

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTOPEDİK İMPLANTLARIN GEVŞEMESİNDE TİTREŞİMİN ETKİSİ

ONUR OKTAY

BİYOMEKANİK YÜKSEK LİSANS

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR-2019

TEZ KODU: DEU.HSI.MSc/2014970140

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORTOPEDİK İMPLANTLARIN
GEVŞEMESİNDE TİTREŞİMİN ETKİSİ**
BİYOMEKANİK YUKSEK LİSANS
YUKSEK LİSANS TEZİ

ONUR OKTAY

Danışman Öğretim Üyesi:

Prof.Dr. Hasan HAVİTÇİOĞLU

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyomekanik Anabilim Dalı,
Biyomekanik Yüksek Lisans programı öğrencisi Onur OKTAY ‘**ORTOPEDİK
İMLANTLARIN GEVŞEMESİNDE TİTREŞİMİN ETKİSİ**’ konulu Yüksek Lisans
tezini 18/07/2019 tarihinde başarılı olarak tamamlamıştır.

Prof.Dr. Hasan HAVİTÇİOĞLU

BAŞKAN

DEÜ Tıp Fakültesi



Doc. Dr. Ahmet KARAKAŞLI

ÜYE

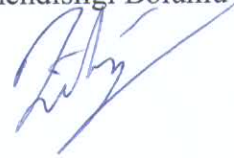
DEÜ Tıp Fakültesi



Dr. Ogr. Üyesi Mehmet Zübeyir ÜNLÜ

ÜYE

İYTE Elektrik ve Elektronik
Mühendisliği Bölümü



Prof Dr. Mehmet Hasan TATARI

YEDEK ÜYE

DEÜ Tıp Fakültesi

Prof. Dr. Funda TIHMİNLİOĞLU

YEDEK ÜYE

İYTE Kimya Mühendisliği Bölümü

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
TABLOLAR DİZİNİ	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
1.GİRİŞ VE AMAÇ:.....	3
2.GENEL BİLGİLER	5
2.1 Vidaların Tarihçesi.....	5
2.2 Vida nedir.....	5
2.3 Titreşimin etkisiyle kendinden çözülme olayı	7
3.GEREÇ VE YÖNTEM	14
3.1 Araştırmanın Tipi.....	14
3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı.....	14
3.3.Çalışma Metaryali	14
3.4 Çalışma Metaryallerini hazırlanması	15
3.5 Araştırmanın Değişkenleri	16
3.6 Veri Toplama Araçları	16
3.7 Verilerin Değerlendirilmesi	22
3.8 Araştırmanın Sınırlılıkları	23
3.9 Etik Kurul Onayı.....	23
4.BULGULAR.....	24

5.TARTIŖMALAR	29
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	32
7.KAYNAKLAR	33



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1- 50mm ortalama CV 2200 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu

Tablo 2 - 50mm CV ortalama 1400 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu

Tablo 3 – 45 mm CV ortalama 1200 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu

Tablo 4- 45mm CV ortalama 1000 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu

Tablo 5 - 30mm CV ortalama 600 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu

Tablo 6 - 3/8” Paslanmaz cıvata ve somun gevşeme testi tablosu

SEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 - Proximal Tibia implantı.....	4
Şekil 2 – Vida form çizimi.....	6
Şekil 3 – Mekanik olarak vida çalışma prensibi	6
Şekil 4 - Sonlu elemanlarda 3 boyutlu modeli.....	9
Şekil 5 - Somun ve cıvata arasındaki boşluk	10
Şekil 6 - Cıvata ve somunla birbirine sıkılmış bir sistemdeki parçaların hareketleri	13
Şekil 7- Sawbone numuneleri	15
Şekil 8 - Junker test makinası 1976	16
Şekil 9 – Titreşim etkisinde kayma oluşumu	17
Şekil 10 – Junker test makinası solidworks tasarım resimleri a)Eksantrik kısım b)lineer kısım c)Junker test makinası.....	18
Şekil 11 - Eksantrik kısım parçaları A1-A2) Mıl rulmanları , B) Eksantrik mil , C) Aktarım rulmanı	19
Şekil 12 - Alt tabla dik işlemde işlenirken	20
Şekil 13 - Alt tabla ve yük hücreleri ve kızakların taşlanmış milleri.....	20
Şekil 14 - Yük hücreleri ve kızak mili montaj edilmiş alt tabla ve eksantrik kısım	21
Şekil 15 - Yük hücreleri kalibrasyonu	21
Şekil 16 - Tasarlanan junker test makinası çalışırken.....	22

TEŞEKKÜR

Eğitim hayatımın ilk gününden beri yanımda olan aileme başta babam TAYFUN OKTAY ve FÜSUN OKTAY'a, ve 1990 dan beride bu hayatta hep yan yana yürüdüğüm kardeşim KEMAL OKTAY'a teşekkür ederim .

Tezimin hazırlanmasında değerli bilgi ve deneyimleriyle bana her konuda yardımcı olan anabilim dalı başkanı ve danışmanım olan Prof. Dr. Hasan HAVİTÇİOĞLU'na teşekkür ederim.

Bölüme başladığım ilk günden beri bana her konuda yardımcı olan arkadaşım Buğra Hüsemoglu'nada teşekkür ederim.

Onur OKTAY

Haziran 2019

ORTOPEDİK İMPLANTLARIN GEVŞEMESİNDE TİTREŞİMİN ETKİSİ

Onur OKTAY ,

Sağlık Bilimleri Fakültesi ,

123/4 sok. No.5 D.10 Poligon İzmir

ÖZET

Amaç:

Vidalı sistemler günümüzde otomotiv, havacılık ve sağlık gibi çok farklı sektörlerde kullanılmaktadır. 1900'li yıllardan sonra, vida gibi bağlantı elemanlarının kullanıldığı alanların artması ve karmaşıklaşmasının bir sonucun olarak bu sistemlerin zayıflıklarının ortaya çıkmaya başlamıştır. Bunlardan en önemlisi ise vidalı sistemlerin yükler altında kendiliğinden gevşemesidir. 1950'lerden günümüze kadar bu konu hakkında çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır ve halen daha yapılmaktadır. Bu yapılan çalışmalar sonucunda kendi kendine gevşemenin 3 ana sebebi olduğu konusunda fikir birliği olduğu söylenebilir. Bunlar titreşim, darbe ve sıcaklık değişimidir.

Literatür detaylı olarak incelendiğinde vidalı sistemlerin genellikle farklı yükler altında çalıştığından dolayı, gevşemenin en önemli sebebi olarak titreşim gösterilmektedir. Titreşimle gevşeme üzerine yapılan çalışmaların çoğu cıvata ve somun ikilisi üzerinde yapılmıştır. Ortopedi sektöründe de vidalı sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda ortopedi alanında kullanılan vidaların titreşimle gevşemesi üzerine bir çalışmanın olmaması ve stabilitenin ortopedide çok önemli olmasından yola çıkılarak, titreşimin ortopedik implantlarda kullanılan vidalar üzerindeki etkisini inceleyecek bir makinanın tasarlanması ve bu incelemelerin yapılması amaçlanmıştır. Literatürdeki çalışmalara paralel sonuçlar elde edeceğimizi düşündüğümüz bu çalışmada Junker test makinası sawbone ve kortikal vidalı bir sistemi test edebilecek şekilde tasarlanıp imal edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ortopedideki vida sistemlerinin de tahmin edildiği gibi benzer davranışlar sergilediği, titreşimli yükler altında gevşeme eğiliminde oldukları ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler : ortopedi, vida, titreşim, gevşeme

VIBRATION EFFECTS ON THE ORTHOPEDIC IMPLANTS LOOSENING

ABSTRACT

Screw are used in different industries like automotive, aerospace, health etc. After 1900 as a result of the increase and complexity of the areas where the systems such as screws were used, the weakness of the screws started to research. The most important of there is the self-loosening of the screw type systems under vibratory conditions. After the researches ,there is a consensus about three main reasons for self-loosening. There are vibration, shock and temperature changes.

The literature is examined in detail, result of this examination the vibration is showed the most important reason for self-loosening as the screw systems work under different loads. Most of the research about self-loosening are made by nut and bolts. In orthopaedics we generally used screw systems to fasten our implant to bone. As a result of my researches on literature, there is not any study about the self-loosening of the screws under vibratory conditions which are used in orthopaedic and the loosening is very important issue because of there reasons we aim to design a test machine and investigate the effects of vibration on the screws used in orthopaedic implants. We think that we will achive similar results like other studies in literature. Junker test machine is used in our study which is accepted as a vibration test machine for DIN25201. We redesign a new junker test machine that we can test sawbone and screw. As a result of the the study, we verify that our hypothesis is true , they exhibit similar behaviour under the vibratory conditions.

