

MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ TENS CİHAZI TASARIMI MICROCONTROLLER BASED TENS DEVICE DESIGN

Özdemir G.¹, Ahmad A.², Telatar Z.², Eroğul O.¹

¹ Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
{g.ozdemir,erogul}@etu.edu.tr

² Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara Üniversitesi
a.ahmet_21@hotmail.com, ziya.telatar@ankara.edu.tr

Özetçe

Transkütan Elektronik Nörostimülasyon (TENS), deri elektrodları kullanılarak vücuttaki kas ve sinir hücrelerinin farklı frekans ve yoğunlukta elektrik akımı uygulanarak uyarılmasıdır. Bu uygulamanın amacı ağrı modülasyonu için sinir bağlantılarındaki iletimi engellemek ve kas kasılmasını sağlayabilmek için kasların motor noktalarına gereken dalgaları uygulamaktır. TENS yöntemi uygulamasında vücutta endorfin adı verilen doğal ağrı kesici salgılanır ve böylece sedatif bir etki sağlanır. TENS yöntemi fizyoterapide, acı ve ağrı dindirmek, sedatif etki sağlamak, kas kasılması ve gevşemesini sağlamak için kullanılan alternatif bir yöntemdir. Bu çalışmada TENS uygulaması için PIC kontrollü bir devre tasarımı yapılmıştır. Böylece TENS yönteminin hastaneye gümeden evde yapılabilmesi ve kişinin uygulamayı kendisinin yapabilmesi alanında katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: TENS, mikrodenetleyici, ağrı modülasyonu

Abstract

Transcutaneous Electronic Nerve Stimulation (TENS) method is stimulating muscle and nerve cells in human body at different frequencies and amplitudes by skin electrodes. The purpose of this stimulation is reducing nerve transmission for pain modulation and applying pulses to the motor points of muscle cells for muscle contraction. TENS method helps the body to release a natural painkiller called endorphin, and to create sedative effect. TENS is an alternative method in physiotherapy used for reducing the pain, maintaining a sedative effect, contracting and relaxing the muscles. In this study, a PIC controlled TENS circuit is designed. By this way, it is possible to apply TENS method for home care treatment and it is possible for patient to use the device without any help.

Keywords: TENS, microcontroller, pain modulation

1. Giriş

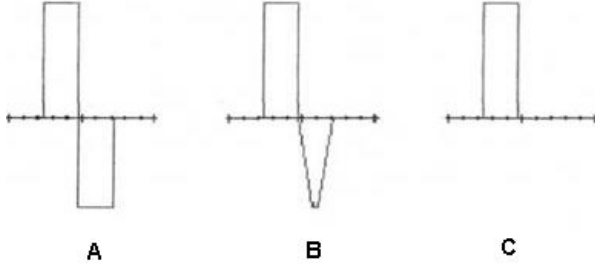
Elektriğin bir tedavi aracı olarak kullanılması eski Yunan ve Mısırlar'a kadar uzanır. Bir Yunan bilgini olan Aetius, gut hastalığını tedavi etmek amacıyla elektrik balıklarını kullanmıştır. 1780 yılında Bologna Üniversitesi'nde Profesör Galvani, elektriğin kurbağa bacaklarının kasılmasını sağladığını görmüş ve elektriğin sadece hayvansal dokulara ait olduğunu iddia etmiştir [1]. İtalyan tabiat bilgini Alessandro Volta ise elektriğin sadece hayvansal dokulara ait olmadığını belirterek, 1800 yılında Volta pilini geliştirmiştir. Galvani ve Volta, canlı dokular üzerindeki elektriksel aktivite ile ilgili çalışmalar yaparak, elektroterapi alanının temelini oluşturmuşlardır.

2. TENS Uygulaması

Transkütan Elektronik Nörostimülasyon (TENS), deri üzerine yapıştırılan elektrodlar aracılığıyla vücuttaki kas ve sinirlerin uyarılmasıdır. Bu uyarılma sayesinde, sinir bağlantı noktalarındaki iletim azaltılır ve doğal bir ağrı kesici olan endorfin salgılanması sağlanarak hissedilen acı ve ağrının azaltılması amaçlanır. 1965 yılında Melzack ve Wall'un ortaya attığı kapı kontrol kuramı ile TENS'in ağrı tedavisindeki önemi artmıştır. Long ve Shealy, dorsal kolon uyarımının hastalarda etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla ameliyat öncesi deri yüzeyine elektrod yerleştirerek test edilmesi yöntemini geliştirmişlerdir. Böylece TENS, bugün yaygın klinik kullanımı konusunda büyük aşama kaydetmiştir. Günümüzde pek çok ülkede klinik ve ev tedavileri için kullanılan TENS cihazları, farklı dalga şekilleri ile uyarım yapabilmektedir. Kronik lomber disk hernili hastaların tedavisi için TENS uygulamasının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da, hastalardaki ağrının bu uyarılma sonucunda azaldığı sonucu gözlemlenmiştir [2]. Şekil 1'de en yaygın olarak kullanılan 3 farklı dalga şekli gösterilmiştir.

