



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)

<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>



Basınç Konfor Performasını Etkileyen Parametreler ve Basınç Konforunun Ölçümü

Parameters Affecting Pressure Comfort Performance and Measurement of Pressure Comfort

Sertaç GÜNEY, Sibel KAPLAN
Süleyman Demirel Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 01 Temmuz 2016 (01 July 2016)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Sertaç GÜNEY, Sibel KAPLAN (2016): Basınç Konfor Performasını Etkileyen Parametreler ve Basınç Konforunun Ölçümü, Tekstil ve Mühendis, 23: 102, 153-163.

For online version of the article: <http://dx.doi.org/10.7216/1300759920162310208>



Derleme Makale / Review Article

**BASINÇ KONFOR PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELER
VE BASINÇ KONFORUNUN ÖLÇÜMÜ**

Sertaç GÜNEY*
Sibel KAPLAN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 16.12.2015

Kabul Tarihi / Accepted: 03.03.2016

ÖZET: Günümüz tüketicileri, psikolojik ve fizyolojik açıdan kendilerini tatmin edebilecek konfor performansına sahip ve fonksiyonel giysiler arzu etmektedir. Kumaş özellikleri, giysi boyutları, vücuda oturması ve bunlara bağlı olarak oluşan basınç konforu, kişilerin öncelikli beklentileri arasında tanımlanmıştır. Giysi ısı ve rutubet transferi açısından ne kadar iyi dizayn edilmiş olursa olsun, eğer vücuda serbest hareket imkanı sağlamıyorsa konforlu olarak tanımlanmayabilir. Bu makalede, materyal, kumaş yapısal parametreleri, mekanik özellikler ve giysi modelinin basınç konforuna etkileri ve basınç konforunun ölçümü konularında ilgili literatür ışığında bilgiler verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Basınç konforu, hammadde, kumaş özellikleri, giysi modeli.

**PARAMETERS AFFECTING PRESSURE COMFORT PERFORMANCE
AND MEASUREMENT OF PRESSURE COMFORT**

ABSTRACT: Today's consumers desire functional clothing with comfort performance which satisfy themselves psychologically and physiologically. Pressure comfort which is affected by fabric characteristics, garment size and fit have been identified among the most important demands of consumers. Although a garments' performance in terms of heat and moisture transfer is sufficient, it may not be called comfortable if it doesn't provide free mobility of the body. In this paper, effects of material, fabric structure, mechanical properties and garment design on pressure comfort performance and pressure comfort measurement methods were identified and explained in the light of preceding literature.

Keywords: Pressure comfort, material, fabric properties, garment design

* **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** sertacguney@sdu.edu.tr

DOI: 10.7216/1300759920162310208, www.tekstilvemuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Giysi, insan ile yaşadığı çevre arasında koruyucu bir tampon görevi yapmakta ve sağlıklı bir yaşam için önemli bir rol üstlenmektedir. İnsanın yaşadığı ortamın iklim şartlarına uyum gösterebilmesi, üzerinde hiçbir baskı ve sınırlama hissetmeden özgürce hareket edebilmesi, yaptığı aktivitelerden keyif alabilmesi kullandığı tekstil malzemeleri/giysileri ile yakından ilgilidir [1]. Konfor birçok fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörü içeren karmaşık bir kavramdır. Genel olarak Slater (1985) tarafından 'vücut ve çevre arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun sonucu ortaya çıkan memnuniyet duygusu' olarak tanımlanmıştır. Birçok araştırmacının ortak fikri, konforun nötr bir his olduğudur. Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için hava sıcaklığı, rüzgar hızı, gürültü, ışık, nem gibi çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının beyne gönderilmemiş olması gerekmektedir. Bu çevresel faktörlerden herhangi birine, giysilerimiz veya psikolojik durumumuza bağlı olarak hissedilen memnuniyetsizlik duygusu konforu ortadan kaldıracaktır [2-3]. Yapılan çalışmalar, bu memnuniyetsizlik duygusunun, yani konforun negatif olarak değerlendirilmesinin, pozitif değerlendirmeye göre daha kolay olduğunu göstermiştir.

Hatch'e göre (1993), psikolojik ve fizyolojik açıdan konfor aşağıdaki bileşenlere ayrılabilir:

- Termofizyolojik konfor, sıcaklık ve ıslaklık açısından konforun sağlanmasıdır, kumaşta meydana gelen ısı ve sıvı transfer mekanizmalarını kapsamaktadır.
- Dokunsal konfor, tekstil materyalinin deriyle teması sonucu ortaya çıkan nörolojik algılardır.
- Vücut hareket konforu, giysinin vücut hareketlerine imkan tanınması, vücuda uygulanan basıncı minimuma indirmesidir.
- Estetik konfor, kişinin psikolojisini etkileyen giysi özelliklerinin duyu organlarıyla (göz, kulak, deri vb.) algılanan kısmıdır [4].

2. VÜCUT HAREKET (BASINÇ) KONFORU

Basınç konforu; gevşek, ağır, hafif, yumuşak ve sıkı gibi çok sayıda yapay hissi de içeren karmaşık bir kavramdır. Derideki basınç reseptörlerine bağlı olarak değişir ve basit birkaç duysal tepkinin birleşmesinden oluşur. Kumaşın mekanik özellikleri ve giysinin vücuda oturma durumu konfor düzeyini etkiler [5]. Basınç hissi, giysinin vücut hareketine gösterdiği direnç ve harekete karşılık veren giysi ağırlığı olarak tanımlanabilir. Hareketli insan vücudu ve giysi arasındaki dinamik etkileşim sonucu ortaya çıkan çok yönlü ve rastgele kuvvetler, basınç hissi meydana getirir [6]. Giysi basıncındaki rahatsızlık veren seviye, 60 ile 100 g/cm² arası olarak bulunmuştur. Bu değerler, deri yüzeyine yakın kılcal damarlardaki kan basıncına yakındır [7]. Bu nedenle, giysinin uyguladığı basınç önemli bir tasarım kriteridir. Giysinin basınç seviyesi büyük ölçüde giyim şartlarına, giysinin tasarımına ve vücuda oturma durumuna, vücudun şekline, temas eden dokunun mekanik özelliklerine ve kumaşın mekanik özelliklerine göre değişmektedir.

Giysi basıncı, vücut hareketi esnasında vücut ve giysi arasındaki boşluk toleransı ile ilişkilidir. Giysi, insan vücudundan küçük ise basınç ortaya çıkar. Vücut şekli, kumaşın mekanik özellikleri ve giysi tasarımı, oluşacak giysi basıncını etkiler. Giysi tarafından oluşan basıncın derecesi, giysinin vücuda uyumunun ve giysi yapısının, kullanılan hammaddenin fiziksel ve yapısal özelliklerinin, temas eden vücut parçasının şekil ve boyutunun ve yapılan spor aktivite durumunun birbirleriyle etkileşimi ile saptanabilir [8]. Kumaş basıncını tahmin etmek için kullanılan Laplace Denklemi, elastik membran veya akıcı film tabaka boyunca basınç değişimi ile yüzeyler üzerindeki gerilim arasındaki ilişkiyi tanımlayan formülden türetilmiştir. Giysinin vücut yüzeyine uyguladığı basınç Laplace eşitliği ile aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$P=T1/r1+T2/r2 \quad (1)$$

Eşitlikte T1 ve T2 sırası ile temel iki yöndeki (çözgü/çubuk ve atkı/sıra yönlerindeki gibi) kumaş gerilmeleri; r1 ve r2 temel iki yöndeki vücut çevresi yarıçaplarıdır.

(1) nolu eşitlikten, basıncın kumaş gerilme ve vücut çevresi kavışılmasına bağlı olduğu açıkça görülmektedir. Vücut kavışılması (curvature) ne kadar keskin ise (mesela kemikli bölgelerde), basınç o kadar büyük olmaktadır. Herhangi bir yolla örneğin kumaşın daha sıkı ve daha büyük Young modülüne sahip olması gibi nedenlerle kumaş gerilmesindeki artış, vücuda olan basıncı artıracaktır. Ayrıca kumaşın farklı eksenler doğrultusundaki gerilme davranışı, temas ettiği yüzeye uyguladığı basınç değerini etkilemektedir [9].

2.1. Giysinin Uyguladığı Basıncın İnsan Fizyolojisine Etkileri

İnsan fizyolojisi, durağan değil dinamiktir. Hücrelerin işlevleri, çevresindeki en yakın değişikliklere bağlı olarak sürekli değişir ve her canlı, gerek temel yaşam birimi olan hücrenin iç değişikliklerinden, gerek etkileşim içinde olduğu dış ortamın değişikliklerinden kaçınılmaz biçimde etkilenir. Dış ortam ile vücut arasındaki katman olan giysi bu etkileşimde büyük rol oynamaktadır.

