek cihaz, teknik şu özelliklere sahip olmalıdır:

- I. Oksijen sunumunun konvektif ve diffüzyon ayaklarını ayırt edebilmeli.
- II. Eritrosit akımını ve perfüze olan damarları nicel olarak ölçebilmeli.
- III. Azalmış, normal ya da artmış sistemik hemodinamik parametrelerin varlığında; özellikle heterojen tip olmak üzere tüm mikro dolaşım bozukluklarını gösterebilmeli.
- IV. Son olarak bu cihazlar, özellikle mikro dolaşım bozukluğu durumlarında, hemodinamik uyumun intakt olup olmadığını tespit edebilmelidir.

Günümüzde mikrosirkülasyonu değerlendirme tekniklerini De Backer ve arkadaşları şu şekilde sıralamışlardır (29).

- I. Doppler ilişkili teknikler (laser doppler)
- II. Miksvenöz ve santral venöz oksijen saturasyonu
- III. Doku spektrofotometri
- IV. Trankütanöz PO₂ elektrotları
- V. Doku PCO₂ ölçümleri
- VI. Venöz-arteriyel PCO₂ gradiyenti
- VII. Laktat
- VIII. Santral-periferik vücut ısısı değişimi
- IX. Kapiller dolum zamanı
- X. Mikrosirkülasyonu doğrudan gösteren, taşınabilir mikroskoplar

Ancak tüm bu teknikler arasında, mikrosirkülasyonun değerlendirilmesinde en fizyolojik ve direkt teknik, aynı zamanda hemodinamik uyum ya da uyumsuzluğu tespit edebilen, taşınabilir mikroskoplardır (30).

2.7.1. Doku Spektrofotometri Yöntemi

Kızılötesi ışık, deri, kemik, kas ve yumuşak dokulara penetre olur. Bu dokuların içerisindeki absorpsiyon dalga boyu aralığı, kızılötesi alan içerisinde olan (yaklaşık 700-100nm) hemoglobin ve myoglobin, kromoforlar tarafından absorbe edilir. Oksijenize ve deoksijenize hemoglobinin absorpsiyon spektrası spesifiktir ve oksijenize hemoglobinin total hemoglobine oranının hesaplanmasına olanak tanır(31,32).

Doku oksimetri yöntemi ile mikrosirkülatauar birimdeki doku oksijenizasyonunu değerlendirmek için InSpectra™ StO₂ Doku Oksijenizasyon Monitörü kullanılmaktadır. StO₂ (Tissue Oxygen Saturation – Doku Oksijen Saturasyonu) ölçümü, deri üzerine

yerleştirilen sensör ile spesifik ve kalibre edilmiş fiberoptik ışığın doku altına iletilmesi şeklinde noninvaziv olarak uygulanır. Mikrosirkülatauar birimdeki oksijenize hemoglobinin miktarına bağlı olarak, kızılötesi ışığın bir kısmı geri yansır bir kısmı da absorbe edilir. Absorbe edilmeyen ışık, optik bir sinyal olarak geri döner ve oksijenize hemoglobinin total hemoglobine oranını ortaya çıkarır. Bu oran, StO₂ yüzdesi olarak ifade edilir(33,34,35).



Resim 2:StO₂cihazı ve tenar kas monitörizasyonu

InSpectra™ StO₂ Doku Oksijenizasyon Monitörü ile 680-800 nm arasındaki doku absorpsiyon değerleri ölçülür. Bu değerler, ölçekli ikinci türev denklemi kullanılarak spektral doku ölçümleri değerlerine dönüştürülür. InSpectra™ StO₂ sistemi ile ölçülen doku derinliği, direkt olarak ileti fiberleri ve algılama fiberleri arasındaki mesafe ile ilişkilidir. Yapılan bilimsel çalışmalar, iki sensör arasındaki 15 mm'lik bir mesafe varlığının 0-14 mm'lik doku derinliğinden yaklaşık % 95 oranında güvenilir optik sinyaller alınabildiğini göstermiştir(36,37).

Monitörize edilen değerlerde; %75-95 arası normal bir mikrosirkülasyona işaret ederken, %75'in altındaki ölçümler hipoperfüzyon belirtisi olarak değerlendirilir. %95'in üzerindeki değerler ise sistemik vazodilatasyon yada yüksek oran dakarbonmonoksit bulgusu olarak algılanabilir. StO₂ tekniğinin; noninvaziv olması, maliyetinin düşük olması, uygulama kolaylığı, hızlı ve sürekli ölçüm vermesi, uygulanan tedavinin etkinliğini anlık gösterebilmesi ve kalibrasyon gerektirmemesi gibi birçok avantajları bulunmaktadır(34,38).

3. MATERYAL ve METOD

Çalışma, Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği'nde 01 Ocak 2018 ile 01 Nisan 2018 tarihleri arasında Etik Komite onayı (20.11.2017 ,Versiyon 1) alındıktan sonra hasta yakınları bilgilendirilerek yapıldı. Aşağıdaki dışlama kriterlerine uygun farklı etyolojiye sahip 65 hasta çalışmaya başlandı. Çalışma sonunda laktat değerleri 2 mEq/L'nin üzerinde olan 2 hasta çalışma dışı bırakıldı.