Tıbbi Cihaz Tasarımı 6

3. Gün / 17 Ekim 2015, Cumartesi



Şekil 1: Yaygın kullanılan TENS dalga şekilleri. (A) Bifazik dalga (B) Asimetrik bifazik dalga (C) Monofazik dalga

2.1. TENS Mekanizması

TENS uyarımının ağrı algılanmasını nasıl değiştirdiğini açıklayan farklı teoriler bulunmaktadır. Bu teorilerden en yaygın olan üç tanesi şöyle açıklanmıştır.

2.1.1. Birinci Teori

TENS gelişiminde öncü olan teori, kapı kontrol teorisidir. Bu teoriye göre, duysal A lifleri yüksek frekanslı dalgalar ile uyarılır. İmpulslar beyne giden yolu kaplar ve böylece kapıyı ağrının geçişine kapatır.

2.1.2. İkinci Teori

Duysal sinirlerin düşük frekanslı dalgalar ile uyarılması, vücuttaki endorfin ve enkefalin salınımını başlatır ve ağrının algılanmasını azaltır.

2.1.3. Üçüncü Teori

TENS uyarımının vücuttaki enerji akışını etkileyecek belirli akupunktur noktalarını uyarmak için kullanıldığı ve böylece ağrılı durumun değiştirildiği öne sürülmektedir.

2.2. Tens Parametreleri

TENS uygulamasının birçok modeli vardır. Bu modeller, etki edecek kas ve sinir dokularına göre değişmekle birlikte, modeller birbirlerinden genlik, dalga boyu ve frekans parametreleri farklılık gösterecek şekilde ayrılır.

2.2.1. Genlik

Uygulanacak akım dalgasının büyüklüğünü gösteren genlik, TENS uyarımlarında genellikle 0-80 mA aralığında ayarlanır. Akımın şiddeti hastanın algılaması ve uyarının büyüklüğüyle ilgilidir. Yüksek genlikli akımlar yerine genellikle hastanın ağrı duymayacağı küçük genlikli dalgalar kullanılır.

2.2.2. Dalga Boyu

Uygulanacak akım değerinin süresini gösterirken, genelde 50-300 µs boyunca elektriksel uyarım yapılır. Bu süre boyunca, kalın miyelinli hızlı iletilen sinir lifleri en optimal seviyede uyarılmaktadır.

2.2.3. Frekans

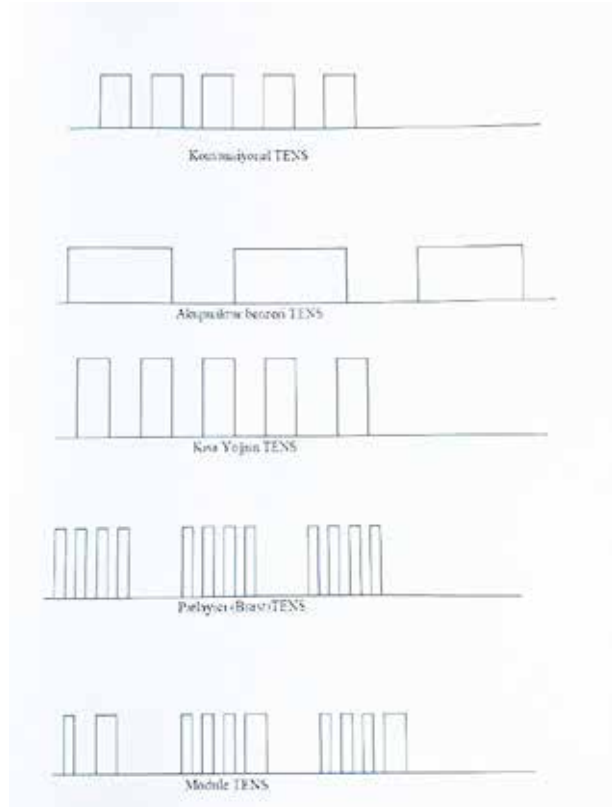
Bir saniye boyunca üretilen dalga sayısıdır ve 1-150 Hz aralığında ayarlanır.