2.1.1. Deri üzerine etkileri

İnsan vücudunun her bir parçası, giysi basıncını farklı hassasiyet derecelerinde hissetmektedir. Wang (2008) çalışmasında, üç bayan deneğin ayak bileği ve alt baldır kısımları üzerindeki giysi basıncının etkilerini incelemiştir. Giysi basıncını simüle etmek için, bacak baldırı çevresinde tansiyon ölçme aleti ile ölçümler almış, ayrıca basınç ve deri kan akışını kan akış ölçer ve basınç sensörü ile sürekli ölçmüştür. Sıkıştırma pozisyonunda, ayak bileğindeki basıncın periferik kan akışına etkisinin, alt baldır basıncından daha etkili olduğu saptanmıştır. Belirli basınç aralığında deriye olan kan akışı artmış, basınç belirli bir kritik değeri geçtiğinde, kademeli olarak düşmüştür. Sonuç olarak, giysi basıncı temel olarak sinir sistemini, vücudun salgı sistemini ve de mikro sirkülasyonu değiştiren kan damarlarının deformasyonunu etkilemiş ve böylece deri kan akışını etkilemiştir [10]. Zhou ve arkadaşları (2008) benzer çalışmalarında, farklı

büyükliklerdeki basınç değerleri ve farklı periyotlarda ölçümler yapmışlardır. Basıncın uygulama süresinin, deri kan akışının tepkisinde etkili olduğunu belirtmişlerdir [11].

Tadaki ve arkadaşları (1981), giysi basıncının koltuk altındaki terleme oranını etkilediğini ve terleme oranındaki azalmanın, basınç büyüklüğü ve alanı ile orantılı olduğunu belirtmiştir. Deri üzerindeki basınç çok düşük olsa bile geniş alanda olması terleme oranını yine de etkilemektedir [12].

2.1.2. Kan dolaşım sistemi üzerine etkileri

Zhiming ve arkadaşları (2011), balıkçı yaka örme giysiler giymiş on beş bayan deneğin boyunlarındaki giysi basıncını, kan basıncını ve kalp atışlarını test etmişlerdir. Kalp atış sayısının ve kan basıncının, basınçla ilişkili olduğunu, basıncın 12 kPA değerini geçtiğinde, boyundaki fizyolojik göstergelerin düşüş eğilimi gösterdiğini, giysi basıncının büyük tansiyon üzerine etkisinin küçük tansiyona göre daha büyük olduğunu belirtmişlerdir. Basıncın aşırı artmasının, hareket sonrası kan basıncı düzenlenmesine negatif etki ettiği vurgulanmıştır [13].

Daifang ve arkadaşları (2012), çalışmalarında farklı bedenlerde poliüretan ve poliamid karışımı ve poliüretan içeriği artarak değişen altı tek parça bayan mayosu kullanmışlardır. Deneklerin mayolar üzerlerinde iken kalp atışını, büyük ve küçük tansiyonu ve giysi basıncını ölçmüşlerdir. Göğüs üzerindeki giysi basıncı 1,15kPA altında olduğunda, kalp atışı değişikliği belirsiz, 1,15 ve 1,59 kPA aralığında olduğunda hissedilir bir artış, 1,59 kPA üzerinde olduğunda ise yavaş ve düzenli bir artış göstermiştir. Giysi basıncı bel bölgesinde 0,37 kPA üzerinde olduğunda, küçük tansiyon önemli düzeyde düşmüştür. Giysi basıncı karın bölgesinde 0,57 kPA üzerinde olduğunda, büyük tansiyon önemli düzeyde düşmüştür [14].

2.1.3. Solunum sistemi üzerine etkileri

Vücuda şekil vermek için kullanılan veya günlük sıkı giysilerin vücudun belli bölgelerine uyguladığı aşırı ve sürekli basınç, solunum sistemi üzerine olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Zhaorong ve arkadaşları (2012), çalışmalarından korse giyildiğinde göğüs, bel ve karın bölgelerindeki vücudun fizyolojik göstergelerini test etmişlerdir. 4 kPA ve 6,6 kPA arasındaki giysi basıncının solunum hızını artırdığını belirtmişlerdir [15]. Ciesielska ve arkadaşları (2009), çalışmalarında 20 bayan denek üzerinde %100 yün ve %100 akrilik içerikli sıkı giysileri kullanarak, giysi basıncının psikomotor, kardiyovasküler ve solunum parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yünlü giysi giyen deneklerdeki solunum değişim hızının ve nefesle verilen karbondioksit miktarının, akrilik giydikleri zamandaki verilerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [16].

Morooka ve arkadaşları (2009), mayo giysi basıncının vücut üzerine etkisini araştırmışlar, farklı deneklere ait kalp atış hızına, deri yüzeyi kan dolaşımına ve solunum fonksiyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Mayo giyilip ayakta durulduğunda kan basıncı artmış ve kalp atış hızı düşmüştür. Vücut üzerindeki giysi basıncı

1,0 kPA dan daha az olduğunda, toplardamar pompalama hareketi hızlanmış, ancak omuz ve kasık bölgelerindeki giysi basıncı çok yüksek olduğunda, ayaklara giden kan akışı engellenmiş ve egzersiz sonrası kan basıncının normale dönüşü ertelenmiştir [17].

2.1.4. Diğer fizyolojik sistemler üzerine etkileri

Giysi basıncı, insan bağışıklığını ve direncini artıran hormonların salgılanmasını da etkileyebilmektedir. Bu da bağışıklık sisteminin değişikliğine neden olacaktır. Buna ek olarak, eğer vücut uzun bir süre basınç altında kalırsa, salgılama hızı ve tükürük konsantrasyonu önemli şekilde azalacaktır. Tükürük salgılanmasındaki azalma, sindirim sisteminin çalışma verimliliğini etkileyecektir ve yiyeceklerin kolay bir şekilde sindirilmemesine neden olacaktır [18].

Lihua ve arkadaşları, basıncın yara büyümesini geciktirebildiğini, böylelikle ciddi yanık yaralarının iyileşmesini sağladığını belirtmişlerdir. Elastik giysinin vücuda sürekli olarak belirli orandaki basıncı, kollajen liflerin yeniden yapılanmasını destekleyebilmektedir [19]. Liz-huo ve Dongsheng (2008), sutyen basınç konforu üzerine çalışma yapmışlar ve çalışmalarında uygun sutyen seçiminin göğsü koruyacağını, spor ve emzirme esnasındaki acı hissini azaltabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca medikal alanda, uygun sutyen basıncının, göğüs ameliyatı sonrası göğüs şeklini düzeltebileceğini, göğüs yaralarının iyileşmesini destekleyebileceğini ve semptomları azaltabileceğini belirtmişlerdir [20].

Liu ve arkadaşları (2015), çalışmalarında bayan hastalarda görülen bel kemiği eğriliği ve duruş bozukluklarını düzeltilmesi için özel tasarlanmış duruş düzeltici korse üretmiş ve skolyoz hastalığı görülen 10 bayan denek üzerinde 3 aylık giyim denemesi süresi sonucunda duruş bozukluklarının düzeltilmesinde fark edilir bir fayda sağladığını belirtmişlerdir [21].

3. GİYSİ BASINÇ KONFORUNU ETKİLEYEN KUMAŞ ÖZELLİKLERİ

3.1. Materyal Özellikleri

Hareketli insan vücudu ve giysi arasındaki dinamik etkileşim, çok yönlü ve rastgele kuvvetlerin insan vücuduna etki etmesine neden olmaktadır. Giysiye katılan esneklik hem giysinin vücut parçalarına tam oturmasını hem de vücut hareketi ile ortaya çıkan çok yönlü kuvvetlere karşı giysinin davranışına yardımcı olmaktadır. Elastan lifler kullanarak giysilere istenen esneklik kazandırılabilir.

Elastan lifler, yalnız halde veya çeşitli liflerle birlikte iplik yapısına getirildikten sonra dokuma veya örme yapılarında kullanılabilirler. Üretildiği ilk yıllarda elastan, yüzücü giysilerinde kauçuk yerine kullanılırken, ilerleyen dönemde spor giyim ve çorap üretiminde de kendine yer bulmuştur.

Elastan liflerinin gömlek, bluz, üniforma ve bayan-erkek takımlarında kullanımıyla % 10–20 arasında elastikiyet elde edilmektedir. Spor ceketlerde ve jimnastik kıyafetlerinde % 20–40 ara-

sında elastikiyet istenirken, spor kıyafetlerde ve kayak kıyafetlerinde ise % 50–200 arasında elastikiyet istenmektedir. Bu oranlar ürünün içerdiği elastan miktarına bağlı olarak değişmekte, elastan miktarı arttıkça ürünün elastikiyeti de artmaktadır [22]. Elastan lifleri, genel olarak rejenere selülozik lifleri, pamuk ve polyester lifleri ile hangi amaca yönelik kullanılacaksa karışım halinde kullanılmaktadır. Tablo 1’de elastik yapılarda elastan liflerle birlikte en fazla kullanılan liflerin fiziksel özellikleri verilmiştir [23].

Tablo 1. Pamuk, polyester ve rejenere selülozik liflerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması [23].

Lif cinsleri - dtex	Viskon 1,7	Polinozik (Modal) 1,7	HWM (Modal) 1,7	Lyocell 1,7	Pamuk 1,5	PES 1,7
Kuru mukavemet (cN/tex)	25	38	36	45	34	55
Kuru elastikiyet (%)	17	11	15	12	8	25
Yaş mukavemet cN/tex	14	26	24	39	45	54
Yaş elastikiyet %	21	12	19	14	11	25
Su tutma yeteneği %	90	55-70	60	60	50	4

Elastan içeren giysilik dokuma kumaşlarda; kumaşın dökümlülüğü artmakta, giyside form bozuklukları azalırken, bollaşma ve potluklar ortadan kalkmaktadır. Giysi üretim aşamasında giysiye verilen şekil ve boyutların daha kalıcı olması sağlanmaktadır. Kullanıcıya hareket serbestliği getirmesiyle kullanım rahatlığı yanında hoş bir görünüm de elde edilmektedir. Elastomer lif kullanımının en büyük avantajı giyimde sağladığı rahatlıktır. Kolun eğilmesi, oturma gibi genel hareketler ve eğilmede, rijit kumaşlardan yapılan giysiler esneme ihtiyacının sadece bir parçasını karşılamaktadır [24].