Keywords : orthopaedics, screw, vibration, loosening

1.GİRİŞ VE AMAC:

Vida ve benzeri elemanlarla sabitlemesi yapılan sistemler günümüzde sağlıktan inşaatı kadar çok farklı sektörlerde karşımıza çıkmaktadır. Bu tür sabitleme sistemlerinin kullanıldığı sektörler karmaşıktıkça bu sistemlerin zayıflıkları ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu zayıflıklardan en önemlisi ise vidalı sistemlerin yükler altında kendiliğinden gevşemesidir. Özellikle havacılık ve uzay sektörünün gelişmesiyle vidaların kendi kendine gevşemesi üzerine yapılan çalışmalar artmış ve nedenleri hakkında çok farklı teoriler ortaya atılmıştır. Diğer sektörlerde olduğu gibi vidalar ortopedi dalında da sıkça kullanılmaktadır.

İki cismi birbirine vidayla bağlamak için uyguladığımız kuvvete ön gerilme kuvveti denir. Ön gerilme kuvveti vidanın boyunda uzama ve birbirine bağlanan elemanlar arasında kompresyon kuvvetine dönüşür bu sayede sistem dengede ve stabil bir şekilde kalır. Sistemin üzerindeki ön gerilme kuvvetine, dışarıdan herhangi bir kuvvete etki ettiğinde ise sistemin stabilitesi bozulur ve bu sebeple sistemdeki ön gerilme kuvveti azalmaya başlar. Azalan ön gerilme kuvveti sistemin çözülmesi demektir. Bu olay vidalı sistemlerin yükler altında kendiliğinden gevşemesi olarak adlandırılır. Kendiliğinden gevşeme olayının çok farklı sebepleri vardır. Bunlardan en önemlileri, tekrarlı yükler, darbe ve ısı değişimleridir. Literatür tarandığında titreşimin bu sayılan sebeplerden en önemlisi olarak gösterilmesinin yanında, ortopedide kullandığımız vidalarda sıcaklık değişimi ve darbe etkilerinin az olmasından dolayı bu çalışmada titreşimin etkileri üzerine yapılmıştır.

Sisteme dışarıdan etkiyen titreşim kuvveti sistemi zamanla bası ve çeki kuvvetlerinin etkisi altında bırakır. Bu sürekli tekrarlanan ve değişen kuvvetler flanş ve dişlerin helis açıları nedeniyle 3 bileşene ayrılır. İlk bileşen civatanın ekseni boyunca olurken, ikincisi yüzeylere teğet ve üçüncüsü ise radyal yöndedir. İlk bileşen civatanın şaftını uzatırken, diğer iki kuvvet dişlerin formunu deforme etmeye çalışmaktadır. Stabil olan sistemimizde, bu kuvvetler sonucunda radyal yada teğetsel yönlerde bağlı bir hareket meydana gelirse, sistemdeki sürtünme bağı kalmayacağından vida serbest bir şekilde dönebilir. Buda sistemdeki ön gerilmenin azalmasına, yani sistemin gevşemesi anlamına gelmektedir.

Titreşimin basitçe iki düzlemde olduğunu düşünürsek;

-Dikey yüklenmeler sonucunda bağlanan yüzeylerde ve dişlerin arasında radyal yönde kayma hareketleri oluşur. Bu uygulanan kuvvetlerin sebebiyle vida boyunda uzama ve bu

yüzden vida kesitinin daralması, ayrıca yan yüklerin etkisiyle sabitlendiği yüzeyin duvarlarında genişleme gözlenmektedir. Vida boyundaki uzama ve pasolandığı yerin duvarlarındaki genişlemeler zamanla sistemin çözülmesine neden olur.

-Yatay yüklenmelerde ise sistemin kendi içindeki hareketi dişlerin arasındaki maksimum yer değiştirme kadardır. Sisteme uygulanan kuvvetler yüzünden büyük yer değiştirmelerle karşılaşılabilir buda sistemdeki parçalar arasındaki sürtünme bağının ortadan kalkmasına sebep olur. Enine uygulanan bu kuvvetlerin sonucunda diş boşlukları ve flanşlarında bir hareket meydana gelir. Bu hareketlerin güçleri yeterli büyüklüğe ulaştığında ise sistem üzerinde herhangi bir sürtünme kuvveti etkisi kalmadığından sistem çözülmeye başlar. Dikey yüklenmelerden farklı olarak bu yüklenmelerde sistemdeki parçalar kaymaya başladığında dişler arasındaki sürtünme kuvveti de yok olacaktır.

Ortopedide kullanılan vidaların çoğu Şekil 1’de gösterildiği gibi yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Gündelik yaşam sırasında tedavi amaçlı kullanılan vidaların, makinalarda kullanılan vidalar gibi sürekli olarak dinamik yüklere maruz kalmaktadır. Bu tezimizde makinalarda kullanılan vidaların dinamik yükler sonucunda gevşemesi olayının benzerinin, ortopedide kullanılan vidalarda da gerçekleşip gerçekleşmediği, gerçekleşiyorsa da sürecin nasıl işlediği incelenmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 1 - Proximal Tibia implantı

2.GENEL BİLGİLER

2.1 Vidaların Tarihçesi

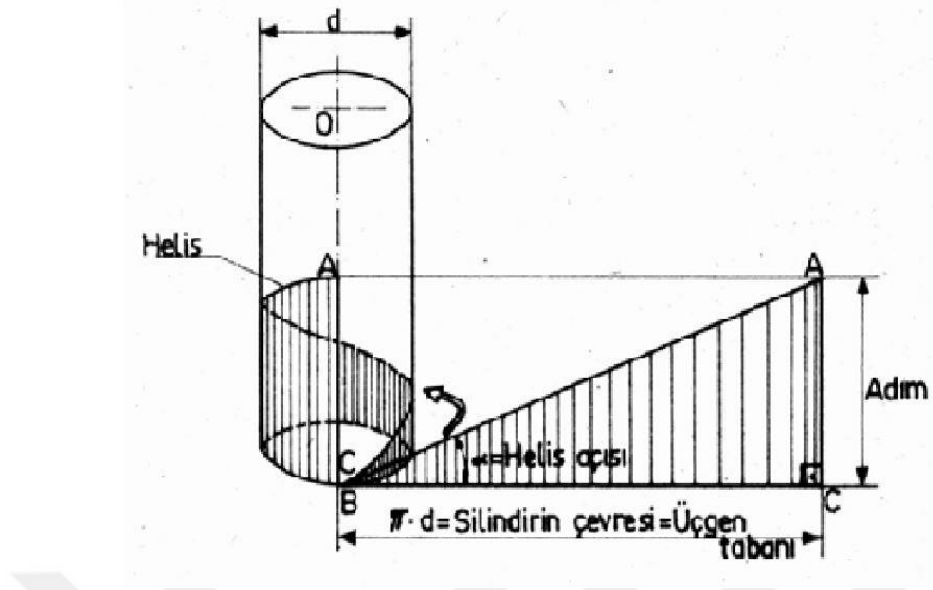
Vidalar 3000 yıldan fazladır kullanılmakta olan bağlantı elemanlarıdır. İlk vida M.Ö. 1000 yılında Fırat ve Dicle nehirlerinin bulunduğu bölgede su tedarik etmek amacıyla kullanılmıştır.[1] Daha sonralarında Yunanlılar tarafından zeytinleri ezerek yağını çıkarmada kullanılmıştır. Leonard da Vinci'ye kadar genellikle bir şeyleri bir yerden başka bir yere aktarmak için yani besleyici sistemler olarak kullanılmıştır. Leonard da Vinci ile kare hatveli vidalar kullanılmaya başlanmıştır. [2] Vidaların hakkındaki en önemli gelişme ise Leonardo dan 100 sene sonra Avrupalı silah üreticilerinin vida hatveleri kareden üçgene çevirmesiyle olmuştur. Böylece kullanım alanları artmaya başlamıştır. Günümüzdeki bilinen en yaygın uygulama şekli olan bağlantı elemanı olarak kullanımının kabulü ise 1779 yılında İngiltere Telford'daki "İron Biridge" inşaatında kullanılmasından sonra olmuştur.