Hasta seçimi

Araştırmaya dahil edilme kriterleri:

1. 18-85 yaş arası
2. Farklı etyolojiye sahip SKB>90 mmHg olan,
3. Yoğun Bakım Ünitesinde 48 saatten fazla yatmış

Araştırmaya dahil olmama kriterleri:

1. Gebelik,
2. Obezite(BMI>35 kg/m²),
3. Yanık gibi deri lezyonları olan,
4. Ekstremitelerinde dolaşım problemi olan,
5. Şok veya vazokonstriktör ajan kullanan,
6. Her iki kola arter kanülasyonu uygulanan, dolaşımı bozulmuş olan,
7. Çeşitli nedenlerle kürarizasyon yapılmış olan,
8. Ölçüm ve uyarı verilecek ekstremitelerinde ileri derecede ödemi olan,
9. Dissemine İntravasküler koagülasyon ve sepsis gibi mikrosirkülasyon bozukluğu olan,
10. Kalp pili ve aritmisi olan,
11. Laktat değeri 2 mEq/L'nin üzerinde olan,
12. Beyin ölümü ve kemik kırıkları olan tüm hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Çalışma dizaynı: Çalışmaya dahil edilen tüm hastaların demografik bilgileri, YBÜ' ne yatış nedenleri, temel monitör verileri (KTA, OAB, SPO₂), arteriyel kan gazı, ateş, tam kan sayımı ve laktat değerleri kayıt altına alındı.

Çalışmada Kullanılan Cihazlar : Çalışmamızda NMES amacıyla Cafer Compex marka Rehap 400 modelini kullandık.İlgili ekstremiteye, ağrı modunda Maksimum akım şiddeti 50-100 Hz aralığında olacak şekilde 25 dakika boyunca uyarı elektriksel uyarı verildi.Doku mikrosirkülasyonu, noninvaziv periferik doku oksijenizasyon ölçümü yapan InSpectra StO2 cihazı (InSpectra™ Model 300; Hutchinson Technology Inc., Hutchinson, MN, USA) ile değerlendirildi. Çalışma aşağıdaki protokole göre tamamlandı.

Çalışma protokolü:

1.Çalışmaya alınacak hastalar belirlendikten sonra temel monitörizasyon verileri(KB, KTA,SPO2,Ateş) kaydedildi. Bazal doku oksijenasyonunu ölçmek için InSpectra StO2 cihazının probu tenar kas üzerine yerleştirildi. Her ölçüm başlangıcında prob alkollü pamuk ile, eller de serum fizyolojik ile temizlendi. Tenar kas üzerinden 5 dakika boyunca sürekli ölçüm yapıldı ve 5. dakikanın sonundaki sayısal veri çalışmada bazal değer olarak kaydedildi.

2. Bazal ölçüm sonrası hastaların alt ekstremitesine (M.Rectus femoris, M.Vastus lateralis) NMES cihazının elektrotları yerleştirildi ve 25 dakika boyunca NMES uygulandı.

3. NMES uyarısı bittikten sonra Doku Oksijen Satürasyonuna yukarıda belirtilen protokole göre bakıldı ve çalışma sonucunda her hastaya ait 2 adet doku oksijenizasyon değeri elde edildi. Ayrıca KB, KTA,SPO2, HBT, ateş gibi veriler de tekrar kaydedildi.

3.1 İSTATİSTİKSEL ANALİZ YÖNTEMLERİ

Sürekli değişkenleri tanımlamak için deskriptif istatistikler kullanılmıştır (ortalama, standart sapma, minimum, medyan, maksimum). Bağımlı ve normal dağılıma uygun iki sürekli değişken arasındaki değişim Paired sample t testile, bağımlı ve normal dağılıma uygun olmayan iki sürekli değişken arasındaki ilişki Wilcoxon Signed Rank test ile incelenmiştir.

İstatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenmiştir. Analizler MedCalc Statistical Software version 12.7.7 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <http://www.medcalc.org>; 2013) Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

Demografik Veriler

Tablo-1: Çalışmaya alınan hastaların yaş ortalaması $63,4 \pm 16,9$ 'dir Çalışmaya dahil edilen 63 hastadan elde edilen veriler ile çalışma tamamlandı. Hastaların 17'si kadın (%11,7) ve 46'si erkekti (%88,3). Çalışmaya alınan tüm hastaların yaş ortalaması 63,7'di.Olguların yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıksaptanmamıştır(Tablo-1).