Senthilkumar ve Anbumani (2011) çalışmalarında, elastanın tek başına pamuklu kumaşa yerleştirilmesi ve elastanın özlü iplik formunda kullanımının, kuvvet-uzama grafiğinde geri dönüş ve uzama eğrileri altında kalan alanların oranı olarak ifade edilen kumaşların dinamik elastik geri dönüş değerleri (DER) üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Kumaşın elastik geri dönüşünün, uzaması kadar önemli olduğunu, bu özelliğin giysinin vücut hareketlerine hızlı tepki vermesine yardımcı olduğunu belirtmiştir. Elastanın tek başına kumaşa yerleştirildiği durumdaki elastik geri dönüş değerlerinin, elastan içerikli özlü iplikten daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [25]. Yu ve arkadaşları (2015), benzer bir çalışma yaparak, ürettikleri elastik çözümlü örme kumaşların farklı uzama değerlerindeki günlük hareketlerden kaynaklanan uzama ve geri dönüş özelliklerini değerlendirmişlerdir. Uzama değerlerindeki artış, kumaştaki artık enerjiyi etkilemekte ve deriye uygulanan gerilim değerlerini artırmaktadır. Sonuçlar, 0,05 N/mm² 'den daha düşük kumaş gerilim değerlerinin, %20-50 uzama aralığında kullanıcılar için daha düşük deri uzaması sağladığını göstermiştir [26].

3.2. Kumaş Yapısal ve Mekanik Özellikleri

Giysi basıncını etkileyen önemli özelliklerden bir diğeri de kumaşın mekanik özellikleridir. Kumaşın mekanik özellikleri ise doğrudan kumaşı oluşturan materyalin özelliklerine ve kumaş oluşturma teknolojisine bağlıdır.

Rong ve arkadaşları (2010), farklı lif içeriklerine sahip kumaşların giysi basınç konforuna etkilerini değerlendirmek için Kawabata Değerlendirme Sistemi ile ölçülen parametreleri kullanmışlardır. Bacakta meydana gelen damar hastalıklarından korunma ve tedavi için kullanılan basınç çorapları üzerinde çalışma yapmış, bu tür çoraplarda kullanılan kumaşların mekanik, yüzey özelliklerini ve pratik uygulamada bu özelliklerin deri üzerindeki basınç büyüklüğüne etkilerini araştırmışlardır. Farklı basınç seviyelerindeki sekiz farklı çoraba ait materyallerin mekanik testleri ve objektif basınç ölçümleri Kawabata KES-FB Kumaş Ölçüm sistemi ve basınç sensörleri ile elde edilmiştir. Çekme enerjisi (WT), çekme uzaması ve uzayabilirlik (EM), kayma rijitliği (G) ve eğilme rijitliğinin (B), basınç büyüklüğüne etki eden temel mekanik özellikler olduğunu ve çekme enerjisi (WT), çekme uzaması ve uzayabilirliğin (EM), basınç büyüklüğü ile güçlü negatif korelasyona; kayma rijitliği (G) ve eğilme rijitliğinin (B) ise pozitif korelasyona sahip olduğu istatistiksel analizler ile tespit edilmiştir. Bu parametrelere ilave olarak, kumaşta kullanılan ipliklerin lif içeriği ve kumaş yapısı basınç konforunu etkilemektedir [27]. Dan ve arkadaşları (2013), erkek çorabının üst kısmının alt bacak üzerine uyguladığı basınç üzerine yaptığı çalışmada; basınç seviyesinin, temas eden parçanın elastikiyet katsayısına, Poisson oranına, elastik uzamasına ve temas eden parçanın genişliğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir [28].

Kirk ve İbrahim (1966), basınç konforunda istenen şartları karşılamada üç bileşenin önemini vurgulamışlardır. Bunlar: giysinin vücuda uygunluğu, giysi kayması ve kumaş esnekliğidir. Giysinin vücuda uygunluğu, vücut hareketi için boşluk sağlar ve bunu giysi ve vücut boyutları arasındaki oran ve giysi tasarımı etkiler. Giysi kayması, deri ile kumaş ve kumaş katmanları arasındaki sürtünme katsayısına bağlıdır. Kumaş esnekliği, basınç konforu için önemli bir parametredir ve daha çok ipliğin elastiklik ve elastik geri dönme özelliklerine bağlıdır. Giysi kayması ve esneme, kumaştaki kuvvet dengesine ve kumaş ile deri arasındaki sürtünme kuvvetlerine bağlıdır. Eğer kumaşın esnemeye karşı direnci düşük ve deri ve kumaş arasında yüksek sürtünme katsayısı mevcutsa, kumaş kayma yerine esnemeye meyillidir. Ters durum ise, kumaşın düşük sürtünme ve yüksek gerilme direnci olması durumunda oluşur. Eğer kumaş yüksek sürtünme ve yüksek esneme direncine sahipse, vücut üzerine yüksek basınç uygular. Bu da istenmeyen bir konfor algısına neden olur. Araştırmada, diz, kalça, sırt ve dirsekler vücudun kritik uzama bölgeleri olarak belirtilmiştir. Ayrıca konfor açısından esneme seviyesi hakkındaki tüketici tercihleri üzerine de araştırma yapılmış, düşük kuvvetle yüksek esnemenin, %24-45 arası değerlere karşılık geldiği, bu özellikteki giysilerin tercih edildiği ve esneme yönünün konfora büyük etki ettiği belirtilmiştir [29].

Liu ve arkadaşları (2005), medikal amaçlı kullanılan basınç çoraplarının kumaş yapısı ve materyal özelliklerinin, derideki basınç dağılımına etkisini incelemek için, fiziksel testler ve giyim denemeleri yaparak, çorap boyunca farklı bölgelerdeki boyuna ve enine yönlerde basınç dağılımlarını değerlendirmişlerdir. Çekme ve kayma özelliklerinin bilek, diz ve üst baldır bölgelerinde önemli farklılıklar gösterdiğini ve bunun da derideki boyuna basınç dağılımını önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Kumaş ilmek sırası yönündeki materyal özelliklerinin, deride oluşan basınç değişim performansına daha önemli etki yaptığı saptanmıştır [30].

Maleki ve arkadaşları (2011), çalışmalarında ilmek boyunun, kumaş elastikiyetinin, yıkamanın ve tekrarlı kullanımın örgü kumaşların basınç davranışları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Farklı ilmek uzunluklarında düz ve interlok örgü yapısında kumaş kullanarak tüp şeklinde yapılar oluşturup bu yapıların farklı uzamalarda basınç değerlerini ve 48 saat sonrası basınç azalmalarını tespit etmişlerdir. Deneysel basınç değerleri ile Laplace Denklemleri ile elde ettikleri teorik değerleri karşılaştırmışlardır. Düz ve interlok kumaşlarda ilmek boyu arttıkça basıncın azaldığı, düz örgü kumaşlarda küçük ilmek boyuna sahip numunelerin 48 saat sonra daha çok basınç azalması gösterdiği, düz örgü kumaşlardan farklı olarak interlok kumaşlarda ise büyük ilmek boyuna sahip numunelerin daha çok basınç azalması gösterdiği belirtilmiştir. Her iki kumaş yapısında da uzama artışının basıncı artırdığı, yıkama sonrası yapının büzülmesine bağlı olarak her iki kumaşta da basıncın arttığı, tekrarlı kullanım ve gevşemenin numunelerin basınç değerlerini ve basınç azalmasını önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca deneysel veriler ile Laplace Denklemleri ile elde ettikleri teorik verilerin farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir [31].

Ancutiene ve Sinkeviciute (2011), vücut ile giysi arasındaki boşluğun ve gerginliklerin sadece vücut ölçülerine ve giysi yapısına bağlı olmadığını, ayrıca kullanılan materyalin yapısal ve mekanik özelliklerine de bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, kumaşın mekanik (çekme, eğilme, kayma) ve yapısal özelliklerinin (malzeme içeriği, kalınlık, yüzey alan) insan vücudu ve giysi arasındaki boşluğa ve giysideki gerginlik dağılımlarına etkisini bir bilgisayar yazılımı ile araştırmışlardır. Pamuk ve pamuk-elastan iplik karışımı farklı yapılarda on dokuz kumaşın mekanik ve yapısal özellikleri KES-F sistemi ile ölçülmüş ve veriler bilgisayar programına aktarılmıştır. Bilgisayar programındaki üç boyutlu giydirmeye denemeleri yapılarak, farklı verilere sahip kumaşların davranışları modellenmiştir. Çalışma sonucunda, sanal giysilerin insan vücuduna oturma şeklinin materyal özelliklerine göre değiştiği tespit edilmiştir. Çapraz

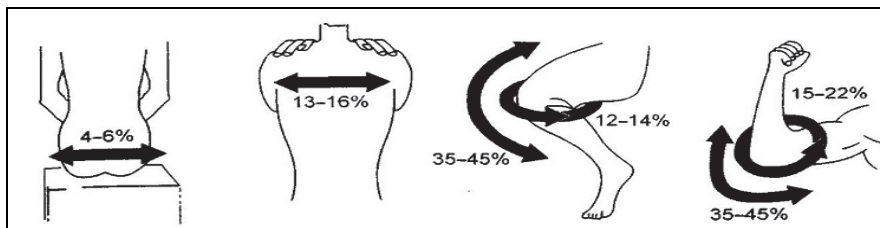
kesim ile üretilen giysilerde, giysi ve vücut arasındaki boşluğu en fazla etkileyen faktörün kumaşın atkı yönündeki çekme dayanımı olduğu belirtilmiştir. Atkı yönündeki kayma rijitliği özellikle kalça bölgesindeki giysi dengesini etkilemiştir. En büyük etkinin, yüksek bolluk ve düşük gerginlik değerlerinin olduğu bölgede (kalça bölgesi) ve negatif bolluk ve yüksek gerginlik değerlerinin olduğu bölgede (göğüs bölgesi) elde edildiğini belirtilmiştir [32].