2.3. TENS Uygulama Şekilleri

Tablo 1: Farklı TENS Uygulamalarının Parametre Değerleri

Tip	Frekans (Hz)	Dalga Genişliği (µs)	Genlik
Konvansiyonel TENS	50-100	<200	Düşük
Akupunktur TENS	1-10	200-300	Yüksek
Kısa Yoğun TENS	50-100	100-200	Yüksek
Patlayıcı TENS	50-100 ve 1-10	75-100	Yüksek
Modüle TENS	Değişken	<200	Değişken

Günümüzde kliniklerde kullanılan TENS cihazlarının, uygulama tipine göre farklı genlik, frekans ve dalga boylarında uyarım yaptığını belirtmiştik. Bu farklı dalga şekillerinden bazıları ile ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2: TENS Uygulama Şekilleri

2.3.1. Konvansiyonel (Geleneksel) TENS

En yaygın şekilde kullanılmakta olan TENS uygulama tipidir. 50-100 Hz aralığındaki frekanslarda ve 200 µs'a kadar genlik yoğunluğu kontraksiyonu oluşmadan, hastaya aşırı rahatsızlık hissi vermeden, hafif karıncalaşma ve uyuşma olacak şiddette, 1-100 mA arasında elektriksel uyarım yapılır. Temelde, miyelinli, afferent A alfa ve beta liflerini etkileyerek ağrının iletimini etkiler. Kapı-kontrol teorisine dayanmaktadır.

Tıbbi Cihaz Tasarımı 6

3. Gün / 17 Ekim 2015, Cumartesi

2.3.2. Akupunktur TENS

Yüksek şiddetli ve düşük frekanslı, akupunktur benzeri TENS uyarımlarıdır. Hastanın tolere edebileceği en yüksek akım şiddeti kullanılır ve gözle görülür bir kontraksiyona yol açar. Bu tip TENS uyarımları küçük çaplı C liflerini etkiler. Akupunktur tipi uygulamanın endorfin salgılamasını etkilediği ve hastanın daha uzun süre rahatladığının gözlemlendiği belirtilmektedir.

2.3.3. Kısa Yoğun (Hiperstimülasyon) TENS

İsminden de anlaşılacağı üzere, yüksek frekanslı ve yüksek şiddetli akım uygulaması ile, C lifleri aktive edilerek, karşı iritasyon oluşturulur. Kısa süreli ve yüksek genlikli sinyaller ile uyarım yapıldığından, hasta için dayanması zor olan bir uygulamadır. Kısa yoğun TENS uygulamasında nokta stimülatörü kullanılması tercih edilir.

2.3.4. Patlayıcı (Burst) TENS

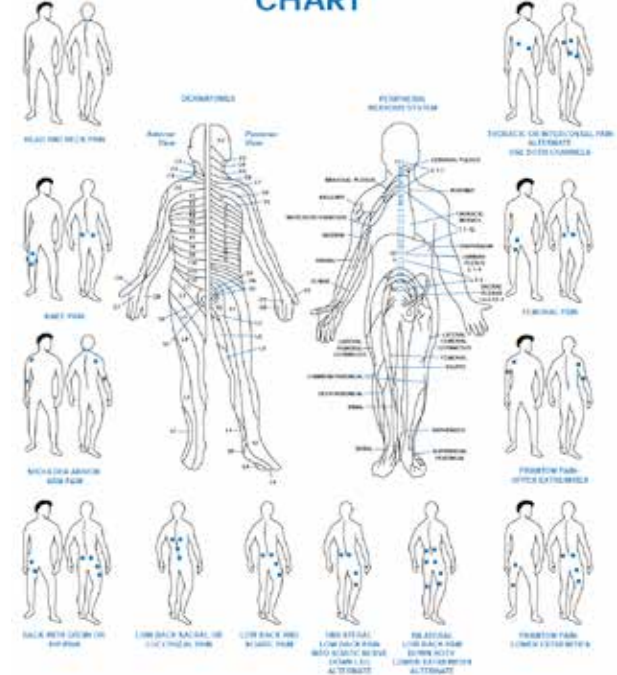
Bu yöntemde iki farklı frekandaki dalga, arda ardına uygulanır. Birbirini takip edecek şekilde 50-100 Hz yüksek frekanslı ve 1-10 Hz düşük frekanslı uyarımlar yapılırak, konvansiyonel ve akupunktur yöntemlerinin birleşimi elde edilmesi amaçlanmaktadır.

2.3.5. Modüle TENS

Hastanın toleransını artırmak ve akomodasyon oluşumunu önlemek amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Uygulanacak sinyalin, frekansı, süresi ya da genlik parametreleri değiştirilerek, modülasyonu yapılır.