2.2 Vida nedir

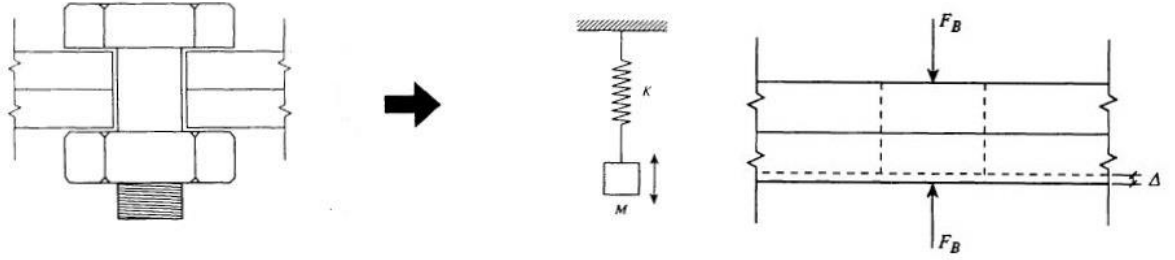
Vida form olarak silindirik bir yüzeyin dışına açılmış helisel oyuklu bir sisteme denir. Vidanın oluşumunu sağlayan helis ise bir dik üçgene ait dik kenarın bir silindir çevresine sarıldığında üçgene ait hipotenüsün oluşturduğu eğridir. (Şekil 2) [3]

Vidalar mekanik olarak ise basitçe bir yay gibi çalışmaktadır (Şekil 3). Üzerlerine uygulanan sıkma kuvveti ile elastik olarak form değiştirir ve bu kuvvet sayesinde sistemlerin birbirine bağlanmasını sağlar.[4]

Vidaların kullanımın sağladığı çok fazla avantaj vardır. Montajı ve sökülmeleri kolaydır, ucuzdurlar, temin edilmeleri ve imalatları kolaydır. Diş formları sayesinde çok basit bir şekilde sıkma torku uygulanarak bu sayesinde yüksek kitleme yükü oluşturulabilmektedir. Kullanım alanlarının artması ile bu sistemlerin dışarıdan gelen yükler tarafından gevşedikleri gözlemlenmiştir. Genel olarak darbe, sıcaklık değişimleri ve titreşim sebebiyle gevşediği üzerine literatürde çalışmalar bulunmaktadır.



Şekil 2 – Vida form çizimi



Şekil 3 – Mekanik olarak vida çalışma prensibi

Vidaların gevşeme sebepleri üzerine çok çeşitli çalışmaların olmasına rağmen ilgili literatür incelendiğinde henüz tam olarak bir açıklama mevcut değildir. Şu ana kadar üzerinde çalışılmış teoriler vida dişlerinin arasındaki sürtünme kuvvetinin dışarıdan etkiyen kuvvetler nedeniyle kaybolması ve bunun gevşemeye neden olduğu üzerinde ortak bir fikirde birleşmişlerdir, ama bunun oluşum nedenleri hakkında kesin bir fikir birliği bulunmamaktadır. Titreşim sonucunda vida üstündeki yükün yavaş yavaş azalacağı genel olarak kabul görmüş ve bunu incelemek için çok farklı deney yöntemleri belirlenmiştir.

Vidalar sayesinde birbirine bağlı olan sistemlerde, vida üzerindeki çekme kuvveti ile bağladığı parçalar üzerindeki sıkma kuvveti birbirini dengeler ve bu sayede sistem stabil kalmaktadır. Bu kuvvetlere ön gerilme kuvveti denir. Zamanla dışarıdan etkiyen kuvvetler nedeniyle bu kuvvetin azalmasına da çözülme olayı denmektedir.

Çözülme olayının başlaması için üç ana neden gösterilmektedir.[5]

-Sisteme etki eden darbe kuvveti.

-Sistemdeki sıcaklık değişimleri çözülmeye sebep olabilir.

-Sisteme etki eden titreşim kuvvetleri civata ve somun gibi bağlantı yüzeylerinin kaymasına neden olması ve sistemin çözülmesi. Biz bu çalışmamızda titreşimin etkilerine bakacağız.

2.3 Titreşimin etkisiyle kendinden çözülme olayı

Literatür araştırmalarında titreşimin gevşeme üzerindeki etkilerine dair yapılan çalışmaların çoğu vida ve karşılık elemanı yerine sabitleme elemanının standart olmasından dolayı civata ve somun ikilisiyle yapılmıştır.

Bu çalışmamızda inceleyeceğimiz titreşimin etkisi ilk olarak 1945 yılında Goodier ve Sweeney tarafından dinamik olarak yüklü civatalar üstünde yapılan çalışmalarla başlamıştır. [6] Yaptıkları ilk çalışmalar civataların kendi kendine çözülmesini kısmi olarak açıklamaktadır. Aksiyel olarak yüklenmiş civatalara titreşim uygulandığında somun veya yatak yüzeyleri arasında radyal kayma hareketlerinin oluştuğunu ve bununla gevşemeye sebep olabileceğini ortaya atmışlardır. Bunun sebebi olarak da uygulanan aksiyel yükün sonucunda Possion oranına göre somunun duvarlarında oluşan genişlemeyi göstermişlerdir.

1964 yılında Hongo[7] metrik 20 diş sahip sistemleri 250 ile 3000 kg arasındaki farklı kuvvetlerle 100 kez yüklenerek bir deney yapmıştır. Çalışmasında civata üzerine yapıştırılmış bir ayna yardımıyla civatada dönme olup olmadığını araştırmıştır. Çalışması sonucunda herhangi bir hareketin gözlemlenmediğini belirtmiştir. Godier ve Sweeney ise yaptıkları benzer deney sonucunda 6.28×10^{-3} radyan gevşeme olduğunu rapor etmişlerdir. Godier ve Sweeney'in çalışmaları Hongo tarafından kabul edilmemiştir.

1966 yılında ise Paland farklı dişler ile yaptığı deneyler sonucunda aksiyel yüklenmiş bağlantı elemanları için somunun yüzeyine teğet gerginliği ölçerek gevşeme hakkında aritmetik bir formül oluşturmuştur.[8] Vardığı sonuç ise yüklü somunların elastik olarak yataklama yüzeylerinin yanından radyal yönde genişledikleri şeklindedir.

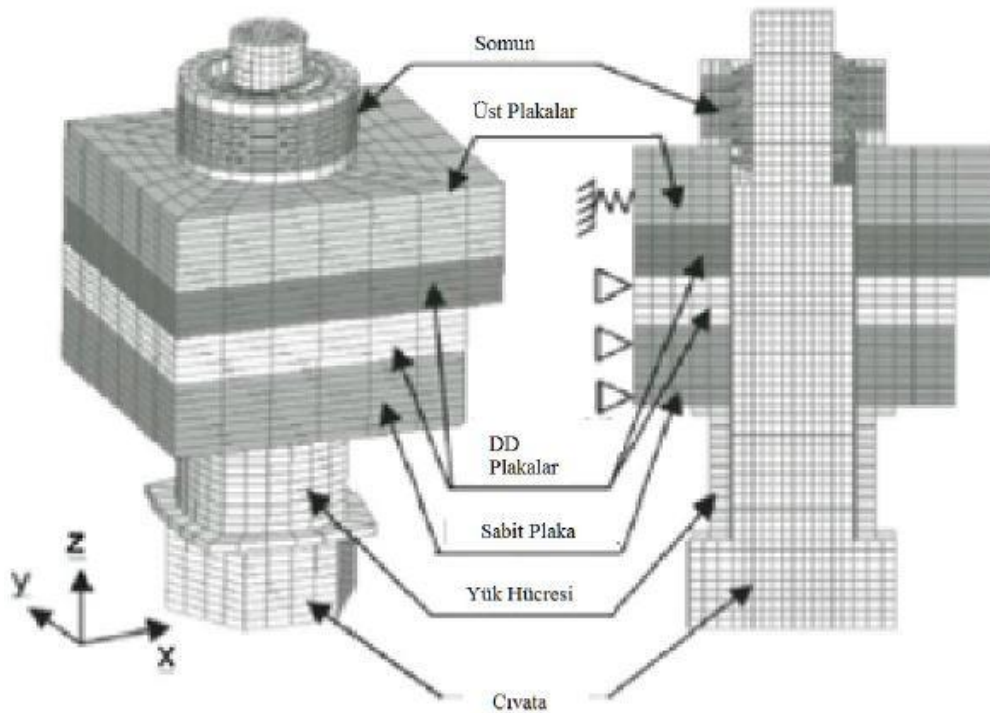
1969 yılında Junker gevşemeyi yan yüzeylerin arasındaki sürtünmeden yola çıkarak açıklamıştır.[9] Junker'a göre gevşemenin asıl sebebi birbiriyle etkileşim halindeki iki katı cisminin arasındaki sürtünmeyi açıklayan fizik kanunudur. İki cisim arasındaki sürtünme kuvveti dışarıdan gelen bir yöne doğrultusundaki bir kuvvet tarafından aşılsa, uygulanan bu kuvvetten dolayı sürtünme kuvvetinden daha düşük bir değerde tam tersi yönde bir hareket gerçekleşir. İlk yaptığı deneylerde enine kuvvetlerin çözülmede daha etkili olduğunu farketmiş ve test düzeneğinin bu şekilde kurulması gerektiğini önermiştir. İlk tasarladığı makinada iki adet plaka birbirine numune bir civatayla bağlanmıştır, yük hücresi ile ön gerilimdeki azalmayı, ilk yüklenmeyi ve yer değiştirmeyi incelemiştir.

