



# Bilensülin: Zaman ve Doz Kontrollü Elektronik İnsülin Kalem Tasarımı

## Bilensulin: Time and Dose Controlled Electronic Insulin Pen Design

Mana Sezdi<sup>1</sup>, Ahmet Bilen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biyomedikal Cihaz Teknolojisi Programı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
mana@istanbul.edu.tr

<sup>2</sup>Biyomedikal Mühendisliği, Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
ahmetbilen\_07@hotmail.com

**Özetçe**—Bu çalışmada, insülin kullanımına bağımlı olan diyabet hastalarının yaşlılıktan, görme veya zihinsel rahatsızlıklarından dolayı yanlış zamanlama ve yanlış dozaj kullanımını önlemeye yönelik bir elektronik insülin kalemi tasarlanmıştır. Bilensülin adı verilen ve rutin doz vurumlarında elektronik olarak kullanılabilen bu insülin kalemi, acil durumlar için manuel olarak da kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Oldukça basit menüsü ile hastanın doz ayarını kolaylıkla yapması hedeflenmiştir. Ayrıca cihaz kullan-at şeklinde değil sadece insülin tübünün değiştirilmesiyle tekrar tekrar kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Tübün konulduğu hazne bütün insülin türlerine uygun olacak şekilde tasarlandığından olası insülin çeşidi değişikliklerinde farklı bir kalem kullanmaksızın sadece tübün çıkarılıp değiştirilmesiyle kullanım devamlılığı sağlanmaya çalışılmıştır. Doz hassasiyeti, hassas terazide gerçekleştirilen insülin doz ölçümleri ile en az hatalı olacak şekilde ayarlanmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen bu elektronik insülin kalemi için patente başvurulmuş olup, cihaz üzerinde geliştirici çalışmalara devam edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler** — insülin; doz; diyabet.

**Abstract**—In this study, an electronic insulin pen was designed for diabetic patients dependent on insulin use in order to prevent wrong timing and wrong dosage caused from old age, vision or mental illness. The insulin pen that can be used electronically for routine dose injections, and that is called as bilensulin, was designed to be able to used manually in the emergency. It is aimed that the patient can set the dose easily by using the fairly simple menu of the device. Additionally, the device was not designed as disposable, the device was designed as reusable by changing the insulin tube. Because the tube chamber was designed to be suitable for all types of insulin, it can be used by changing tube without using different pen. Dose accuracy was adjusted with low error by performing insulin dose measurements on

a sensitive balance. Patent was attempted for the designed electronic insulin pen, and the studies on the device are continuing.

**Keywords** — insulin; dose; diabet.

### I. GİRİŞ

İnsülin, pankreas tarafından salgılanan ve vücudun şekeri kullanmasına yardımcı olarak kandaki şeker seviyesini normal sınırlarda tutan bir hormondur. Bu hormon, kan şekerinin kandan ayrılarak hücre içine girmesini sağlar, böylece kandaki şeker düzeyi azalmış olur [1].

Tüketilen gıdalar, sindirildikten sonra vücudumuzda bulunan enzimler sayesinde şekere parçalanır. Şeker (glukoz) kan dolaşımıyla vücudun tüm bölümlerine taşınır. Vücudumuzun ana besin kaynağı olan şeker, enerji sağlayabilmek için kandan vücut hücrelerinin (kas hücreleri, yağ hücreleri ve karaciğer hücreleri) içine girmelidir.

Diyabetli olmayan bir insanda her gıda alımı sonrası pankreas, alınan gıdaların enerji haline dönüşmesini sağlamak için insülin üretir. Bu, tüm insanların insüline bağımlı olduğu anlamına gelir. Diyabetlilerde ise pankreas yeterli miktarda insülini üretmez veya üretilen insülin hedef hücreler (kas, yağ ve karaciğer hücreleri) tarafından kullanılmaz. Bu durumda vücudumuz için hayati öneme sahip olan insülinin dışarıdan alınması gerekir [1].