	N	Ort.	Medyan	St.Sapma	Min.	Maks.
Yaş	57	63,4	67	16,9	19	85

Parametrelerin Dağılımı

Tablo-2: pH ve Laktat değerleri

	N	Ort.	Medyan	St.Sapma	Min.	Maks.
pH	57	7,4	7,4	0,08	7,2	7,6
Laktat	56	1,2	1,1	0,5	0,5	2,6

Tablo 3: Bazal ve 25. Dakika karşılaştırılması

	Bazal (n=57)	25.Dakika(n=57)	
	Ort±Std.Sapma Med. (Min.-Maks.)	Ort±Std.Sapma Med. (Min.-Maks.)	p
SPO2	96,9±2,5 97,5 (90-100)	96,3±2,02 96 (91-100)	<0,001 ¹
Sistolik*	135,8±23,9 134 (90-180)	134,1±19,9 135 (100-178)	0,177 ²
Diastolik	71,1±16,3 68 (35-117)	76,3±13,1 80 (52-100)	0,024 ¹
HBT	9,7±2,9 9 (5-22)	10,4±2,9 9,8 (5,4-24)	0,048 ¹
STO2	79,8±8,9 80 (59-94)	81,7±9,4 84 (55-96)	0,012 ¹
Ateş	36,7±0,4 36,7 (35,9-38)	36,7±0,4 36,7 (36,1-37,8)	0,721 ¹

Çalışmaya katılan hastaların bazal ve 25. dakikadaki SPO2, Sistolik ve Diastolik kan basınçları, Ateş, STO2 ve Hemoglobin oksijen doygunluğu Tablo-3'te gösterilmiştir (Laktat değerleri 1.5'in altındaki hasta gurubu için).

Wilcoxon p¹, Paired Samples t test p²

STO2 için Bazal ile 25.dakika arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır(Wilcoxon p=0,012).

SPO2 için Bazal ile 25.dakika arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (Wilcoxon p<0,001).

Diastolik kan basıncı için Bazal ile 25.dakika arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (Wilcoxon p=0,024).

(Wilcoxon p=0,048).

Tablo4: Lakat ≥ 1.5 için Bazal ile 25. dakika karşılaştırılması

	Bazal (n=16)	25.Dakika (n=16)	p
	Ort±Std.Sapma Med. (Min.-Maks.)	Ort±Std.Sapma Med. (Min.- Maks.)	
SPO2	96±2,6 96,5 (91-100)	96,1±2,3 96 (92-99)	0,813 ¹
Sistolik	134,1±19,5 132 (90-175)	132,5±15,8 131 (100-168)	0,396 ¹
Diastolik	72,7±17,2 69 (50-117)	74,4±10,9 79,5 (58-98)	0,753 ¹
HBT	8,6±1,6 8,1 (6,6-12,5)	9,7±2,02 9,6 (5,4-12,8)	0,098 ¹
STO2	78,6±9,1 79 (64-93)	79,6±11,03 84,5 (55-92)	0,603 ¹
Ateş	36,6±0,4 36,7 (35,9-37,5)	36,6±0,4 36,5 (36,1-37,2)	0,875 ¹

Laktat değerleri ≥ 1.5 için; Bazal ile 25.dakika arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (Wilcoxon $p>0,05$).

Wilcoxon p^1

Çalışmaya katılan hastaların bazal ve 25. dakikadaki SPO2, Sistolik ve Diastolik kan basınçları, Ateş, STO2 ve Hemoglobin oksijen doygunluğu Tablo-4'te gösterilmiştir(Laktat değerleri 1.5 mEq/L'in üstündeki hasta gurubu için).

Bazal ile 25. dakika arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (Wilcoxon $p > 0,05$).

HBT için Bazal ile 25.dakika arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (Wilcoxon $p=0,048$).

5. TARTIŞMA

Bu çalışma 2018 yılında Etik kurul onayı alındıktan sonra Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Genel Yoğun Bakım ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya kritik hastalığı olan 65 hasta ile başlandı ancak laktat değeri 2 mEq/L'nin üzerinde olan 2 hasta çalışma dışı bırakıldı. Çalışmamızda tek seans (25 dakika) uygulanan NMES uyarısı sonucu, sistemik mikrosirkülasyonda oluşan kısa dönem etkiler değerlendirildi. Ana bulgu; alt ekstremitelere uygulanan NMES'nin tenar kasın mikrosirkülasyonunda kısa süreli sistemik artışa yol açtığıdır.

NMES için piyasada kullanılan bir çok model ve boyutta cihaz vardır. Biz çalışmamızda NMES Cafer Complex Rehap 400 modelini kullandık. Kullandığımız bu model elde taşınabilir, küçük bir cihazdır. Bu cihazlarının bir kaç çalışma modülü vardır. Akupunktur, konvansiyonel, Brief-İntence gibi modüller bunlardan bazılarıdır. Bu modüllerden bir kısmı sadece duyu sinirlerini uyarırken bir kısmı hemduyu hemde motor üniteleri birlikte uyarmaktadır. Sadece duyu uyarı veren akımlarda gözle görülür bir kas kontraksiyonu oluşmamaktadır. Bizim amacımız hem motor emde duyu sinirlerini beraber uyarmaktı. Bu modüllerden akupunktur benzeri, kısa şiddetli uyarı veren modülü kullandık. Çünkü bu modül, istediğimiz kas kontraksiyonunu oluşturacak en yakın modüldür. Genel olarak literatür çalışmalarına baktığımızda belirgin kas kontraksiyonu oluşturmak için yüksek frekanslarda akımlar kullanılmıştır.