Sakai ve arkadaşları, vidalı sistemlerde kullanılan elemanların sürtünme katsayıları üzerine çalışmalar yapmışlardır.[10] Çalışmalarında sistemdeki yağlamanın işlevi, dağılımı ve sürtünme katsayısı üzerinde yarattığı değişimler incelenmiştir. Kaplamalar sonucunda bazı malzemelerin sürtünme katsayılarının düştüğü düşünülerek bu tür sistemler için farklı çalışmalarda yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmalar sürtünme katsayısının önemi ve tespit edilmesi hakkındaki çalışmalara öncülük etmiştir.

En kapsamlı araştırmalardan biri NASA için 1995 yılında Jenkins ve Ramey tarafından yapılan çalışmadır.[11] Bu çalışmalarda civataların titreşim ile çözülmesinin nedenlerinin anlaşılması için farklı parametreler incelenmiştir. Bu araştırmadaki testler Marshall Space Flight Center (MSFC) de bulunan Yapısal test biriminin dinamik laboratuvarlarında yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda civata ile sıkılan test numunelerinin titreşim altında bir süre sonra gevşedikleri gözlemlenmiştir. Testte kullanılan her numune Taguchi deney metodoloji baz alınarak on bir tasarım parametresinin değişik kombinasyonlarıyla test edilmiştir. Çözülmelerdeki en önemli bu on bir parametre; civatanın boyu, ön gerilme değeri, hatve, bağlantı şekli, civatanın çapı, sıkılık derecesi, civatanın dişleri üzerindeki yağlama etkisi, sıkılan parçalar arasında yağlamanın etkisi, boşluk toleransı, kütle konfigürasyonları ve somun olarak kullanılan kilitleme parçasıdır. Testte kullanılan bütün tasarımlarda her numune için iki parametre belirlenmiş ve bu tasarımlar 2 farklı yönde ve ivme değerindeki titreşim ile test edilmiştir. Deneylerde hata olabileceği düşünülerek her tasarım için birde yedek tasarım oluşturulup test edilmiştir. Bu sayede 96 adet tasarım testi yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda; bağlantı şekli, somun yerine kullanılan sistemlerin önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

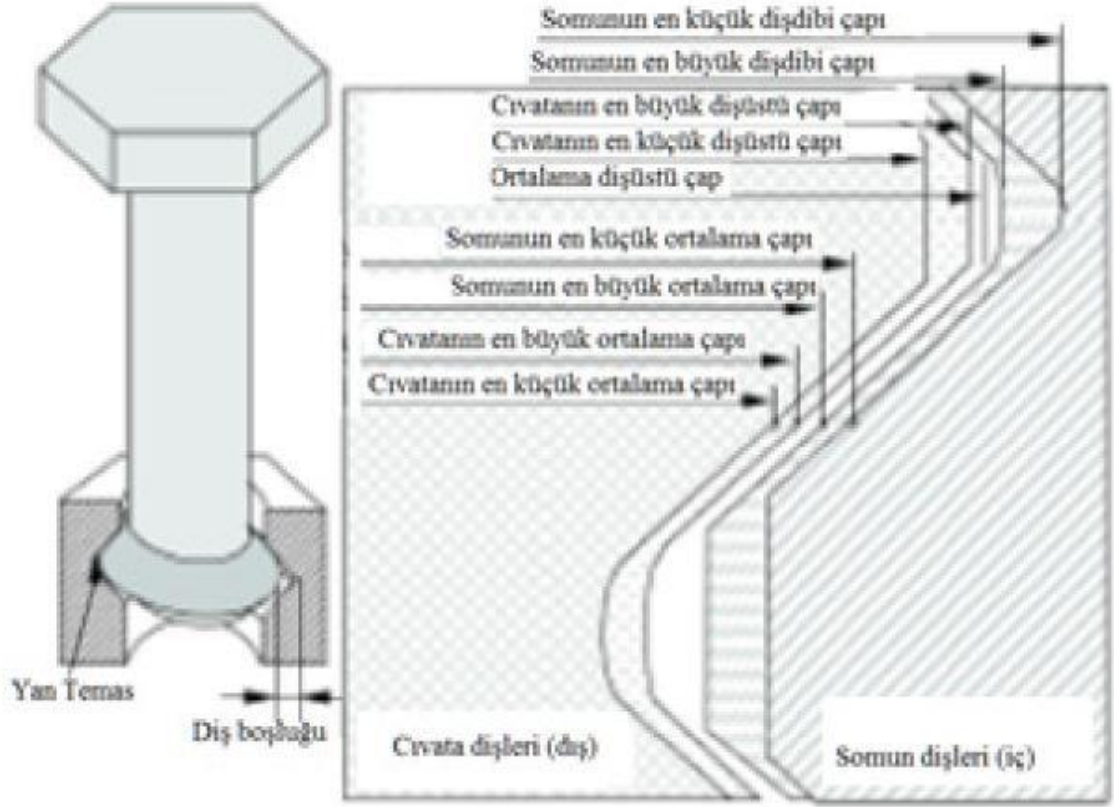
2002 yılında Pai ve Hess yaptıkları çalışmada düşük derecedeki kayma yüklerinin dahi kendi kendine çözülmede etken bir rol oynadığını göstermiştir. Bu sebeple çalışmalarında bu duruma dikkat edilmesi gerektiğine işaret etmiştir. [12]

2007 yılında ise Zhang ve arkadaşları sonlu elemanlar modeli yöntemi ile yapılan araştırmalara ek olarak helis açılarının da çözülme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.[13] M12*1,75 civata ve somun kullanılarak yapılan bu çalışmada sistem kayma ve yanal kuvvetler etkisinde bırakılmıştır. Ön gerilmenin uygulanması olayı, ortogonal genişleme sıcaklık metodu kullanılarak benzetilmiştir. Yapılan sonlu eleman analizleri civatalar ile birbirine bağlı iki levhanın arasındaki yer değiştirme ile oluşturulan titreşimin farklı ön gerilmelerdeki durumları üzerinde yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda sürekli uygulanan yanal yük, yani titreşim sonucunda küçük kaymaların meydana geldiği belirlenmiştir. Maruz kalınan bu yanal yükler dişlerin birbirine temas ettikleri yüzeylerdeki yükleri değiştirmiş buda sistemin stabilitesinin bozulduğunu göstermiştir. Bu çalışma sonucunda kendiliğinden çözülme olayının nedenleri olarak dişlerin temas yüzeylerindeki yüklerin değişmesi ve dişler arasındaki küçük kayma hareketleri gösterilmiştir. Tasarlanan sonlu elemanlar örneği şekil-4 de görülmektedir.



Şekil 4 - Sonlu elemanlarda 3 boyutlu modeli

Nassar ve Housar ise titreşimle gevşeme üzerindeki çalışmalarında delik boşluk ve toleransları üzerine çalışmışlardır. (Şekil-5) [14]



Şekil 5 - Somun ve civata arasındaki boşluk

Lineer olmayan bir kapak ve karşılığı şeklinde bir model üzerindeki titreşimle sistemdeki ön gerilmenin azalmasını incelemeye çalışmışlardır. Yaptıkları deneylerde farklı sıkma torklarının ve ön gerilme değerlerinin yanal yüklere karşı etkilerini incelemişlerdir. Analitik olarak hesapladıkları sonuçlarla deneyler sonunda elde ettikleri sonuçları karşılaştırdıklarında titreşimle gevşemeyi doğru analiz ettikleri ve önerdikleri model ile titreşim altında gevşemeyi izah edebildiklerini göstermişlerdir. Hem deneysel hem de matematiksel olarak elde ettikleri sonuçlar incelendiğinde sistem ne kadar sıkı bir şekilde bağlanırsa çözülme olayı da tam tersi

oranda daha az meydana gelmektedir. En dikkate değer bilgi ise matematiksel olarak dişler arasındaki boşluğun artışına göre gevşeme olayının katlanarak artmasıdır.

Sanclemente ve Hess titreşimle civata somun ikilisinin gevşemesi üzerine çalışmalar yapmışlardır.[15] Çalışmalarında;

-Bağlamada kullanılan parçaların elastisite modülleri

-Nominal çap

-Sıkma torku

-Yağlama

-Delik boşluğu

Gibi başlıkları incelemişlerdir.

Yaptıkları deneyler sonucunda kendi kendine gevşeme konusunda en önemli iki başlığın sistemin elastisite modülü ve sıkma torku olduğunu belirlemişlerdir. Yaptıkları bu araştırmanın sonucu olarak ta gevşemenin önlenmesi için önem sırasına göre sıkma torkunun yüksek olması, kullanılan malzemelerin elastisite modülünün düşük olması, büyük çapta malzemeler kullanılması, yağlama ve sıkı geçmesi ortaya çıkmıştır.