Chen ve arkadaşları (2013), elastik modülün, uzamanın ve kumaşın relaksasyon süresinin, giysi basıncına etkilerini silindirik model üzerinde objektif basınç ölçümleri ile araştırmışlardır. Elastan içerikli pamuk ve poliester iplikler ile örülmüş kumaşlar üretmişler ve bu kumaşların farklı uzamalarda basınç değerlerinin oluşturdukları silindirik ölçme modeli ile ölçmüşlerdir. % 20 uzama değerindeki örme kumaşların farklı relaksasyon sürelerindeki basınç değerlerini yine bu model yoluyla elde etmişlerdir. Aynı uzama miktarında elastik modülü yüksek olan kumaşların, düşük olanlara göre daha büyük giysi basıncı uyguladığını, kumaşlarda uzama ne kadar büyük olursa o kadar büyük basınç uyguladığını ve ayrıca örme kumaş gevşemesinin, uyguladığı basıncı düşürdüğü, ancak esas düşüşün ilk otuz dakikalık sürede meydana geldiğini belirtmişlerdir [33].

Kumar ve arkadaşları (2013), tedavi amaçlı kullanılan basınç bandajlarının uyguladığı basınç üzerine bir araştırma yapmışlardır. Statik ve dinamik ölçümler alabilmek için bir bacak mankeni tasarlamışlar ve uygulanan kuvvet, bacak çevresi ve sarılan bandaj kat sayısının basınç azalması üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar, zamanla meydana gelen basınç azalmasının, daha yüksek kuvvet uygulayan bandajlarda daha fazla olduğunu, sarılan bandaj kat sayısının artması ile basınç düşüşünün azaldığını, basınç azalma oranının ve miktarının dinamik ölçümlerde daha fazla olduğunu göstermiştir [34].

3.3. Giysi Tasarımının Basınç Konforuna Etkileri

İnsanlar, giydikleri giysiler içerisinde rahat hareket edebilmelidirler. Vücudun hareket istemine karşı giysinin gösterdiği direnci azaltmak, kalıplarda kumaş bolluğunu artırarak veya esnek kumaşlar kullanarak sağlanabilir. Dirsek ve dizleri eğmek gibi basit hareketlerde deri %50 kadar uzamaktadır. Vücut üzerindeki bazı bölümlerindeki derinin yüzde uzamaları Şekil 1'de gösterilmiştir. Derinin elastikiyeti ve konvansiyonel kumaşlardaki elastikiyetsizlik arasındaki fark, kullanıcının hareketinin sınırlanmasına ve giysinin şekil ve performans kaybına neden olmaktadır. Düşük oranlarda bile elastan kullanımı, vücudun her hareketine karşılık giysinin elastikiyet göstermesine ve orijinal ölçü ve şekline geri dönmesine yardımcı olmaktadır [35].



Şekil 1. Vücut üzerindeki önemli esneme noktaları [35]

İnsan algı faktörlerine bağlı olarak giysi tasarımı; moda tasarımı ve giysi yapısal tasarımı olarak iki yönden incelenebilir. İnsan algısını temel olarak beş grupta sınıflandırabiliriz:

1. Fiziksel: Beden ölçüleri ve şekli gibi parametreler
2. İnsan vücudu bio-mekanikleri: Farklı vücut kısımlarındaki yumuşak doku, deri ve kasların deformasyonu gibi parametreler
3. Fizyoloji: Vücudun giysi ve çevre ile olan etkileşimlerinden ortaya çıkan duyuşal sinyaller
4. Nörofizyoloji: Sinir sisteminin işleyişine etkileyen parametreler
5. Psikoloji: İnsan davranışlarını ve zihinsel süreçleri etkileyen parametreler

İlk dört faktör kalıp ve kumaşın yapısal tasarımında, son faktör olan psikolojik faktörler ise giysinin estetik efekt tasarımında dikkate alınmalıdır. Giysi tasarımı temel olarak, giysi mekanik performansı ve insanın algısal faktörleri (fizyolojik ve psikolojik) arasındaki ilişkilerin kantitatif (nicel) araştırmalarına dayanmalıdır. Bu aşama için üç temel araştırma gereklidir. Birincisi, tüketicinin bir ürün hakkındaki psikolojik hislerinin, moda ve yapısal tasarımının değerlendirilmesine önemli katkılar sağlayacak algısal tasarım unsurlarına dönüştürülmesidir. İkincisi, insan bio mekanikleri ve moda tasarımı arasındaki ilişkiyle bağlantılı olan insan vücudu ve giysi arasında temas eden ara yüzdeki dinamik mekanizmayı incelemektir. Üçüncüsü ise, giyim esnasındaki giysinin yük, şekil değiştirme ve zaman faktörleri altındaki davranışları, uzama-geri dönüş özellikleri ve deformasyon büyüklükleri gibi dinamik analiz özelliklerinden giysinin mekanik öze

Giysi mekanik davranışları, hem kumaşın mekanik özellikleri ile hem de vücudun hareketi esnasında vücut ve giysi arasındaki serbest boşlukla ilişkilidir. Bu serbest boşluk derecesine göre, giysiler üç sınıfa ayrılabilir:

1. Korse giysiler: Giysi alanı, vücut alanından daha düşüktür.
2. Tam oturan giysiler: Giysi alanı, vücut alanına eşittir.
3. Gevşek giysiler: Giysi alanı, vücut alanından daha yüksektir.

Korse giysiler, vücudun hem hareket hem de dinlenme halinde uygun vücut parçaları üzerine belirli bir seviyede basınç uygulaması için tasarlanmıştır. Tam oturan giysiler, şekil verme fonksiyonuna sahiptir ancak vücuda basınç uygulamak için tasarlanmamışlardır. Çünkü vücut hareketi, serbest boşluğu azaltır, gevşek giysiler de temas alanlarında vücuda basınç uygulayabilir. Bu nedenle, giysi ve insan vücudunun üç boyutlu modellenmesindeki gelişmeler, sayısal analiz ve giysinin mekanik performansını görüntüleme esasına dayanmaktadır. Giysi mekanik olarak lineer bir davranış göstermez ve çok yönlü çekme/uzamalara maruz kalır. Bu kompleks giysi mekaniği üzerine çalışırken, genellikle giysi materyali, bölünmemiş bir düzlem ve kabuk (doğal kavisli) veya bir membran (esnek tabaka) olarak varsayılmıştır.

Basit deformasyonlarda (gerilme-uzama, eğilme, kesme-kayma) kumaş mekanik özellikleri ile giysi mekanik performansı arasındaki ilişkiyi anlamak önemlidir. Çünkü kumaş özellikleri, giysi mekanik modellenmesinde kullanılan temel parametrelerdir. İnsan vücudu ve giysi arasındaki mekanik etkileşim farklı giyim şartlarında dört faktöre bağlı olarak büyük oranda değişir: (1) giysi modeli (2) giysi toleransı (3) dinamik giyim işlemi (4) insan vücudunun duruşu. Bu faktörler, temas modelleri geliştirilmesinde farklı sınır şartları sağlarlar. Spor giysi, iç çamaşırı, kot ve korse giyen insan vücudu için dinamik etkileşimi simüle edecek bir çok temas modelleri geliştirilmiştir [36]. Giysi üretiminin en önemli aşaması kalıp hazırlamadır. İnsan vücudunun etrafında bir şekil elde etme aracı olarak tanımlanan kalıp hazırlama, giysi üretiminin ilk ve en önemli basamağını oluşturur. Modanın giysilere yansıtılması ve geniş bir kitlenin vücutlarına uyum konusunda memnuniyetin kazanılması, sağlam temeller üzerine oturtulmuş kalıplar gerektirir [37].

Tama ve Öndoğan (2014), giysinin vücuda uyumu konusunda, insan vücudu şekilleri ile giysi kalıplarının ilişkilendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında bu uyumu değerlendirmek için farklı kalıp hazırlama teknikleri ile bilgisayar destekli bir yazılım kullanarak basit etek modelleri oluşturmuşlardır. Bu modeller, üç boyutlu dikim ve sanal giyim denemeleri ile sanal mankenler üzerine giydirilmiştir. Otuz sekiz beden manken ve kum saati, üçgen ve dikdörtgen vücut şekilleri seçilmiştir. Giysinin vücuda uyumu, bilgisayar yazılımındaki basınç ve gerilme haritaları ile değerlendirilmiştir. Mankenler aynı beden olmasına rağmen farklı vücut şekilleri ve farklı kalıp hazırlama teknikleri için farklı sonuçlar elde edilmiştir [38].