Bahodori S ve arkadaşları 2017 yılında 10 sağlıklı birey üzerinde alt ekstremiteye 3 farklı uygulama yaparak mikrodolaşımı incelemişler. Birinci uygulamada, gözle görülür kas kontraksiyonu oluşturacak şekilde yüksek akım verilmiş. İkinci uygulamada, kas kontraksiyonu farkedilmeyecek şekilde akım verilmiş. Üçüncü uygulamada ise, alt ekstremiteye bir pnomotik sıkıştırma cihazı uygulanmış. Bu çalışmanın sonuçları, üç uygulamanın da kan dolaşımını (sırasıyla % 399.8, % 150.6, % 117.3) artırdığı yönündedir. Bununla birlikte kan dolaşımında en fazla artış gözle görülür kas kontraksiyonları oluşturulan 1. grupta olmuştur(39). Bizim kullandığımız modülasyonda elektriksel uyarılar kısa süreli ve belirgin kas kontraksiyonu oluşturacak şekilde 50-150Hz aralığındaydı.

NMES'in tedavi alanında kullanılması uyarı sonucu oluşan çeşitli mekanizmalara dayandırılmaktadır. Bu mekanizmalardan bazıları lokal etki yaparak, bazıları da o bölgede salgılanan endotelial faktörler yoluyla sistemik etki oluşturmaktadır. Diğer bir

mekanizma ise kas kasılması sonucu oluşan pompa etkisininiki kas arasındaki damarsal yapıları hareket ettirerek kan dolaşımını hızlandırdığı yönündedir.Stimülasyona bağlı ısı artışıda bölgesel vazodilatasyon yaparak kan dolaşımını artırdığı bilinen diğer bir mekanizmadır(40).

Vasiliki Gerovasili ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada, YBÜ’de yatan 29 hastaya alt ekstremitte odaklı 45 dakika NMES uygulamışlardır. Uyarının başlangıç ve sonunda KTA, TA, Sıcaklık, Solunum Sayısı ve vertebral kaslarda doku oksijen satürasyonunu (StO₂) değerlendirmişler. Çalışma sonuçlarına göre seansın başlangıcı ve sonunda StO₂ değerleri arasında anlamlı farklılık yoktur, fakat kalp atım hızı, tansiyon ve oksijen tüketim hızında anlamlı bir fark bulunmuş. Bu veriler neticesinde NMES’nin sistemik etkiye yol açtığı fikrine varılmıştır. (41)

Biz çalışmamızda alt ekstremitteye 30 dk boyunca tek seans NMES uyarısı uyguladık. StO₂ monitörizasyonu için cilt altı yağ dokusu ve ödemden en az etkilenen tenar bölgeyi tercih ettik. Çalışmamızda StO₂ değerleri uyarının başlangıcında ve sonunda klinik ve istatistiksel (Pre NMES; 79,8 ± 8.9 (59-94), PostNMES;81.7±9.4(55-96) (Wilcoxon p=0,012). olarak anlamlı farklılık görüldü. Benzer şekilde diyastolik kan basıncı (Pre NMES; 72.7 ± 17.2, Post NMES ; 74.4 ± 10.9) (wilcoxon p=0,024)ve SPO₂ (PreNMES : 96 PostNMES : 96.1)(wilcoxon p < 0,001). değerlerinde de istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar kaydettik.

Vasiliki ve arkadaşları yaptıkları çalışma ile NMES’in sistemik dolaşım üzerine pozitif etkisinin olduğunu göstermişlerdir. Vertebral kas grubu üzerinde StO₂ değerlendirerek yaptıkları çalışmalarında, StO₂ değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunamamıştır. Bu durum belkide vertebral kasın yeterince uniform bir alan olmaması ile ilişkili olabilir. Vasiliki ve arkadaşları NMES’in kritik hastalık myopatisini önlemede etkin olabileceği görüşüne varmışlardır(41).

Mikrodolaşım, hemodinamik iyileşmede önemli bir klinik parametre olmasına karşın klinikte ölçülmesi ve monitörizasyonu henüz pratikte işlerlik kazanmış bir ölçüm değildir.Mikrodolaşım seviyesinde doku oksijenlenmesini değerlendirebilen bir çok teknolojik yöntem vardır. Bu yöntemler, direk ve indirek olmak üzere iki grupta toplanabilir. Direk yöntemler dokudaki mikrovasküler yatağı gösteren videomikroskoplardan oluşur. Doppler ilişkili yöntemler, Miks venöz ve santral oksijen satürasyonu, kapiller dolun zamanı, trankütanöz PO₂ elektrotları, doku spektrofotometreleri indirek yöntemlerden bazılarıdır. Bunlardan bazıları henüz deneysel düzeyde iken bazıları ise kullanım kolaylığı ve güvenilirliği açısından klinik deneyim ve

birikimlere ihtiyaç duymaktadır. Bizim kullandığımız yöntem ise StO₂ dediğimiz dokudaki miks yani arteriyel ve venöz oksijenlenmeyi ölçen bir yöntemdir. Benzer bir yöntem olan NIRS (Near Infrared Spectroscopy) yönteminde de; esas olarak tüm vasküler yataktaki oksijenlenmiş hemoglobinin deoksihemoglobine oranı, gönderdiği ışığın dalga boyunu absorpsiyonuna göre belirlenir. NIRS sistemleri ayrıca, toplam doku hemoglobin (HbT) veya mutlak doku hemoglobin indeksi (THI) olarak gösterilen, örneklenen alanda bulunan hemoglobin miktarının bir tahminini sağlayabilir.