2010 yılında ise Sawa ve diğerleri deneysel ve teorik olarak vidayı titreşim altında şaftı boyunca zorlayan ve çözülmesine sebep olan olayları incelemişlerdir. Özellikle kilitleme mekanizması altında kalan yüzeylerin açılı olması durumu üzerinde çalışmışlardır. Uygulamalarda ihmal edilen bu durumla sık sık karşılaşmaktadır. Sonlu elemanlar analizi ile $0,20^\circ - 3^\circ$ dereceler arasında açıları değişen sistemler incelenmiştir. Elde edilen veriler ise Junker test makinası ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılıp doğrulanmıştır.[16]

Aynı ekip bu sefer Ishimura önderliğinde çözülme olaylarını sonlu elemanlar ve deneylerle incelemişlerdir. Deneylerde en çok kullanılan altı köşe başlı civataları kullanmayı tercih etmişlerdir. Yaptıkları araştırma sonuçlarında sıkarken uygulanan tork kuvvetiyle çözülmenin paralellik gösterdiği basitçe artan tork kuvveti daha zor çözülmeye sebep olduğu sonucuna varmışlardır. Diğer çalışmaların tersine eksantrik somunların daha zor çözüldüğün sonucuna da varmışlardır.[17]

Takahashi ve diğerkleri dört ana adımdan oluşan bilgisayar analizli bir model tasarlamışlardır.[18]

-Cıvata sıkma olayı tanımlanır.

-Problem analizi yapılır , tespit edilen problem görselleştirilip test edilir.

-2 boyutlu sonlu elemanlar modeli ile simülasyon yapılır

-3 boyutlu sonlu elemanlar modeli ile simülasyon yapılır

Hotori ve arkadaşları ise vida sistemleri ile birbirine bağlanan iki parçanın arasındaki yüzeylerdeki kaymaların sistemi gevşetecek şekilde olduğunu ve sistemin sabitliği için uygulanan ön gerilme kuvvetinin bu yükler sebebiyle azaldığını ortaya koymuştur.[19] Deney düzenekleri şekil-6 da görebilirsiniz. Titreşimle yapılan gevşeme araştırmalarında bir yenilik olarak civataya straining yerleştirmişlerdir.

Smith ise deneylerinde yağlanmış ve yağlanmamış civataların titreşime karşı davranışlarını incelemiştir. Yaptığı çalışmalarda hem matematiksel hem de deneysel olarak yağlanmış civatalara daha fazla tork aktarılabileceğini hesaplayıp kanıtlamıştır. Bu sistemlere aktarılan fazladan torkun çözölme üzerinde daha önceki çalışmalarda da olduğu gibi bariz bir azaltıcı etkisi olmuştur. [20]

Shoji ve Sawa 2011 yılında Abaqus programını kullanarak civataların sıcaklık ve dış kuvvetlerin etkileriyle kendi kendine çözölme olayını incelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda;

A) Kullanılan somunlarda yatay bir yükün etkisi altındayken daha zor çözölüğü.

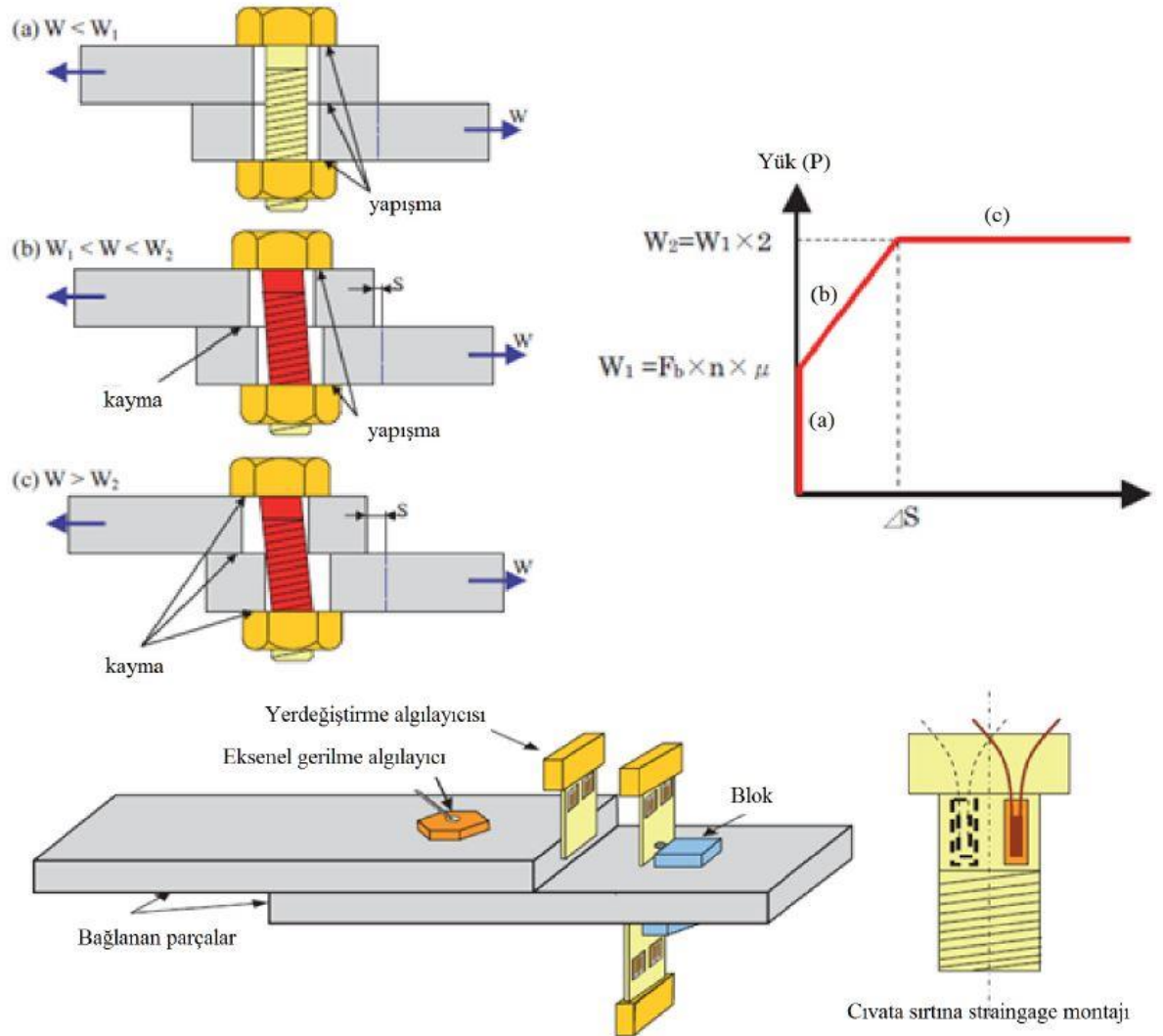
B) Çözölme olayının statik ve dinamik koşulların her ikisinde de, dişler arasında olan kesme ve değişen sürtünme kuvvetleri ile alakalı olduğu;

C) Sürtünme bağının korunması gerektiği

D) Bağlantı elemanı olarak kullanılan sistemlerin arasında oluşan ve oluşabilecek sıcaklık değişimlerinin kendiliğinden çözölmeye neden olduğu.

E) Sistemin gevşemesinde gerilme değeriindeki değişimlerin etkisinin fazla olmadığı.

F) Sistemdeki elemanlar arasındaki radyal yöndeki hareket değişken kayma gerilmesi ürettiğinden kendi kendine çözülmede etkili olduğu. [21]



Şekil 6 - Civata ve somunla birbirine sıkılmış bir sistemdeki parçaların hareketleri

Yokoyoma ve arkadaşları ise 2012 yılında titreşimle gevşeme konusu üzerinde 3 boyutlu sonlu elemanlar programını kullanarak bu durumu analiz etmişlerdir. Ayrıca test ettikleri durumu birebir olarak deneyebilecekleri birde test düzeneği kurmuşlardır. Yaptıkları çalışmalar ön gerilme ile somunun dönme açısı arasındaki bağlantıları doğrulamıştır.[22]

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Tipi

Çalışmada hiçbir canlı materyal kullanılmayacağı için deneysel bir araştırmadır.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırmada kullanılacak olan deney düzeneği SiemensNX programında tasarlanıp Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyomekanik Laboratuvarımızdaki makinelerde işlenmiştir ve orada toplanmıştır. Testler imalatı yapılan bu makinayla gene aynı laboratuvarda yapılmıştır. Tez çalışmaları 06/11/2018 de başlamış 22/05/2019 Tarihinde tamamlanmıştır.