Farklı parametrelere sahip, farklı dalga şekillerine sahip farklı TENS uygulamalarının etki mekanizmaları ya da hangi hastalar üzerinde tercih edilmesi gerektiği konusunda net ve açıklayıcı bir araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle öncelikle konvansiyonel TENS yöntemi tercih edilir çünkü bu yöntemi hastaların kabullenmesi ve tolere etmesi daha kolaydır. Hastanın ilk uyarıma verdiği başlangıç cevabının niteliğine göre elektrodların yeri değiştirilebildiği gibi diğer uyarma yöntemleri de denenebilir.

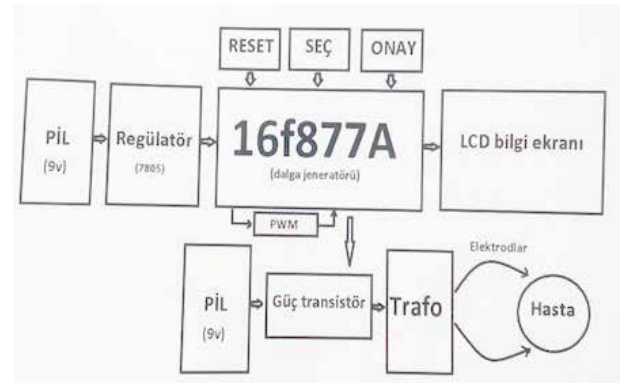
ELECTRODE PLACEMENT CHART



Şekil 3: TENS Elektrod Yerleşim Şeması [4]

3. Tasarlanan TENS Cihazı

Bu çalışmada tasarlanan devre, farklı frekanslarda ve genliklerde ayarlanabilir bir kare dalga sinyal üretip, elektrodlar yardımıyla vücudu uyarabilen bir sistemdir. Tasarlanan cihaz, güç kaynağı, dalga üretici ve tetikleme kısmından oluşur. Cihaz devresinin blok şeması Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: Tasarlanan TENS Cihazının Blok Şeması

3.1. Güç Kaynağı

Bütün sistemi besleyen güç kaynağı, cihazın ilk parçasıdır. Devrenin çalışması için gereken 9V DC gerilim, taşınabilirlik



Tıbbi Cihaz Tasarımı 6

3. Gün / 17 Ekim 2015, Cumartesi

sağlanması açısından bir pil kullanılarak üretilmiştir. Mikrodenetleyici (PIC) için gereken 5V ise, bu güç kaynağına eklenen bir regülatör entegresi ile üretilir.

3.2. Dalge Üretici

Mikrodenetleyici ve ona bağlı LCD ekran, önceden programlanmış dalga şekillerini seçebilmek için kullanılmaktadır. “Seç” ve “Onay” tuşları istenilen kare dalga seçimini yapar, onaylar ve üretir. Seçilen dalga şekli, dalga genişliğinin kazanç bilgisi LCD ekranda görülebilirken, “Reset” tuşu yardımıyla yeniden programlama yapmak mümkündür.

3.3. Tetikleme Devresi

LCD ekran ve üzerindeki tuşlar vasıtasıyla ayarlanan kare dalga sinyali, tetikleme devresinin çalıştırılmasıyla beraber bir güç trafosu üzerinden geçerek kare dalga gerilimini üretilir ve PWM analog potansiyometre ile dalga genişliği, daha önceden ayarlanmış olan değere göre değiştirilir. Böylece, hastaya uygun genlikte, hastayı rahatsız etmeyecek şekilde bir uyarılma sağlanabilmektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada sonuç olarak, bir mikrodenetleyici yardımıyla farklı enerjilerde, farklı genliklere sahip, farklı dalga şekilleri olan sinyaller üretilip, bu sinyaller kullanılarak uyarım yapılabileceği, bu tetikleme sistemi ile TENS tedavisi uygulaması yapmanın mümkün olduğu gösterilmiştir.

5. Kaynakça

- [1] http://www.cerebromente.org.br/n06/historia/bioelectr2_i.htm Son Erişim Tarihi: 13.08.2015
- [2] Demirdağ F., Ediz L., Özgür A., Tekeoğlu İ., “Kronik Lomber Disk Hernili Hastaların Tedavisinde Tens ile Elektroakupunktur Tedavisinin Karşılaştırılması”, Van Tıp Dergisi, 18 (1): 15-19, 2011
- [3] De Lima J.A., Cordeiro A. S. “A Low-Cost Neurostimulator With Accurate Pulsed-Current Control” IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, vol. 49, no.5, 497, Mayıs 2002
- [4] http://www.tensproducts.com/TENS-electrode-placement_ep_49.html Son Erişim Tarihi: 13.08.2015