Biz bu amaçla InSpectra™ Model 300 tipini kullandık. Bu cihaz ile doku oksijen saturasyonu ve doku hemoglobin değerleri elde edilebilmektedir. Çalışmamızda doku perfuzyonunu en iyi gösteren, ödem ve cilt altı yağ dokusunun en az olduğu tenar bölgeyi seçtik. Ayrıca arter kanülasyonunun olmadığı taraf öncelikli tercihimizdi. Noninvaziv ve uygulama kolaylığı bu yöntemin en önemli avantajlarıdır. Monitörizasyon ile uyarı başında ve sonunda iki adet StO₂ ve HbT değeri elde ettik. StO₂ için %75-%90 aralığı normal olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem özellikle septik hastalarda (iskemi ve yüksek oksijen içeriğinin birlikte olması) yanlış sonuçlara neden olabilir. Biz septik hastaları çalışmaya dahil etmesek de 4 hastada düşük olarak kabul edeceğimiz % 70 altında StO₂ değerleri ölçtük. Bu hastalarda da protokole uygun şekilde ölçümleri tamamladık. Mikrosirkülasyon artışı olarak değerlendirdiğimiz artışlar bu hastalarda da gözlemlendi. Bu hastalardaki düşük değerlerin nedenini tam olarak açıklayamadık.

Mikrosirkülasyon düzeyinde doku oksijenasyonunu etkileyen bir çok faktör vardır. Bu faktörlerden makro hemodinamik değişkenler kan basıncı, arteriyel kan oksijen kontenti (CaO₂) ve KD vb. olabilir. Sempatik sinir sistemi ise dış etkenlere karşı hemostazı devam ettirmek için makro hemodinamide değişiklikler yapabilir (30). Bu makro değişkenlerin vasküler alanı etkilemesi için; endotelial alan, kan akım hızı ve damar çapları da intakt olmalıdır.

Dolaşım hızı mikrosirkülasyonun temel unsurlarından biridir ve damar boyutu ile değişebilmektedir. Damar boyutu Elektiksel stimülasyon etkisiyle değişebilmektedir (31). Üstelik, dozaj ve stimülasyon süresi ile de çeşitli fizyolojik tepkimeler uyarılabilir (21). Başka bir deyişle, düşük frekanslı ve yüksek yoğunluklu elektriksel uyarı ile dilate olan damarlarda, kas kasılmasıyla kan akış hızı artar (32).

Hee-Kyung Jin ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları bir çalışmada, üç seviyeli elektriksel stimülasyon kullanarak kan akım hızı ve damar büyüklüğündeki değişiklikler karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada ölçümler için, kalpten sistemik dolaşıma kan pompalayan en büyük arterlerden olan karotis arter kullanılmıştır. Doppler ultrasonografi

ile ölçüm yapılan bu çalışmada, kan akış hızı ve damar büyüklüğü, istatistiksel olarak aynı özelliklere sahip görsel modellere dayanılarak kolay ve hızlı bir şekilde nicelleştirilmiştir. Hee-Kyung ve arkadaşlarının yaptığı çalışma kan akış hızının ve damar boyutunun NMES genlik ve frekansına bağlı olarak değişebileceğini gösteren temel bir çalışmadır (35). Bizim çalışmamız ise NMES'in ekremitelerde uygulanarak sistemik makro kan dolaşımını artırdığı ve bu sayede mikrodolaşımın hızlandığı yönündedir.

StO₂ Doku Oksijenizasyon Monitörü dokudaki değişiklikleri saptayabilir, istirahatte ve egzersiz esnasında mikrosirkülasyonu indirekt olarak değerlendirebilir.

StO₂ ve Near-infrared spektroskopi gibi yöntemler, oksijen ve deoksi hemoglobin sinyallerini yorumlayarak bölgesel oksijenizasyonu (rSO₂=oksihemoglobin / total hemoglobin, bölgesel oksijenlenme) ölçer (42). Doku oksijenlenmesinin önemli parametrelerinden biri de kan Hb düzeyidir ve bu cihazlarda doku hemoglobin düzeyi ölçümü de yan bir parametre olarak verilmektedir.