Jin ve arkadaşları (2012), giysi tasarımı için kullanılacak düşük maliyetli taşınabilir basınç ölçüm sistemi geliştirmişlerdir. Manken ve denek üzerinde 24 farklı noktaya yerleştirilen sensörler, basınç değerlerini kablosuz olarak yazılım yüklü bilgisayara iletebilmektedir. Statik ve dinamik basınç ölçümlerinde, manken üzerinde örme kumaştan üretilen giysi ve vücut arasındaki basınç dağılımını araştırmışlar ve on beş denek üzerinden alınan subjektif basınç verileri ile karşılaştırmışlardır. Basınç verilerini ve insan vücudu ölçülerini analiz ederek ve giyside kısmi parça boyutlarını ayarlayarak, vücuda uygun ve konforlu giysilerin üretilebileceğini ve geliştirebileceğini belirtmişlerdir [39]. Ng ve arkadaşları (1994), benzer çalışmalarında giysi kenarlarındaki basınç dağılımını incelemişlerdir. Farklı kumaş kenarı kapama yöntemlerini karşılaştırmışlar ve kenarların 5cm aşağısından Poisson efekti ve sürtünmeden dolayı ara yüzey basınç düşüşlerinin başladığını belirtmişlerdir [40].

Utkun (2014), çalışmasında göbekli erkek bireylere yönelik olarak geliştirilmiş olan üç farklı klasik erkek gömleğinin vücut hareket konfor performanslarını on kişilik bir grup üzerinde gerçekleştirilen giyim denemeleri ile değerlendirmiştir. Giyim denemeleri sayesinde gömleklerin bedene uyumları ve hareket esnasındaki rahatlıkları incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, erkek bireylere yönelik klasik gömleklerin üretiminde göbek ölçüsü kavramının kullanılması önerilmiştir [41].

5. GİYSİ BASINÇ KONFORUNUN ÖLÇÜMÜ

Giysi basınç konforu, objektif ve subjektif ölçüm yöntemleri ile değerlendirilebilmektedir. Objektif ölçümü direkt ve indirekt metod olarak iki kısma ayırabiliriz. Direkt ölçüm, bazı dezavantajları olmasına rağmen uygulaması daha pratik olduğu için günümüzde daha kullanışlıdır. Direkt ölçümler, giysi ve vücut arasına yerleştirilen sensörlerle gerçekleştirilmektedir. İndirekt ölçümler ise simülasyon ve teorik hesaplamalar ile elde edilmektedir. Subjektif giyim denemeleri ile giysi basıncını ölçmede birçok sınırlama vardır: Güvenilir sonuçlar almak için çok sayıda katılımcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu şekilde ölçüm katılımcılar için yorucu ve zaman alıcıdır. Değişen insan vücudu ölçüleri ve vücut hareketleri ölçümün doğruluğunu ve tekrar edilebilirliğini etkiler. Bu problemleri ortadan kaldırmak için, teorik olarak giysi basıncı tahminlenmesi, sanal basınç simülasyonları ve basınç mankeni uygulamaları öne çıkmaktadır [42].

Basınç konforu çeşitli tekniklerle ölçülebilir:

- Subjektif giyim denemeleri yapılarak ve deneklerden basınç konforu algısını bir skala ile değerlendirmesi istenebilir.
- Bir dizi aktivite programı uygulanarak sıkı kumaşlar giymiş deneklerin deri kan akışı oranı, nabız gibi fizyolojik verileri ölçülebilir.
- Bir dizi aktivite programı uygulanarak sıkı kumaşlar giymiş deneklerin, basınç sensörleri kullanılarak farklı vücut bölgelerinden alınan basınç ölçümleri ile istenen basınç konfor aralığı karşılaştırılabilir.
- Denek yerini alacak mankenlere sıkı giysiler giydirilerek üzerindeki basınç dağılımı ölçülebilir ve istenen aralıktaki değerlerle karşılaştırılabilir. Gerçek kadın vücudunu taklit eden yumuşak manken kullanımı, tutarlı ve doğru basınç ölçümü sağlar. Ayrıca gerçek deneklerle gerçekleştirilen giyim denemeleri masrafını da azaltır [43].

Chen ve Zhao (2003), erkek giyim konforunun sürekliliğini sağlamak için gerekli giysi basıncını erkek giysi analizi ile doğrulamak üzere çalışmalar yapmışlardır. Test için ideal denekler bulmak zordur. Bu problemi çözmek için, farklı pozisyonlarda giysi basıncını elde etmek için tasarlanmış altı farklı manken kullanmışlardır. Mankenler farklı ölçülerde ve materyallerde üretilmiştir. Manken ve deneklerden alınan giysi basıncı değerlerinin analizi ile hangi pozisyon için hangi mankenin basınç konforu ölçümü için daha uygun olduğunu belirlemişlerdir [44].

Xi ve arkadaşları (2004), objektif giysi basıncı ölçümü için mikroelektromekanik (MEMS) sisteme sahip bir milimetrekareden daha küçük ölçme alan olan bir sensör tasarlamışlardır. Deneysel sonuçlar, sensörün dinamik giysi basıncını ve farklı türdeki kumaşların da giysi basıncını ölçebileceğini göstermiştir [45]. Maklewska ve Nawrocki (2007), benzer çalışmalarında, yara tedavilerde kullanılmak üzere indirekt ölçüm cihazı tasarlamışlardır. Silindirik şekle yakın vücut parçaları üzerindeki

kompresyon bandajının basınç değerlerinin ölçülebileceğini belirtmişlerdir [46].

Liu ve Zhang (2009), korse giysilerin genel basınç algısını, kısa ve uzun süreli basınç algısını değerlendirmek için subjektif bir çalışma yapmışlardır. Farklı beden ve yapılar da on sekiz korse, on sekiz denek tarafından giyilmiş ve beşli değerlendirme skalasına göre on beş farklı vücut bölgesindeki basınçların değerlendirilmesi istenmiştir. Değerlendirmelerin zamana göre değiştiği, genel basınç konforu algısının bel bölgesi noktalarındaki algılardan etkilendiği belirtilmiştir [47]. Chan ve Fan (2001), benzer çalışmalarında, korse giysi için vücudun 10 farklı bölgesindeki optimum basınç değerlerini belirlemişler, giysi basıncı ile sıklık değerlendirmesinin lineer bir ilişki gösterdiğini, sıklık değerlendirmesinin sadece giysi basıncı ile ilgili olmadığını; vücut ölçüleri, vücuttaki yağ oranı, kasların esnekliği ve vücuttaki kemik yapısı gibi faktörlere de bağlı olduğunu belirtmişlerdir [48].

Wang ve arkadaşları (2011), kumaşların basınç performans değerlendirmesi için enine yönde uzayarak farklı bedenleri simüle edebilen, yumuşak yüzeyli ve yüzeyinde farklı ölçüm noktalarında sekiz basınç sensörü bulunan akıllı bir manken sistemi üretmişlerdir. Sensörler giyim esnasında meydana gelen basıncı kaydedip bir bilgisayar sistemi ile verileri toplamaktadır. Farklı oranda elastik iplik içerikli, farklı yapılar da (düz ve rib örme) örme kumaşlardan -%20 (giysi çevresi ile manken çevresi arasındaki oran) oranında vücuda oturan yedi giysi üretmiş ve manken üzerinde test etmişlerdir. Basınç dağılımı, ölçüm noktalarına göre farklılık göstermiştir. Manken boyut değişimlerinde de farklı ölçüm farklılıkları oluşmuştur. Test sonuçlarına göre, giysi basıncı göğüs bölgesinde en yüksek, sol bel ve sağ kaburga bölgesinde en düşük ölçülmüştür. Mankenin enine yönde boyutlarının artırılması ile her bir ölçüm bölgesindeki basınç değerleri artmıştır. Manken boyutlarındaki değişim sonucu göğüs bölgesindeki basınç artış oranı en düşük, kalça bölgesinde en yüksek olarak tespit edilmiştir. Kumaşın elastan iplik içeriği arttıkça kaydedilen basınç değeri de artmıştır [49].

Yan ve arkadaşları (2012), subjektif ve objektif test metodları kullanarak dikişsiz bayan jimnastik giysilerinin basınç konforu üzerine yaptıkları çalışmada sabit ve hareketli pozisyonlarda vücudun dokuz bölgesindeki basınç algısını karşılaştırmışlar ve beşli skala değerlendirmelerine göre en yüksek ortalamanın en iyi basınç konforunu ifade ettiğini belirterek büyükten küçüğe doğru dirsek, kol, bel, göğüs, omuz, sırt, karın, koltukaltı ve kalça şeklinde sıralamışlardır. Ayrıca subjektif test sonuçları ile objektif test sonuçlarını karşılaştırarak dokuz vücut bölgesi için konforlu basınç bölgelerini tespit etmişlerdir [50]. Jin ve arkadaşları (2008), benzer bir çalışmayı erkek denekler üzerinde yapmışlardır. düz ve rib örgü yapısında dört farklı kumaştan yapılmış dikişsiz spor giysilerin, dinamik hareketlerde vücudun otuz üç farklı noktasındaki basıncını objektif ve subjektif olarak değerlendirmişlerdir. Erkek yetişkinlerin, dinamik konfor algısına duyarlı olduklarını, erkekler için tasarlanacak giysilerde yüksek basınç dağılımı gösterdikleri için göğüs ve üst kısmı ile

bel ve kalça kısımlarının tasarımına dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir [51]. You ve arkadaşları (2002), benzer çalışmalarında, basınç konforu çalışmalarının sadece giyim denemesi ile yapılmaması gerektiğini, diz, kalça, sırt ve dirsek gibi vücut kısımlarının hareket sonrası deri uzaması olması nedeniyle özellikle dinamik giysi basıncı çalışmalarında üç boyut üzerinden deri uzaması konusunda da çalışılması gerektiğini belirtmişlerdir [52]. Sakaguchi ve arkadaşları (2002), insan vücudu ve giysi arasındaki yüzey temas durumunu analiz etmek için, vücut yerine şeffaf silikon kauçuk kullanarak bir gözlem tekniği geliştirmişlerdir. Bu metot ile farklı temas basınçları ve kumaş yapıları için temas durum değişimleri görüntü analizi ile gözlenmiştir. Şeffaf silikon kauçuk üzerindeki deformasyon bölgeleri ve temas basıncı arasındaki ilişkiyi kullanarak, temas basıncının iki boyutlu dağılımını tahminlemişlerdir [53].