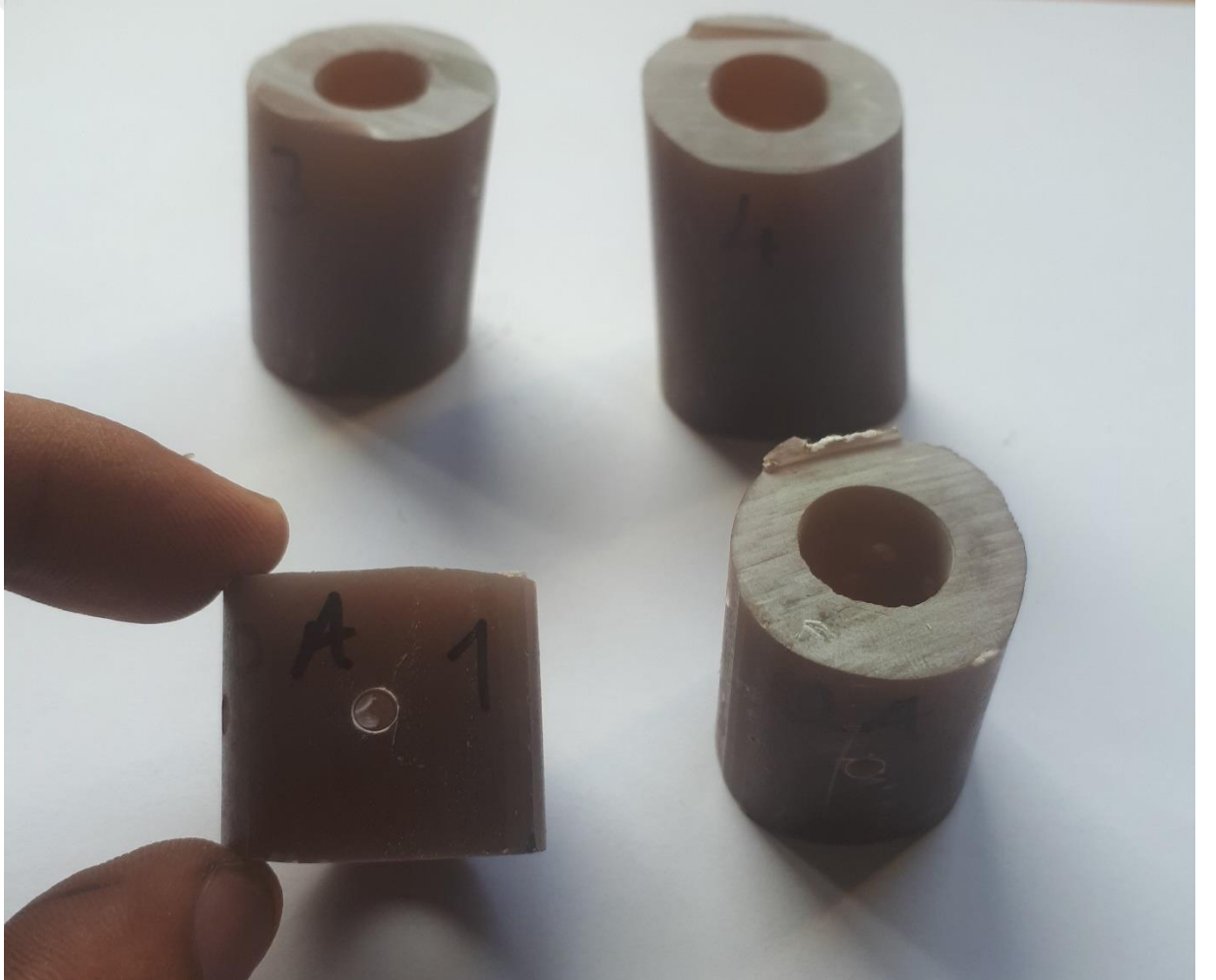
3.3.Çalışma Materyali

Araştırmada kullanılan vidalar Ø4,5 kortikal büyük vidalar olarak adlandırılmaktadır. ASTM F.138-ISO 5832/1 sertifikalı paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş bu vidalar hegzagonal AA 3,5mm ağızlı tornavida ile uygulanmaktadır. Diş üstü çapları 4,5mm olan bu cıvataların kafa çapları ise 7,9mm dir. Bu çalışmamızda bu tip vidalardan uzunlukları 30 mm, 40mm ve 50 mm olan (10802011011 – 10802011016 -10802011021 kodlu) vidalar kullanılmıştır.[23]

Sawbonelar ise Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyomekanik Laboratuvarından temin edilmiştir. Kullanılan sawbonelar 4. Nesil komposit 17pcf sert köpük çekirdekli femur tiptir. Merkezinde 9mm bir kanal vardır ve toplam boyu 375mm'dir.

3.4 Çalışma Metaryallerini hazırlanması

Araştırmada kullanılacak sawbonelar, bir adet femur sawbonenun şaft kısmından alınmıştır. Bu sayede sawboneda kalınlıkları sawbonun hangi bölümünde olduğuna göre değişen süngerimsi doku test dışında tutulabilmiştir. Bu sayede daha stabil sonuçların alınması hedeflenmiştir. Femur şaftından alınan 4 adet numune sırasıyla 20mm 30mm 40mm ve 40mm olarak kesilmişlerdir. Şekil7 de görüldüğü üzere alınan numuneler vidaların uygulanması için, vidaların kullanım şeklinde belirtildiği gibi öncelikle 3.2 mmlik matkapla kılvez delikleri açılmıştır. 1 numaralı umune yüzeyde birer adet olacak şekilde 60° açıyla 6 yüzeyde toplamda 6 adet , diğer numunelerde ise yüzeyde 2 adet olacak şekilde 6 yüzeyde toplamda 12 adet delik açılmıştır. Delikler arası mesafe birbirini etkilememesi için minimum 15mm olarak alınmıştır.



Şekil 7- Sawbone numuneleri

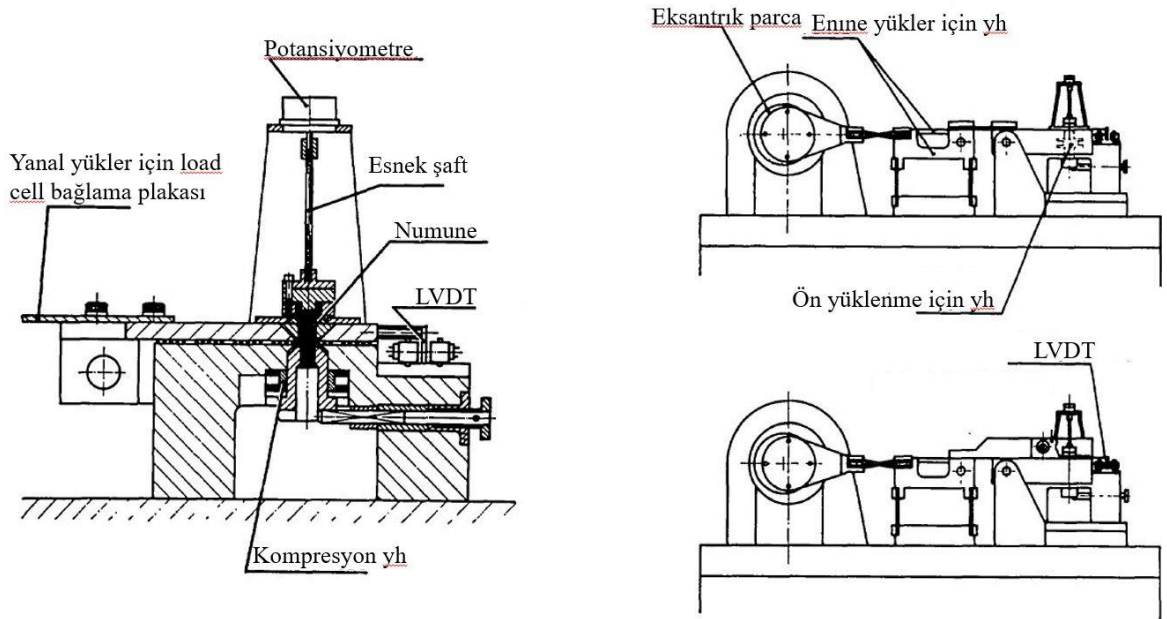
3.5 Araştırmanın Değişkenleri

Bağımlı değişkenler: Test düzeneğinde kullanılacak olan vidalar ve sawbone bağımlı değişkenlerdir.

Bağımsız değişkenler: Sıcaklık, junker test düzeneği bağımsız değişkenlerdir.