Ülkü sabuncu ve arkadaşının hazırladıkları bir olgu sunumunda Kardiyopulmoner baypas sırasında rSO₂'deki azalma oluştuğunda ortalama arter basıncı (OAB), pompa akımı, PaCO₂, sıcaklık ve Hb değerleri kontrol edilmiştir. rSO₂ değeri özellikle %30'un altına düştüğünde agresif tedavi önerilmiştir(29). Sunulan hastada OAB, pompa akımı yeterli olduğu halde rSO₂ değerlerinde ciddi düşüş gözlenmiştir. Bu ciddi düşüş, hastanın hemodinamik verileri normal olmasına rağmen tespit edilmiş ve eşzamanlı AKG incelemesinde de Hb-Hct değerlerinin düştüğü görülmüştür. Kan replasmanı sonrası NIRS monitorizasyonu üzerindeki Hb değerlerinin normale döndüğü görülmüştür. Biz çalışmamızda ise düşük Hb değerlerinin oksijenlenmeyi etkilediğini düşünerek ortalama Hb değerini 9.7 g/L civarı tuttuk (Hb>9). Yani kan hemoglobin düzeyleri düşük olan hastaları çalışmaya dahil etmedik. Fakat NMES uyarısı öncesi ve sonrası baktığımız doku spektrofotometre cihazında ölçülen HbT (Doku Hemoglobini) değerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gördük. Bu farklılık uyarı sonucu artan dolaşım hızıyla ilişkili olabilir.

NMES'in, uyluk kasında oksijen tüketimini ve perfüzyon hızını artırarak sistemik etkiye yol açtığını düşünmekteyiz. Bu değişiklikler, NMES tarafından uyarılan, sistemik yolla etki eden faktörlerin varlığını göstermektedir ve muhtemelen birkaç farklı mekanizma ile meydana gelmektedir. NMES'nin sağlıklı bireylerde enerji tüketimini ve tüm vücut glukoz alımını artırdığı gösterilmiştir. KOAH'lı hastaları kapsayan bir çalışmada; NMES uygulanan hasta grubunun, dirençli egzersiz seansı uygulanan hastalara göre, oksijen alımında hafif artış olduğu (düşük metabolik ihtiyacına rağmen) görülmüştür.

Taku Hamada ve arkadaşları 2004'te yaptıkları bir çalışmada 20 dakika alt ve üst ekstremiteye verilen elektiriksel stimülasyonun glukoz alımını ve karbonhidrat oksidasyonunu artırdığını gösterdiler. Bu sonuca NMES sonunda kan laktat düzeyinde ve solunum gaz değişim oranlarında oluşan artmaya bakarak vardılar (43).

Bizim çalışmamızda NMES seansından sonra artan oksijen tüketime bağlı olarak; solunum sayısında, klinik olarak hafif bir artış gözlemlendi. Ayrıca sistolik KB ve KH'da klinik ve istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden oldu. Hastaların 2'sinde KH (6 atım/dk ve 10 atım/dk) arttı. Bir hastada sistolik KB 21 mmhg arttı. İstatistiksel olarak ise ön planda anlamlı artış diastolik kan basıncında oldu. Bu 3 hasta ve diğer hastaların hepsinde perfüzyon hızının artması, bu artıştan sorumlu başka faktörlerin de olabildiğini göstermektedir.

NMES seansından sonra metaboreflaks, ergoreflaks veya bunların aktivasyonu sonucu sempatik deşarj olduğu belirtilmektedir. Bu etkiler sonucunda KH, sistolik KB, KD artabilir (44,45). Sonuç olarak; oksijen tüketimindeki bu artış, kısmen bozulmuş mitokondri fonksiyonlarında bir düzelme ile açıklanabilir. Biyo-enerjik yol NMES esnasında aktive olarak, O₂ tüketim hızının artmasına katkı sağlayabilir.

NMES uygulanan hastalarda dolaşımda artan sitokinlerin ve mikrosirkülasyon üzerinde sistemik etkiye neden olduğu muhtemeldir. Özellikle IL-6 başta olmak üzere birkaç sitokin seviyesinin egzersiz sonrası arttığı gösterilmiştir. Bir NMES seansından sonra IL-6 mRNA seviyelerinin istirahatteki iskelet kasına göre arttığı gösterilmiştir.

Christos Stefanou ve arkadaşları 2016'da yaptıkları bir çalışmada YBÜde' yatan, 32 sepsisli hastaya kısa dönem (40 dk) NMES uygulamışlar, bu hastalardan uyarı öncesi ve sonrası venöz kan alarak Endotelial progenitor hücreleri (CD34⁺ / CD133⁺ / CD45⁻) karşılaştırmışlar. Seans sonunda bu hücrelerin arttığını göstermişlerdir. Bu çalışma YBÜ'de yatan hastalarda endotelin restorasyon potansiyelinin bir göstergesi olan progenitör hücrelerin mobilize edilmesinde NMES'nin etkinliğini gösteren bir çalışmadır(46).

Klinik olarak sedatize olan büyük bir hasta yüzdesinden (%45) dolayı sedatize ve non-sedatize hastaları NMES uyarısı yanıtı açısından ayrı grupta değerlendirdik. Ancak sedasyon düzeyleri hastalarda şuuru etkilemeyecek düzeyde tutuldu(Ramsay 2-3). NMES akımının frekans 50-100 Hz arasında, dalga boyu 100-200 usn, amplitud ise gözle görülür belirgin kas kontraksiyonu oluşturacak şekilde tedricen artırıldı. Her iki grupta da ilk ve ikinci (25 dakika sonra edilen) ölçümler arasında genel klinik ve laboratuvar

değerlendirmesinde mikrosirkülasyon parametrelerinde klinik gözlemimizde bir farklılık belirlenmedi.