Liu ve arkadaşları (2013), vücudun göğüs kısmındaki konforlu basınç aralığını tespit etmek için, yakın beden ölçülerine sahip yirmi beş bayan denek üzerinde, farklı beden ölçülerine ve mekanik özelliklere sahip yirmi kolsuz atlet kullanarak, beş farklı noktadaki basıncı objektif ve subjektif olarak değerlendirmişlerdir. Göğüs bölgesindeki konforlu basınç aralığını 0,96-1,36 kPa olarak tespit etmişlerdir. Basıncın omuz kısımlarında daha yüksek olduğunu, bunun da omuz kısmının daha kavisli ve yağ dokunun daha az olmasına bağlı olduğunu; ayrıca giysinin kendi ağırlığının büyük kısmının omuzlar üzerinde olması nedeniyle yüksek basınç değerlerinin elde edildiğini belirtmişlerdir [54].

Mengna ve Kuzmichev (2013), vücut ile giysi arasındaki boşluğun ve giysi basıncının konfor algısına etkisini incelemek için yaptıkları çalışmada, öncelikle basınç ve konfor algısı arasındaki ilişkiyi incelemek için elastik kemer kullanarak ve her ölçüm aralığında kemeri 0,5 cm sıkıştırarak vücudun 22 noktası üzerinde konforlu basınç aralıklarını basınç sensörleri ile tespit etmişlerdir. Farklı bel ve göğüs çevre ölçülerine sahip giysileri kullanarak giysi-vücut arası boşluğun subjektif olarak konfor algısına etkisi incelenmiştir. Veriler sonucunda 'konforlu', 'konforlu değil ama katlanılabilir' ve 'konforsuz' olarak basınç ve giysi boşluğu aralıkları belirlemişlerdir. Bu aralıklara bakılarak bayanların konforlu veya en azından katlanılabilir seviyelerde konfor algısı elde edebilmesi için üretim öncesi giysi tasarımında bir tahminleme yapılabileceğini belirtmişlerdir [55].

Lee ve Hong (2013), çalışmalarında direkt ölçüm sistemlerinin özellikle kavisli vücut kısımları üzerinde doğru sonuçlar vermediğini, sensörlerin giysi içerisinde doğru ölçüm yapabilecek yeterli esnekliğe ve inceliğe sahip olmadıklarını belirtmişler, bu nedenle üç boyutlu görüntü analizi ile indirekt metot kullanarak giysi basınç ölçümü yapmışlardır. İnsan vücudu üzerinde basınç ölçümü yapılacak bölge, üç boyutlu tarayıcı ile taranıp çember numune bölgesi seçilerek bölgenin deformasyonu ve belirli yönlerdeki kavislenme yarıçapları elde edilmiştir. Farklı açılardaki kumaş yönlerine ait gerilim-uzama ilişkileri elde edilmiştir. Kirk ve Ibrahim (1966) önerdikleri teorik tahminleme eşitlik-

lerini kullanarak elde ettikleri basınç değerlerini, basınç sensörleri ile elde ettikleri değerler ile doğrulamışlardır [56]. Lin ve Wang (2014), üç boyutlu sanal giysi modellemesi tekniğini kullanarak giysinin vücuda oturma durumlarını, farklı ölçülerdeki t-shirtlerin giyimi ile değerlendirmişlerdir. Giysi modelleri, altı denek vücudu üzerinde simüle edilmiştir. Sanal giysiler görselleştirilmiş ve vücuda oturma denemeleri ile karşılaştırılmıştır. Vücut enine kesiti ile giysi enine kesiti arasındaki boşluk ölçümü ile giysinin vücuda oturma derecesi arasında ilişki kurulmuştur. Göğüs ve bel bölgelerindeki boşlukların bu değerlendirmede en önemli bölgeler olduğu belirtilmiş ve bu bölgelerin enine kesitlerindeki şekil değişimleri analiz edilerek vücuda oturma indeksi oluşturmuşlardır [57].

5.1. Matematiksel Modeller ve Tahminleme Çalışmaları

Son yıllarda bilgisayar yazılımı sektöründeki gelişmeler tekstil uygulamaları alanında da kendini göstermiştir. Matematiksel modeller ve üç boyutlu yazılımlar ile basınç tahminlemesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Modelleme, üretici ve tasarımcılar için üç avantaja sahiptir. İlki, üreticiler üretim aşamasından önce hedefledikleri basınç aralığını sağlayabilecek ürünlerin değerlendirmesini yapabilmektedir. Bu da maliyet ve zaman kaybını azaltacaktır. İkincisi, objektif ölçümler için kullanılan basınç sensörleri ile sadece belirli noktaların değerlendirilmesi yapılırken, modelleme ile istenen bölgelerin tüm basınç haritası elde edilebilmektedir. Direkt ölçümlerle tespit edilemeyecek noktaların da tahminlemesi yapılabilmektedir. Diğer avantajı ise, subjektif denemelerin hastalar veya diğer gönüllüler için oluşturabileceği dezavantajlar ve bu denemelerin yüksek maliyetlerini ortadan kaldırmaktadır.

Laplace eşitliği, genellikle yarıçapı bilinen silindirik duvar yüzeyi üzerindeki basınç değerlerinin tahmin edilmesi için kullanılmaktadır. İnsan vücudu,, karmaşık kavisli bir yüzeye sahiptir. Eğer esnek kumaş, homojen bir materyal olarak kabul edilirse, değişen kavislenme çapına sahip bir yüzey çevresine uygulandığında, değişen basınç dereceleri elde edilir. Troynikov ve arkadaşları (2010), insan bacağına taklit etmek için yüzeyi yumuşak materyalle kaplı ve basınç sensörleri yerleştirilmiş, çevre ölçüleri değişebilen bir silindir model üretmişlerdir. Silindir model üzerine çapları silindir çapından küçük çözümlü ve düz örme kumaşlardan yapılmış altı silindirik giysi parçasının giydirilmesi ve Laplace eşitliğinin kullanılmasıyla insan bacağına bir silindir olarak varsayarak giysi basınç tahminlemesi yapmışlardır. Kumaş gerilme kuvveti ve bacak çevresi oranının (T/C) yüksek olduğu kumaşlarda giysi basıncının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak kumaş ve giysilerin düzensiz uzama ve boyut değişimi göstermesinden ve zamanla kumaş yorulması oluşması nedeniyle gerilme (T) değişimleri olacağından dolayı T/C oranının tüm giysi boyunca sabit olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca giysinin vücudun farklı bölgelerinde farklı açılarda gerilmeye maruz kalması nedeniyle 10 derecelik açı aralıklarıyla çözümlü ve atkı yönünde kumaş basıncı tahminlemeleri de yapmışlardır. En büyük basıncın, çözümlüye 60 derecelik açı yapan eksen doğrultusunda elde edildiğini belirtmişlerdir [58].

Hui ve Ng (2003), medikal alanda kullanılan elastik kumaşlarda zamanla gerilim azalması olduğunu, bunun da deri giysi ara yüzüne uygulanan basıncın zamanla değişimine neden olduğunu belirtmişlerdir. Elastik kumaşın giyim esnasında deri giysi ara yüzünde istenen aralıktaki basıncı ne kadar süre ile verebileceği konusunda yaptıkları çalışmanın ilk aşamasında, silindirik formdaki elastik kumaşların çaplarını üç aşamalı olarak azaltarak Laplace denklemleri ile teorik olarak zaman bağlı gerilme ve basınç düşüşlerini hesaplamışlardır. İkinci aşamada silindir yüzeyleri üzerinde elde ettikleri deneysel sonuçlar ile verileri doğrulamışlardır. Elastik kumaşlarda gerilme ve basınç değişim oranlarının, farklı çap azaltma oranları için aynı olduğunu belirtmişlerdir [59]. Macintyre (2007), benzer çalışmasından Laplace eşitliğinin, çevresi 30 cm üzeri olan uzuvlar üzerinde ve 25mmHg üzeri giysi basınçlarının tahmin edilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir [60]. Gaied ve arkadaşları (2006), üç bölgeye ayırdıkları (uyluk, diz, baldır) bacak mankeni üzerinde iki farklı yapıda medikal basınç çorabı kullanarak basınç sensörleri ile elde edilen deneysel basınç verileri ile Laplace eşitliği ile elde ettiği teorik verileri karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, baldır kısmında, deneysel sonuçlara göre %20-30 daha düşük sonuçlar verdiğini, ayrıca daha sert yapıya sahip olan kumaşta, diz ve uyluk bölgelerindeki bu sapmanın daha az olduğunu belirtmişlerdir [61].