3.6 Veri Toplama Araçları

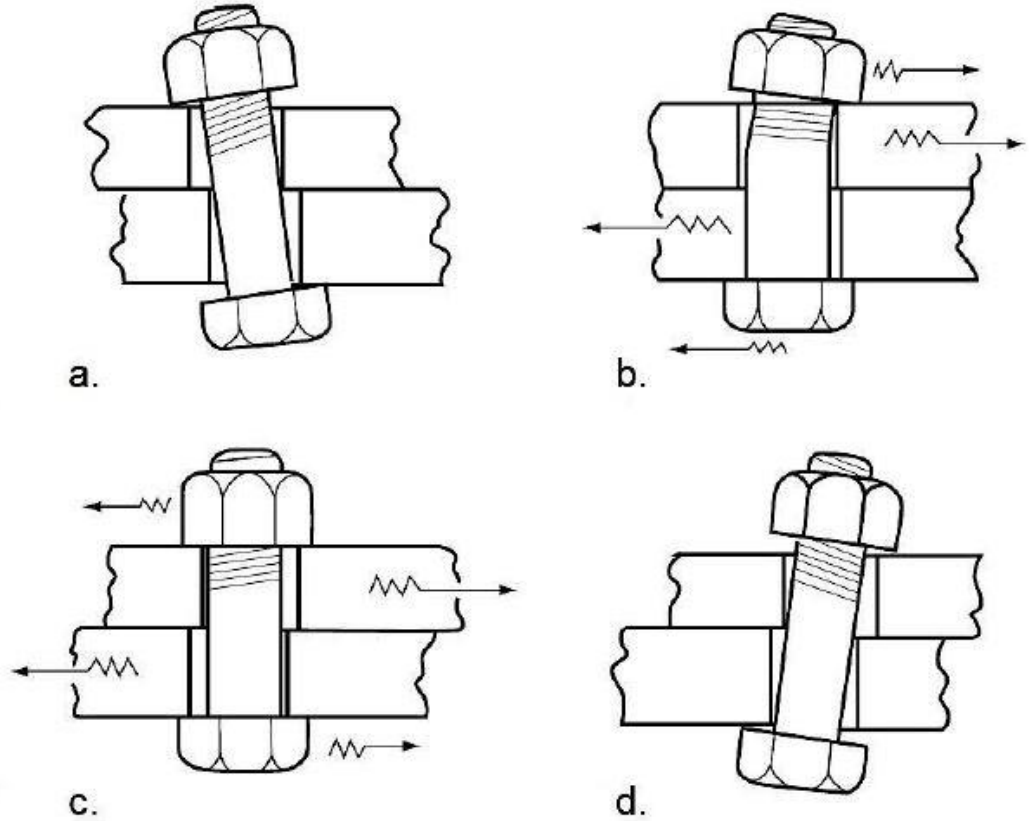
Araştırmamda kullanılacak test makinasının literatürde kabul görmüş Şekil 8 'deki Junker test makinasının kullanılacak ekipmanlara göre yeniden tasarlanıp imal edilecek bir modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Junker test makinası motorla oluşturulan kuvveti eksantrik mil yardımıyla tek düzleme indirgeyerek birbirine cıvata ve somun gibi bağlantı elemanlarıyla bağlanan iki plakalı bir sisteme yanal yüklenmeler uygulanarak cıvataların gevşemesini inceleyen bir sistemdir.



Şekil 8 - Junker test makinası 1976

Sistem çalışmaya başladığında bağlantı elemanı olarak kullanılan vida yada cıvata Şekil-9 deki gibi, ilk önce Şekil-9/a daki formdan ikinci forma geçerken cıvata parçalarının hareketinden dolayı sağa doğru Şekil-8/b deki gibi form değiştirir. Aynı hareketler tam tersi yönde de tekrarlanır ve bu döngü defalarca devam eder. Sonunda bu kuvvetler dişler arasındaki

sürtünme kuvvetini aşar ve cıvata Şekil-9/c deki gibi düzelir ve somunla tam tersi tarafa hareket eder. Eğer ortamda yeteri kadar kuvvet var ise cıvata başı ile bağlandığı yüzey arasındaki sürtünme kuvveti ortadan kalkar ve bağlandığı düzleme karşı kaymaya başlar ve somunda bu sırada cıvatanın dişleri üzerinde kayarak uygulanan ön yükü boşaltmaya başlar. Sonra sistem gene Şekil-9/d deki gibi yeni bir döngüye başlamak için hazırdır. Sistem ön gerilme kuvvetini sıfırlayana kadar bu şekilde potansiyel enerjisini yavaş yavaş kaybetmeye devam eder.



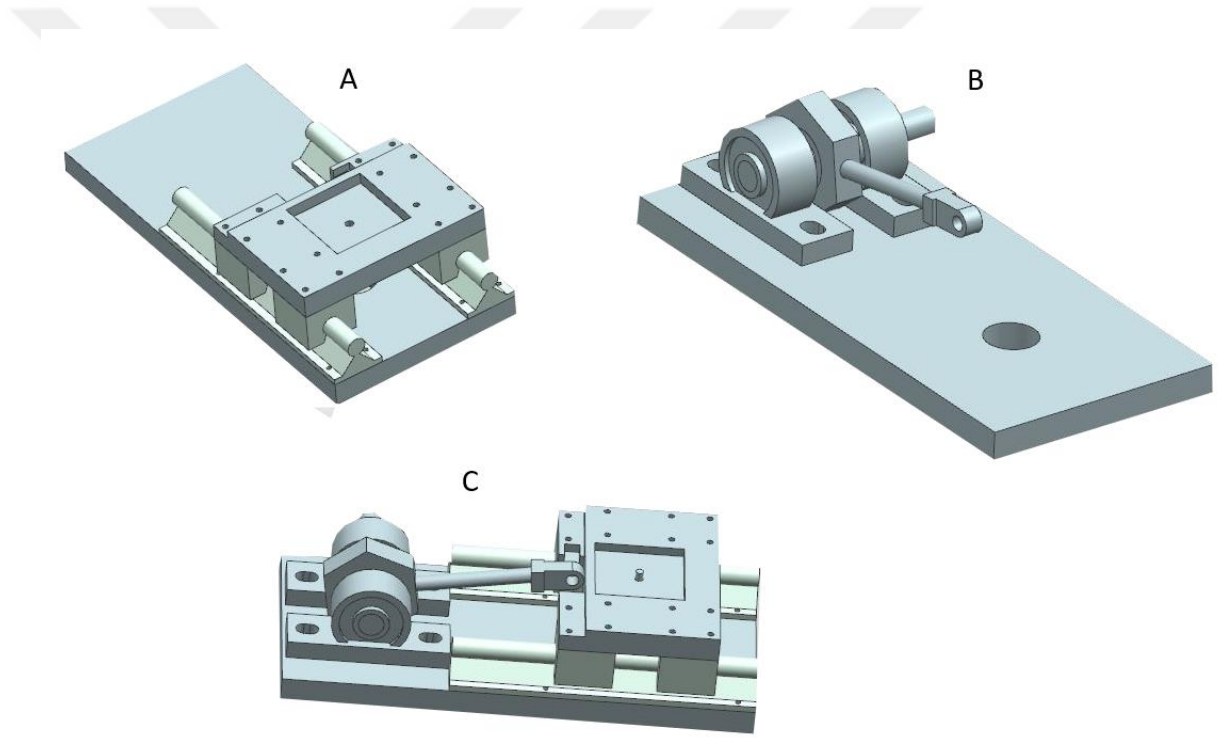
Şekil 9 – Titreşim etkisinde kayma oluşumu

Junker test düzeneği baz alınarak tasarlanan sistemimizde cıvata yerine ortopedik vidalar somun yerine de sawbone kullanarak Junker testi yapılabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Tasarlanan Junker test düzeneği iki ana parçadan oluşmaktadır. İlki rotasyonel hareketi lineer harekete çeviren eksantrik kısım (Şekil-10/a), ikincisi ise oluşan bu lineer kuvveti test edilecek vidalara aktaran lineer sistem kısım (Şekil-10/b)

Literatür incelemelerinde titreşim oluşturmak için iki plaka arasında 0,2 ile 1 mm arasında bir hareketin yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Sistemimizde kullanılacak vidaların çap kalınlıkları 4mm olduğundan iki plaka arasındaki hareketin olabildiğince minimuma yakın bir

değer olmasına özen gösterilmiştir; bu sayede vidalara uygulanacak yükün fazla olması ve gevşeme başlamadan kopmaların olmasının önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Cnc tezgahında ayna tırnakları arası mesafenin 0,15 mm olmasından dolayı milimiz 0,15 mm eksantriklikle işlenmiştir. Bu işlenen mil (Şekil-11) sayesinde motor tarafından oluşturulan dairesel hareket 0,3 mm lineer harekete çevirmektedir. Tasarlanarak milin üstüne takılan altı köşeli rulman sistemi ile oluşan bu dairesel kuvvetin eksenel bir kuvvete dönüştürülmesi sağlanmıştır. Milin plakaya sabitlenmesinde ise yataklı rulmanlar kullanılmıştır. Milin ucundaki çap 12mm olan yerden ise Bosch GSB13 RE model matkap bağlanarak milin 2800 devir/dakika ile dönmesi sağlanmaktadır.