Çalışmamızda ajite olan ve seansın tamamlanamadığı ve çalışma dışı bırakılan 1 hasta hariç, tüm hastalar NMES'yi iyi tolere etti. Mikrosirkülatur yanıtın sedatize ve non-sedatize hastalarda benzer olması, bu etkide ağrı duyusunun bir rol almadığının bir göstergesi olabilir.

6. SONUÇ

NMES; herhangi bir fiziksel egzersiz yapamayan kritik hastalığı olan hastalarda, minimal rahatsızlığa neden olan, non-invaziv, uygulaması kolay bir egzersiz metodudur. NMES; hastalar tarafından iyi tolere edilir ve mikrosirkülasyon üzerinde kısa süreli, sistemik bir etkisi vardır. Biz bu çalışma ile, 25 dakika uygulanan tek NMES seansının sistemik etkisini değerlendirmeyi amaçladık. NMES sistemik etkiyle, mortalite ile ilişkili olduğu gösterilen Kritik Hastalık Polinöropatisini de potansiyel olarak önlemede etkisi olabileceğini düşünüyoruz. NMES'nin Tenar kas üzerinde sistemik etkisi nedeniyle, YBÜ'de yatan mikrodolaşım bozukluğu gelişen hasta gruplarında da olumlu etkileri olabilir. NMES'nin diğer yararlı etkilerini araştırmak için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

1. Stillings D. A survey of the history of electrical stimulation for pain to 1900. *Med Instrum*, 9:295, 1975
2. Morus IR. Marketing the machine: the construction of electrotherapeutic as viable medicine in early Victoria England, *Med Hist* 36;34-52, 1992
3. Stokes M, Young A. The contribution of reflex inhibition to artrogenous muscle weakness, *clinical Science*, 67,7-14; 1984
4. Singer KP. The influence of unilateral electrical muscle stimulation on motor Unit. Activity patterns in atropic human quadriceps. *32(1):31-37*, 1986
5. Hooker D. Neuroelectrical stimulation currents. Therapeutic modalities for allied health professionals. Prentice WE., Quillen WS (ed). New York. McGraw. Hill. 73-113, 1998
6. Tuncer T. Elektroterapi. In: Beyazova M, Kutsal YG, editörler. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. Ankara: Güneş Kitabevi; 2000. p. 771-89
7. Mysiw WJ, Jackson RD. Electrical stimulation. In: Braddom RL, editor. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2nd ed. Philadelphia: SaundersCo; 2000. p. 459-87
8. O'Sullivan SB, Siegelman RP: Review of basic nerve & muscle physiology. 6th Ed National physical therapy examination. Review and study guide. Concord International educational resources. 232-235, 2003
9. Guyton AC., Hall JE. *Textbook of medical physiology*. 11. Philadelphia: W.B. SaundersCo; 2012.
10. Van der Giessen AG., Schaap M., Gijzen FJ., Geoen HC., van Walsum T., Mollet NR. 3D fusion of intra vascular ultrasound and coronary computed tomography for in-vivo Wall shear stress analysis: a feasibility study. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2010;26:781-796.
11. Chen M., Jin JM., Zhang Y., Gao Y., Liu SL. Assessment of left ventricular diastolic dysfunction based on the intraventricular velocity difference by vector flow mapping. *J. Ultrasound Med*. 2013;32:2063-2071.
12. Sammons EL., Samani NJ., Smith SM., Rathbone WE., Bentley S., Potter JF. Influence of noninvasive peripheral arterial blood pressure measurements on assessment of dynamic cerebral autoregulation. *J. Appl. Physiol.*, (1985) 2007;103:369-375.

13. Robertson C., Ward A., Low J., Reed A. *Electrotherapy explained: principles & practice*. 4. Edinburgh: Butterworth-HeinemannElsevier; 2006.
14. Cho HY., In TS., Cho KH., Song CH. A single trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) improves spasticity and balance in patients with chronic stroke. *Tohoku J. Exp. Med.* 2013;229:187–193.
15. Currie J., Ramsbottom R., Ludlow H., Nevill A., Gilder M. Cardio-respiratory fitness, habitual physical activity and serum brain derived neurotrophic factor (BDNF) in men and women. *Neurosci. Lett.* 2009;451:152–155.
16. Reisner A., Shaltis PA., Mc Combie D., Asada HH. Utility of the photo plethysmogram in circulatory monitoring. *Anesthesiology.* 2008;108:950–958.
17. Jin GY., Jeong SK., Lee SR., Kwon KS., Han YM., Cho YI. Screening strategies for the diagnosis of coronary artery stenosis in patients with cerebral infarction using dual-source spiral CT. *J. Neurol. Sci.* 2009;284:129–134.
18. Sammons EL., Samani NJ., Smith SM., Rathbone WE., Bentley S., Potter JF. Influence of noninvasive peripheral arterial blood pressure measurements on assessment of dynamic cerebral autoregulation. *J. Appl. Physiol.*, (1985) 2007;103:369–375.
19. Aldemir T. Transkütan Elektriksel Sinir Stimulasyonu. In: Edirne S, Ağrı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2000: 533-538.
20. Aldemir T. Transkütan elektriksel sinir stimülasyonu (TENS): In: Erdine S, ed. Ağrı. İstanbul: Nobel Kitabevi. 2000. s. 533-545.
21. McCulloch KL, Nelson CM. Electrical stimulation and electromyographic bio feedback. In: Umphred DA, editor. *Neurological Rehabilitation*. 3rd ed. St. Louis: Mosby-YearBook; 1995. p. 852-71.
22. Koyuncu H, Karacan. Temel elektroterapi. In: Oğuz H, Dursun E, Dursun N, editörler. *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2004. p. 411-32
23. Ersöz M. Spastik paralizilerde elektroterapi. In: Tuna N, editor. *Elektroterapi*. 2. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2001. p. 209-12
24. Ocak I, Kara A, Ince C. Monitoring microcirculation. *Best Practice Research Clinical Anaesthesiology.* 2016;30:407-18.
25. Ocak CI. *Microcirculation*. Oxford Critical Care. 2017;2. Edition.
26. Boerma EC. The microcirculation as a clinical concept: work in progress. *Curr Opin Crit Care.* 2009;15:261-5.
27. Ince C, Ertmer C. Hemodynamic coherence: Its meaning in perioperative and