Günümüzde, insülinin dışarıdan alınmasında kullanılan, çok çeşitli insülin kalemleri vardır. Bunları belli gruplar altında sınıflandıracak olursak; mekanik insülin kalemi, elektronik insülin kalemi ve insülin pompası olarak sıralayabiliriz. Mekanik insülin kalemleriyle elektronik insülin kalemleri arasındaki fark; hastanın kullanımını



## Cihaz Tasarımı 2

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma

kolaylaştırma açısından değerlendirilir. Çünkü ilerleyen yaşta hastaların kaleme yeterli kuvveti uygulayamaması veya elin titremesi gibi rahatsızlıklar, hastayı ciddi anlamda rahatsız etmekte ve tedavi sürecini zorlaştırmaktadır. Ayrıca mekanik insülin kalemlerinin zaman zaman takılı kalma gibi teknik arızaları da gözlenmektedir. Elektronik insülin kaleminde ise en belli başlı problem, bataryadır. Bataryası problemlili elektronik insülin kalemlerinde hastanın enjeksiyon yapması mümkün olamamaktadır. Avantajı ise çok hassas dozajların enjekte edilebilmesidir. Özellikle çocuklarda fazladan bir dozun dahi hipoglisemiye neden olduğu durumlar gözlenirken böyle bir imkana sahip olması kayda değer bir avantajdır [2]. Geliştirilen yeni insülin kalemlerinde son 16 doz verumunu depolayabilen bir hafızanın geliştirilmesiyle artık hastaların takibi de oldukça kolaylaşmıştır.

Diğer bir insülin destekçisi, insülin pompalarıdır. Hastaya belli aralıklarla gün boyu insülin enjekte eden bu cihazlar hastanın günlük yaşamını kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir. Çünkü hastanın gün içinde alması gereken insülin miktarını otomatik olarak vücuda enjekte etmektedir. Daha çok günde 3-4 doz insülin enjekte eden ileri seviye insülin hastalarının tercih ettiği bu cihazın dezavantajı ise hastanın bu cihazı sürekli taşımak zorunda olmasıdır. Bu da belli bir zaman sonra rahatsızlık vermeye başlayacak, hareket ve aktivitelerinde bir takım kısıtlamalar meydana getirecektir. Yine de mevcut sistemler içinde en sağlıklı olan bu sistem, hastanın vücudundaki insülin miktarını belli aralıklarla ölçerek glikoz miktarındaki olağanüstü durumları da alarm vererek hastaya bildirmektedir.

Bu çalışmada, sözkonusu sistemlerin avantaj ve dezavantajları gözönünde bulundurularak, yaşlı, zihinsel veya görme rahatsızlığı olan hastalarda yanlış doz kullanılmasını önleyici bir elektronik insülin kalemi tasarlanmıştır.

## II. TASARIM ÖZELLİKLERİ

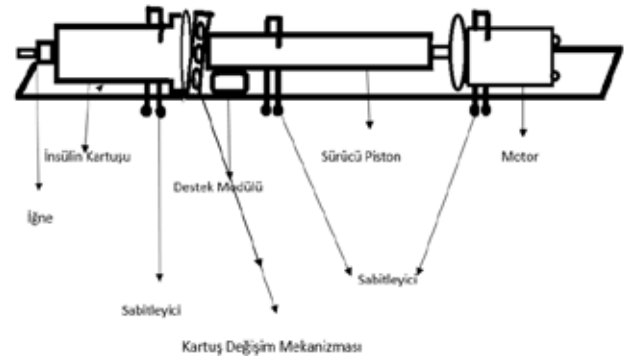
Özellikle zihinsel ve görme rahatsızlığı olan diyabetli hastaların yanlış doz verumunu engelleme amaçlı tasarlanmış ve Bilensülin adı verilmiş olan insülin kaleminde, hastanın gün içinde rutin olarak enjekte etmesi gereken insülin doz miktarının hem saati hem de doz miktarı, cihazın ilk açılışında veri olarak girilir ve böylece istenen dozda insülinin vaktinde otomatik olarak hastaya enjekte edilmesi sağlanır. Kriz durumlarında cihaz manuel hale dönüştürülerek istenen doz miktarı, manuel olarak da enjekte edilebilir. En başta girilen doz ve saat değeri, bir sonraki değişim vaktine kadar sabittir. İnsülin kartuşunun bitmesi durumunda, cihazı başlangıç konumuna geçirecek ve kartuşun değişimini sağlayacak düzenek de mevcuttur. Kartuşun yerleştirildiği hazne, tüm insülin kartuşlarının sığacağı büyüklüktedir. Olası değişikliklerde kullanılması planlanan tüm insülin kartuşu çeşitleri bu hazneye yerleştirilebilecektir. Bu da hastayı hem ekonomik hem de kullanım kolaylığı yönünden rahatlatan bir teknik