Yıldız (2007), Laplace eşitliğinden elde edilen basınç tahminlemesinin çok katlı kumaş yapısı üzerindeki doğruluğunu test etmek için yaptığı çalışmada, beş farklı silindirik çevreye sahip bacak mankeni üzerindeki basınç değerlerini ölçerek Laplace denklemleri ile elde ettiği teorik ölçümler ile deneysel ölçümler arasında önemli farkların olmadığını belirtmiştir [62]. Salleh ve arkadaşları (2011) çalışmalarında, yaralı bölge üzerindeki basınç dağılımını teorik olarak hesaplamışlar ve ayrıca basınç sensörleri ile bacak üzerinde objektif basınç değerleri elde ederek, model ile elde edilen verilerin ve gerçek basınç değerlerinin benzer sonuçlar verdiklerini belirtmişlerdir. Modellemenin, giysi basıncı altında şeklini değiştirmeyen veya sıkıştırılmamış vücut kısımlarının basınç tahminlemesi için kullanılabileceğini vurgulamışlardır [63]. Buna rağmen Aghajani ve arkadaşları (2010), elastik kumaş yapılarında Laplace denklemi ile elde edilen basınç değerleri ile deneysel sonuçlar arasında tutarsızlık olduğunu belirtmişlerdir. Bu tutarsızlık ile kumaşın karmaşık yapısı arasındaki ilişkiyi incelemek için kumaş ve kauçuk/lastik materyal kullanarak sonuçları karşılaştırmışlardır. Laplace kuralının, her çeşit kumaş yapısı ve her durum için doğru basınç değerleri veremeyeceğini belirtmişlerdir [64].

Leung ve arkadaşları (2010), klinik uygulamalarda kullanılan özel basınç giysileri tasarımında, vücut çevresinin, kumaşın kesit alanının, uygulanan gerilimin (küçültme oranına bağlı) ve buna bağlı Young modülünün dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında üç farklı elastik kumaş kullanarak, tek katlı ve çift katlı yapılar üzerinde farklı eğim açılarındaki gerilme ve Young modüllerini teorik ve deneysel olarak hesaplamışlar ve hedeflenen basınç değerlerinin, tek katlı yapılar yerine,

aynı daraltma oranında veya biraz daha büyük daraltma oranında farklı kumaşların iki katlı olarak kullanımıyla elde edilebileceğini belirtmişlerdir [65].

Üç boyutlu sonlu elemanlar analizi (FEM) kullanarak, vücudun belirli bölgelerinin bilgisayar yazılımları ile modellenmesi yoluyla, modellenen bölge ile giysi arasındaki etkileşimin ve etki eden giysi basıncının mekanik analizleri yapılabilmektedir. Analiz sonuçları ve objektif ölçümlerin birbirleriyle tutarlılık gösterdiğini doğrulayan bir çok çalışma yapılmıştır [66,67, 68,69]. Sonlu elemanlar metodu (FEM) ile elde edilen modellerin, sadece giysi basıncı tahminlemesi için değil ayrıca giysi deformasyonun tahminlemesi için de kullanışlı ve genel olarak doğru modeller olduğunu belirtilmiştir [70].

6. SONUÇ

Bu makalede giysi basınç konfor performansını etkileyen parametrelerin ve basınç konforu ölçümünün incelenmesi amacıyla yapılan çalışmaların bir bölümü incelenmiş ve özetlenmiştir. Son yıllarda, özellikle sportif ve fonksiyonel giysiler alanında tüketicilerin, giysi konfor performansından beklentilerinin artması ve giysi tercihlerinde konforun ön sıralarda yer almaya başlaması araştırmacıların, tekstil ve hazır giyim üreticilerinin ilgisinin daha fonksiyonel ve konforlu giysi sistemlerinin üretilmesi üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur. İlerleyen yıllarda subjektif ve objektif basınç konforu ölçüm ve değerlendirme yöntemleri konusunda kaydedilecek gelişmeler ve amaca yönelik üretilecek yeni ürünler sayesinde hem spor giysileri hem de koruyucu giysiler alanında genel konfor açısından geliştirilmiş tasarımlar ve ürünler üretilmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Öner, E. ve Okur, A., (2010), Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri, *Tekstil ve Mühendis*, 17(80): 20-29.
2. Li, Y., (2001), *The Science of Clothing Comfort*, Textile Institute Publications, Textile Progress, Volume:31, Number: 1/2, 138 s., UK.
3. Kadolph, S. J., (1998), *Quality Assurance for Textiles and Apparel*, IOWA State University, Fairchild Publications, 581 s., New York, USA.
4. Kaplan S., (2009), *Kumaşların Mekanik Özelliklerinden ve Geçirgenlik Özelliklerinden Yararlanılarak Giysi Konforunun Tahminlenmesi*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
5. Li, Y., Wong, A.S.W., (2006), *Clothing Biosensory Engineering*, The Textile Institute, Cambridge, England.
6. Ashdown, S.P., DeLong, M., (1995), *Perception Testing of Apparel Ease, Variation*, *Applied Ergonomics*, 26(1), 47-54.
7. Denton M.J., (1972), *Fit, Stretch and Comfort*, *Textiles* 12-17.
8. You, F., Hong, J.M., Luo, X.N., Li, Y., Zhang, X., (2002), *Garments' Pressure Sensation (1): Subjective Assessment and Predictability for the Sensation*, *International Journal of Clothing Science and Technology* 14(5), 195-202,
9. Zhang, Y. ve Long, H., (2010), *The Biaxial Tensile Elastic Properties of Plain Knitted Fabrics*, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, Vol.3 (1): 27-31.

10. Wang, J., (2008), Study of the Influence of Garment Pressure on Human Physiological Comfort— Effect on the Skin Blood Flow of Pressure Exerted on Lower Limbs. Suzhou: suzhou university.
11. Zhou, F., Dai, X., Wang, J. ve Lu, Y., (2008), Change of Skin Blood Flow at Lower Limb under External Pressure, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, Vol.1, No.2.
12. Wu, X. ve Li, Y., (2015), Testing Methods and Effect of Clothing Pressure on Human Body, International Journal of Business and Social Science, Vol.6, No.4(1).
13. Zhiming, W., Zhao, M., ve Chen, X., (2011), Carotid sinus physiology as affected by clothing pressure on human neck, Journal of Textile Research, 32(5): 98-106.
14. Dai-fang, X., Dong-yun, L. ve Zhi-mig, W., (2012), Analysis of Physiological Response by Pressure Developed by Female Swimsuit, Journal of Beijing Institute of Clothing Technology, 32(1): 1-8.
15. Zhaorong G. ve Jun X., (2012), The test experiment of corset on human physiological effects. Journal of Xi'an Polytechnic University, 26(2): 168-173.
16. Ciesielska, I., Mokwinski, M. ve Orłowski, M., (2009), Influence of Different Kind of Clothing Material on Selected Cardiovascular, Respiratory and Psychomotor Parameters During Moderate Physical Exercise, International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 22(3): 215-216.
17. Morooka, H., Nakahashi, M., Morooka, H. ve Kitamura, K., (2009), Effects of Clothing Pressure Exerted on a Trunk on Heart Rate, Blood Pressure, Skin Blood Flow and Respiratory Function, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.54, No.2: 57-62.
18. Okura, K., Midorikawa-Tsurutani, T. ve Tokura, H., (2000), Effects of Skin Pressure Applied by Cuffs on Resting Salivary Secretion, Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science, Vol.19, No.2: 107-111.
19. Lihua, X ve YAN, G., (2007), The Application of Homemade Tight Children Suit in Pediatric Hyperplastic Burn Scar., (1): 119-120.
20. Lizhuo, W. ve Dongsheng, C., (2008), Study of Pressure Comfort of Brassiere, Journal of Textile Research, Vol.29 (4): 134-138.
21. Liu, P., Yip, J., Yick, K., Yuen, C., Tse, C., Ng, S. ve Law, D., (2015), Effects of A Tailor-made Girdle on Posture of Adolescents with Early Scoliosis, Textile Research Journal, Vol. 85(12): 1234-1246.
22. Halaçeli, H., (2010), Modada Elastik Kumaşlar, TMMOB Web Sitesi, 01.06.2015
23. Günaydın, M.N., (2009), Rejenere Selülozik Lifler Karakteristik Özellikleri ve Tekstilde Kullanım Alanları, TMMOB Tekstil ve Mühendis Dergisi Güncel.
24. Öktem, T., Çelik, P., Seventekin, N., (2002), Poliüretan Elastomer Lifler (Elastan Lifleri), Tekstil ve Konfeksiyon, 3:114-122.
25. Senthilkumar M. ve Anbumani N., (2011), Dynamics of Elastic Knitted Fabrics for Sports Wear, Journal of Industrial Textiles, Vol.41 (1):13-23.
26. Yu, Z., Zhang, J., Lou, C., He, H., Chen, A. ve Lin, J., (2015), Wicking Behaviour and Dynamic Elastic Recovery Properties of Multifunction Elastic Warp-knitted Fabrics, Textile Research Journal, Vol.85(14): 1486-1496.
27. Rong, L., Yi-Lin, K., Yi, L. ve Terence-T, L., (2010), Fabric Mechanical-Surface Properties of Compression Hosiery and their Effects on Skin Pressure Magnitudes when Worn, Fibres&Textiles in Eastern Europe, Vol.18, No.2 (79), pp.91-97.
28. Dan, R., Fan, X., Xu, L. ve Zhang, M., (2013), Numerical Simulation of the Relationship between Pressure and Material Properties of the Top Part of Socks, The Journal of the Textile Institute, Vol.104 (8): 844-851.
29. Kirk, W.J., ve İbrahim S.M., (1996), Fundamental Relationship of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirements and Garment Performance, Textile Research Journal, 57:p.37-47.
30. Liu, R., Kwok, Y., Lao, T. ve Zhang X., (2005), Effects of Material Properties and Fabric Structure Characteristics of Graduated Compression Stockings (GCS) on the Skin Pressure Distributions, Fibers and Polymers, Vol.6 (4) : 322-331.
31. Maleki, H., Aghajani, M., Sadeghi, A. ve Jeddi, A., (2011), On the Pressure Behaviour of Tubular Weft Knitted Fabrics Constructed from Textured Polyester Yarns, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol.6(2): 30-39.
32. Ancutiene, K. ve Sinkeviciute, D., (2011), The Influence of Textile Materials Mechanical Properties upon Virtual Garment Fit, Materials Science, Vol.17, No.2, p.160-167.
33. Chen, D., Liu, H., Zhang, Q. ve Wang, H., (2013), Effects of Mechanical Properties of Fabrics on Clothing Pressure, Przegląd Elektryczny, ISSN 0033-2097, R.89 NR 1b.
34. Kumar, B., Das, A. ve Alagirusamy, R., (2013), Study on Interface Pressure Generated by a Bandage Using in Vitro Pressure Measurement System, The Journal of The Textile Institute, Vol.104 (12):1374-1383.
35. Voyce, J., Dafniotis, P. ve Towlson, S., (2005), Elastic Textiles, Textiles in Sport, P.204-230.
36. Zhang, X., Yeung, K.W., and Li, Y., (2002), Numerical Simulation of 3D Dynamic Garment Pressure, Textile Research Journal ,72, 245-252.
37. Eray, F. ve Gürcan, K., (1999), Metrik ve Mülter Biçki Sistemi ile Elde Edilen Kadın Temel Bedeni Kalıplarının Karşılaştırılması ve Türk Kadın Vücuduna Uygunluğunun Araştırılmasına Yönelik Örnek Bir Çalışma, Konfeksiyon&Teknik, Kasım, İstanbul.
38. Tama, D. ve Öndoğan, Z., (2014), Fitting Evaluation of Pattern Making Systems According to Female Body Shapes, Fibres&Textiles in Eastern Europe, Vol.22, 4(106), p.107-111.
39. Jin, L., Hao, L., Yuxiu, W., Lingling, S. ve Fengxia, H., (2012), Development of a Low Cost Portable Pressure Measurement System Using For Garment Design, Elsevier, 45,p.2114-2120.
40. Ng, S.F.F.ve Hui, C.L.P., (1999), Effect of Hem Edges on the Interface Pressure of Pressure Garments, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol.11(5): 251-261.
41. Utkun E., (2014), Body Movement Comfort Performances of Shirts Intended for Bellied Males, Journal of Textiles and Engineer, 21:96: 10-19.
42. Fan, J. ve Chan, A.P., (2004), Prediction of Girdle's Pressure on Human Body from the Pressure Measurement on a Dummy, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol.17(1): 6-12.
43. Fan, J., Hunter, L., (2009), Engineering Apparel Fabrics and Garments, The Textile Institute, p241-242.
44. Chen, D. ve Zhao, A., (2003), A Study on Clothing Pressure for Men's Suit Comfort Evaluation, International Journal of Clothing Science and Technology, 15(5): p.320-334.
45. Xi, W., Xianbo, L., Songcun, S. ve Rihua, L., (2004), Explore New Sensor For Measuring Clothing Pressure, Proceedings of The Textile Institute 83rd World Conference, 893-900.