28. Ince C. Hemodynamic coherence and the rationale for monitoring the microcirculation. *CritCare*. 2015;19 Suppl3:S8.
29. Soller BR, Yang Y, Soyemi OO, Ryan KL, Rickards CA, Walz Jm. Noninvasively determined muscle oxygen saturation is an early indicator of central hypovolemia in humans. *J Appl Physiol* 2008;104:475-81.
30. De Backer D, Ospina-Tascon G, Salgado D, Favory R, Creteur J, Vincent JL. Monitoring the microcirculation in the critically ill patient: current method and future approaches. *Intensive Care Med*. 2010;36:1813-25.
31. Arbabi S, Brundage SI, Gentilello LM. Near-infrared spectroscopy: a potential method for continuous, transcutaneous monitoring for compartmental syndrome in critically injured patients. *The Journal of trauma*. Nov 1999;47(5):829-833.
32. Creteur J, Neves AP, Vincent JL. Near-infrared spectroscopy technique to evaluate the effects of red blood cell transfusion on tissue oxygenation. *Critical care*. 2009;13 Suppl5:S11.
33. Bezemer R, Lima A, Myers D. Assessment of tissue oxygen saturation during a vascular occlusion test using near-infrared spectroscopy: the role of probe spacing and measurement site studied in healthy volunteers. *Critical care*. 2009;13 Suppl5:S4.
34. Creteur J, Carollo T, Soldati G, Buchele G, De Backer D, Vincent JL. The prognostic value of muscle StO₂ in septic patients. *Intensive care medicine*. Sep 2007;33(9):1549-1556.
35. Shang Y, Gurley K, Symons B. Noninvasive optical characterization of muscle blood flow, oxygenation, and metabolism in women with fibromyalgia. *Arthritis research & therapy*. Nov 1 2012;14(6):R236.
36. Yan X, Bai SQ, Yan JJ, Gan YM, Dao ZX. Application of near infrared spectroscopy technology (NIRS) in forage field. *Guang puxue yuguangpu fen xi = Guangpu*. Jul 2012;32(7):1748-1753.
37. Paris I, Janoly-Dumenil A, Paci A. Near infrared spectroscopy and process analytical technology to master the process of busulfan paediatric capsules in a university
38. Thiel C, Vogt L, Himmelreich H, Hubscher M, Banzer W. Reproducibility of muscle oxygen saturation. *International journal of sports medicine*. Apr 2011;32(4):277-280.
39. *Microvascular Research*, Volume 111, Issue undefined, 1 May 2017
40. Terzioğlu M., Çakar L. : *Fizyoloji Ders Kitabı*, cilt 1, D.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yayınları, no: 155, D.Ü. Fen Fakültesi, Prof. Dr. Nazım Terzioğlu basım atölyesi, İstanbul, 1989.

41. Vasiliki Gerovasili, MD ELLI Tripodaki, MD Elefterios Karatzanos, MSc Theodore Pitsolis, MD Vasiliki Markaki, MD Dimitrios Zervakis, MD Christina Routsis, MD Charis Roussos, MD PhD, FCP, Serafim Nanas, MD Correspondence information about the author, MD Serafim Nanas. Email the author MD Serafim Nanas. Short-term Systemic
42. Elif A. Akpek Kalp Cerrahisinde Serebral Monitörizasyon Anestezi Dergisi 2008; 16:117 – 24.
43. Hamada T, Sasaki H, Hayashi T, Moritani T ve Nakao K. J Appl Physiol 94: 2107-2112, 2003).
44. Iellamo F. Neural mechanisms of cardiovascular regulation during exercise. Auton Neurosci. 2001 Jul 20;90(1- 2):66-75.
45. Watanabe H, Iwase S, Mano T. Responses of muscle sympathetic nerve activity to static biceps brachii contraction in humans. Jpn J Physiol. 1995;45(1):123-35.
46. Ann Intensive Care. 2016; 6: 21. Published online 2016 Mar 11. doi: 10.1186/s13613-016-0123-y