unsurdur. Sisteme yerleştirilen saat modülü yerel saat değişiklikleri veya kıtalar arası yolculuk yapan hastalarda yanlışlıklara mahal vermemesi açısından eğer hasta kendince bu işlemi gerçekleştirebilecek idraka sahipse veya birey gözetiminde, istenildiğinde değiştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

## III. TASARIM MODÜLLERİ

Elektronik enjeksiyon amaçlı dizayn edilen Bilensülin, Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi, aşağıda listelenen parçalardan oluşmaktadır:

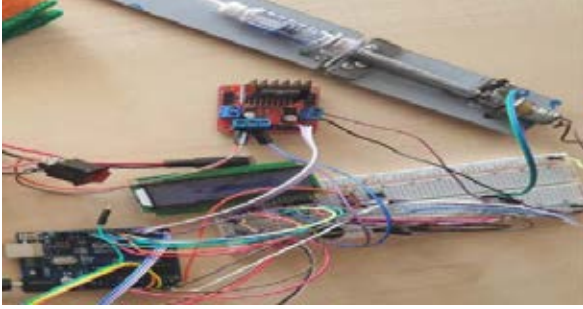
- 1) Motor: Kendine bağlı bulunan sürücü pistonu çevirerek hareket etmesini sağlamaktadır. Kendine verilen güçle birlikte dönmeye başlar ve pistonu ittirir. Kartuşun bitmesi halinde tam tersi hareket ederek pistonu geri çeker.
- 2) Sürücü Piston: Motora bağlı haldedir öteki ucunda kartuş bulunur. Motorun itmesine bağlı olarak hareket eder ve kartuşa baskı uygulayarak sıvının enjekte edilmesini sağlar. Kendisi dışı durumunda olup içerisinde erkek kısım bulunmaktadır. Vida adımına göre her iki yöne hareket işlemini gerçekleştirir.
- 3) Destek Modülü: Kartuş değişimi sırasında sürücü pistonun hareket ettiği kısımdan çıkmasını engeller yani sistemde sabit durmasını sağlar.
- 4) İnsülin Kartuşu: İçerisinde insülin sıvısı olan tüplerdir. İnsülinin bulunduğu kısım burasıdır.
- 5) Kartuş Değişim Mekanizması: Kartuş bitince yenisiyle değişimi için cihazın ikiye katlandığı kısımdır. Standart bir kapı menteşesi şeklindedir. Sürücü pistonun kartuştan çıkmasıyla ikiye katlanır ve kartuş değiştirilir.
- 6) Sabitleyici: Motor, sürücü pistonu ve kartuşu sabitlemeye yarayan yarım ay şeklindeki yapılarıdır. Cihazın çalışması esnasında itmeye bağlı olarak üzerindeki yapıların dağılmasını önler ve bir arada tutar.
- 7) İğne: Kartuş içindeki insülinin hastaya enjekte edildiği bölümdür.



Şekil 1. Kartuş değişim mekanizması

## Cihaz Tasarımı 2

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma



Şekil 2. Bilensülin prototipi

### IV. BULGULAR

Bilensülin'de insülin enjeksiyonunu sağlayan motorun her bir turunda ne kadar insülin pompaladığı hassas terazi ile ölçülmüş ve Tablo 1'de verilmiştir. Her bir ölçüm dara ölçümleri de dikkate alınarak 3 kere tekrar edilmiş, bu 3 ölçümün ortalaması tur pompalama miktarı olarak kaydedilmiştir. Aynı ölçüm yöntemi, piyasada en çok kullanılan marka insülin kalemi için de tekrarlanmış (Tablo 2), marka insülin kalemindeki doz ölçümüne karşılık gelen Bilensülin'deki tur sayısı görülmeye çalışılmıştır.