46. Maklewska, E. ve Nawrocki, A., (2007), New Measuring Device for Estimating the Pressure Under Compression Garments, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol.19(3): 215-221.
47. Liu, L., ve Zhang, W., (2009), The Study of Subjective Pressure Sensation Evaluation of Foundation Garment, *International Symposium of Textile Bioengineering and Informatics*, pp:267-271.
48. Chan, A.P. ve Fan, F., (2001), Effect of Clothing Pressure on the Tightness Sensation of Girdles, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol.14(2): 100-110.
49. Wang, Y., Cui, Y., Zhang, P., Feng, X., Shen, J. ve Xiong, Q., (2011), A Smart Mannequin System for the Pressure Performance Evaluation of Compression Garments, *Textile Research Journal*, 81(11), p.1113-1123.
50. Yan, Y., Gao, J., He, W., Jin, Z. ve Tao, J., (2012), Study on the Pressure Comfort of Women's Seamless Gymnastics Clothing, 5. *International Symposium on Computational Intelligence and Design*, 502-505.
51. Jin, Z., Yan, Y., Luo, X. ve Tao, J., (2008), A Study on the Dynamic Pressure Comfort of Tight Seamless Sportswear, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, Vol.1 (3): 217-224.
52. You, F., Wang, J.M. ve Luo, X.N., (2002), Garment's Pressure Sensation (2): The Psychophysical Mechanism for the Sensation, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol.14(5): 317-327.
53. Sakaguchi, A., Matsumoto, Y., Toriumi, K. ve Kim, H., (2002), Novel Observation Technique for Contact Condition of Fabric, *Textile Research Journal*, Vol.72(3): 221-226.
54. Liu, H., Chen, D., Wei, Q. ve Pan, R., (2013), An Investigation into the Bust Girth Range of Pressure Comfort Garment based on Elastic Sports Vest, *The Journal of The Textile Institute*, Vol.104 (2): 223-230.
55. Mengna, G. ve Kuzmichev, V., (2013), Pressure and Comfort Perception In the System "Female Body-Dress, *Autex Research Journal*, Vol.13 (3), 71-78.
56. Lee, Y. ve Hong, K., (2013), Development of Indirect Method for Clothing Pressure Measurement Using Three-Dimensional Imaging, *Textile Research Journal*, Vol.85(15): 1594-1605.
57. Lin, Y. ve Wang, M., (2014), Digital Human Modelling and Clothing Virtual Try-on, *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Ocak 7-9.
58. Tronikov, O., Ashayeri, E., Burton, M., Subic, A., Alam, F., ve Marteau, S., (2010), Factors Influencing the Effectiveness of Compression Garments Used In Sports, *Procedia Engineering* 2, 2823-2829.
59. Hui, C.L. ve Ng, S.F., (2003), Theoretical Analysis of Tension and Pressure Decay of a Tubular Elastic Fabric, *Textile Research Journal*, 73(3): 268-272.
60. Macintyre, L., (2007), Designing Pressure Garments Capable of Exerting Specific Pressures on Limbs, *Science Direct Burns*, 33 : 579-586.
61. Gaied, I., Drapier, S. ve Lun, B., (2006), Experimental Assessment and Analytical 2D predictions of Stocking Pressures Induced on a Model Leg by Medical Compressive Stockings, *Journal of Biomechanics*, 39: 3017-3025.
62. Yıldız, N., (2007), A Novel Technique to Determine Pressure in Pressure Garments for Hypertrophic Burn Scars and Comfort Properties, *Science Direct Burns*, 33:59-64.
63. Salleh, M.N., Acar, M. ve Burns, N.D., (2011), Pressure Distribution Model for Pressure Garments and Its Verification, 4th *International Conference of Modelling, Simulation and Applied Optimization (ICNSAO)*, IEEE: 1-6.
64. Aghajani, M., Jeddi, A. ve Tehran, M.A., (2011), Investigating the Accuracy of Prediction Pressure by Laplace Law in Pressure Garment Applications, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.121:2699-2704.
65. Leung, W.Y., Yuen, D.W., Ng, S.P., ve Shi, S.Q., (2010), Pressure Prediction Model for Compression Garment Design, *Journal of Burn Care & Research*, Vol.31(5):716-727.
66. Ishimaru, S., Isogai, Y., Matsui, M., Furuichi, K., Nonmura, C. ve Yokoyama, A., (2011), Prediction Method for Clothing Pressure Distribution by the Numerical Approach: Attention to Deformation by the Extension of Knitted Fabric, *Textile Research Journal*, Vol.81 (18): 1851-1870.
67. Hong, L., Dongsheng, C., Qufu, W. ve Ruru, P., (2011), A Study of the Relationship Between Pressure and Garment Bust Strain, and Young's Modulus of Fabric, Based on a Finite Element Model, *Textile Research Journal*, Vol.81(13): 1307-1319.
68. Lin, Y., Choi, K., Zhang, M., Li, Y., Luximon, A., Yao, L. ve Hu, J., (2011), Optimized Design of Compression Sportswear Fabric Using Numerical Simulation and Response Surface Method, *Textile Research Journal*, 0(00): 1-9.
69. Wong, A.S.W, Li, Y. ve Zhang, X., (2004), Influence of Fabric Mechanical Property on Clothing Dynamic Pressure Distribution and Pressure Comfort on Tight-Fit Sportswear, *Sen'i Gakkaishi*, Vol.60(10): 293-299.
70. Lin, Y., Choi, K., Luximon, A., Yao, L., Hu, J. ve Li, Y., (2011), Finite Element Modelling of Male Leg and Sportswear: Contact Pressure and Clothing Deformation, *Textile Research Journal*, Vol.81(14): 1470-1476.