Tablo 1 ve Tablo 2 incelendiğinde, Bilensülindeki her bir motor turunun pompaladığı insülin miktarının marka insülin kaleminde 9 doza karşılık geldiği görülmektedir.

Tur	Dara (g)	Ölçü No	Toplam Ağırlık (g)	Net Ağırlık (g)	Ortalama
1	1,09899	1	1,17950	0,08051	0,08776
1	1,11212	2	1,20273	0,09061	
1	1,10954	3	1,20170	0,09216	
3	1,11169	1	1,39953	0,28784	0,285553
3	1,13308	2	1,41704	0,28396	
3	1,10808	3	1,39294	0,28486	
5	1,13317	1	1,59411	0,46094	0,46349
5	1,12325	2	1,59140	0,46815	
5	1,13300	3	1,59438	0,46138	

Tablo 1. Bilensülin motorunun her bir turunda verilen insülin miktarları

Prototipi oluşturulurken kullanılan programlamada, bu tur sayısının karşılık geldiği süre, yani Bilensülin'in bir turu kaç saniyede aldığı hesaplanarak bu hesap üzerinden yazılım tamamlanmıştır. Fakat ilerleyen süreçte son ürünü ortaya koyma aşamasında enkoder kullanarak her bir turu

okutup cihazı süre değil motorun dönüp dönmemesine göre kontrol etmek daha faydalı olacaktır. Böylece motorda meydana gelebilecek teknik problemlere bağlı olarak dönüp dönmediği buna bağlı olarak insülin enjektide edip etmediği de net olarak kontrol edilebilecektir.

Doz	Dara (g)	Ölçü No	Toplam Ağırlık (g)	Net Ağırlık (g)	Ortalama
9	1,10749	1	1,19557	0,08808	0,08918
9	1,12733	2	1,21685	0,08952	
9	1,11165	3	1,20159	0,08994	
27	1,12703	1	1,39737	0,27034	0,2693
27	1,10872	2	1,37715	0,26843	
27	1,10946	3	1,37859	0,26913	
45	1,12364	1	1,57240	0,44876	0,448677
45	1,13202	2	1,58073	0,44871	
45	1,11195	3	1,56051	0,44856	

Tablo 2. Marka insülin kalemindeki doz insülin miktarları

### V. SONUÇ

Bilensülin, hastanın doz vurumunu kendi iradesinden tamamen soyutlayarak, akıllı teknolojiyi çağrıştıran bir sistemle hata payını sifıra indirme odaklı bir elektronik insülin kalemidir. Diğerleri gibi kendisinin de bir hafıza kaydının bulunmasının yanında sesli uyarı sistemiyle de her an hastayı kontrol altında tutma ve riski minimuma indirme eğilimindedir.

Bilensülin elektronik insülin kaleminin özelliklerini buldurması yanında hata payını en aza indirecek çözümler sunmaktadır ve daha güvenlidir. Ayrıca cihazda kullanılan elektronik aygıtlar dolayısıyla mevcut olan özellikle mekanik insülin kalemlerine oranla biraz daha kalın yapıdadır. El titremesi rahatsızlığı bulunan hastalar ince kalemleri gerek tutarken butona basacağı sırada gerekse de enjektide edeceği bölgeyi isabet ettirme açısından zorlanmaktadır. Bilensülin'in kalın yapıda olması dezavantaj gibi gözüksede hastanın sözkonusu problemini çözen diğer bir özelliğidir.

Tasarımı gerçekleştirilen bu elektronik insülin kalemi için patente başvurulmuş olup, cihaz üzerinde geliştirici çalışmalara devam edilmektedir.

### KAYNAKÇA

- [1] Aydın İ., "Şeker ve Diyabet", *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*, 1: 27, 2013.
- [2] İnal S. ve Erdim L., "Çocuklarda Diyabet Yönetimi", *Atatürk Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi*, 8:2, 2005.