**Şekil 10 – Junker test makinası solidworks tasarım resimleri a)Eksantrik kısım
b)lineer kısım c)Junker test makinası**

Lineer kısım ise kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Hareketli olan üst plaka ve sabit olan ve yük hücrelerini bulunduran alt plakadır. Plakaların birbirleri üstünde kaymaları sırasında oluşacak sürtünme kuvvetini minimuma indirmek için lineer sistem kısmında ise iki plaka arasında lineer kızak ve araba sistemleri kullanılmıştır. Bu sayede uygulanacak kuvvetin en az kayıpla vidaya aktarılması amaçlanmıştır. Plakalar işlenmesi kolay olmasından ötürü

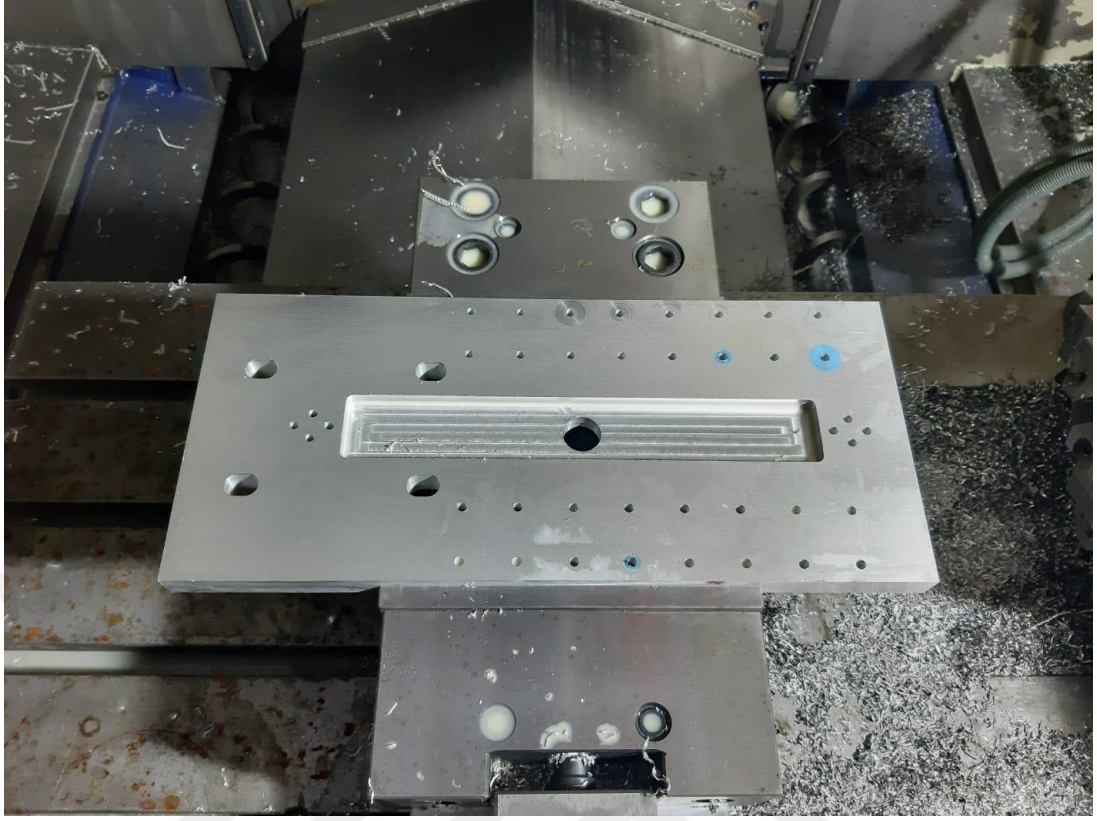
alüminyum seçilmiştir. Plakalar solidworksteki teknik çizimlere uygun olarak Fusion360 programında CAM programı çıkartılarak dik işlemlerde işlenmiştir (Şekil-12). Alt plakalar tasarımında lineer yük hücreleri yukarı yönlü çekme kuvvetine maruz kalacaklarından plakaya herhangi bir şekilde temasını engellemek için bir kanal açılmıştır



Şekil 11 - Eksantrik kısım parçaları A1-A2) Mıl rulmanları , B) Eksantrik mıl , C) Aktarım rulmanı

Yapılan araştırmalarda vidalar ile uygulanabilecek maksimum kuvvetin 3500N olduğundan dolayı 2 adet Kobastar SP2 200kglık yük hücreleri kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil-13 de gözüken plaka ve parçalar dizayn edildikleri şekilde toplanmıştır. Daha sonrasında eksantrik kısımda sisteme montaj edilerek test düzeneği hazır hale getirilmiştir.

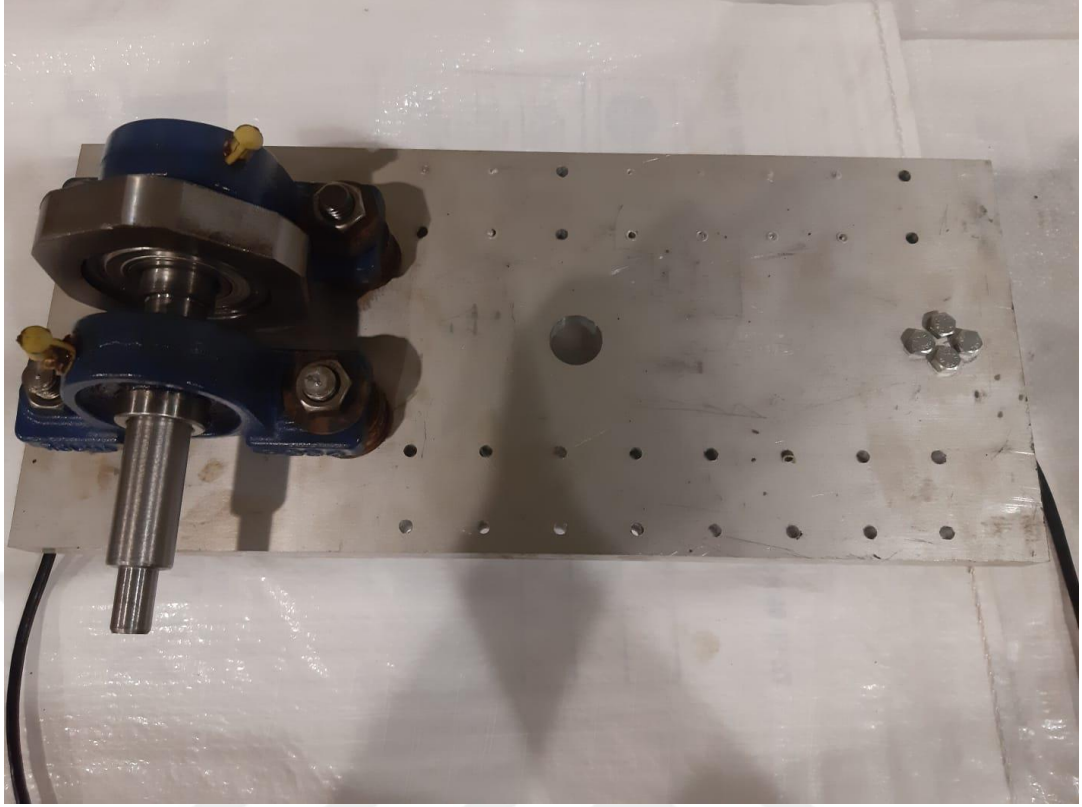
Montajı biten sistem birkaç kez çalıştırılarak eksantrik mil ve lineer kızak sistemlerinin çalışmaları kontrol edilmiştir. Çalışmasında bir problem olmayan sistemimiz laboratuvarımızdaki Shimadzu kompresyon test makinası ile kalibre edilmiştir. İlk dört deneyden sonra kalibrasyonu kontrol edilmiş ve bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil-14). Şekil-15'te görüldüğü gibi toplanan sistemimizde matkap tarafından üretilen enerji eksantrik mil sayesinde üretilen yanal kuvveti ve lineer sistem sayesinde vidaya titreşim kuvveti olarak aktarılmaktadır ve buda çözülmeye sebep olmaktadır.



Şekil 12 - Alt tabla dik işlemde işlenirken



Şekil 13 - Alt tabla ve yük hücreleri ve kızakların taşlanmış milleri



Şekil 14 - Yük hücreleri ve kızak mili montaj edilmiş alt tabla ve eksantrik kısım



Şekil 15 - Yük hücreleri kalibrasyonu



Şekil 16 - Tasarlanan junker test makinası çalışırken

3.7 Verilerin Değerlendirilmesi

Mekanik testler sonucunda elde edilen tüm veriler Matlab yazılımında değerlendirilip titreşimin gevşemedeki etkileri incelenmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen ve hesaplanan yüzde değerlerin normal dağılıma uygunluğu grafiksel olarak ve Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Tanımlayıcı istatistikler ortalama ve standart sapma ile hesaplanıp zamana göre değişimleri karşılaştırabilmek için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi (Repeated measures ANOVA) uygulanmıştır. Fark bulunduğu; farkın kaynağını belirleyebilmek amacı ile post-hoc ikili karşılaştırmalar için Bonferroni yöntemine başvurulmuştur. İstatistiksel kararlarda; $p \leq 0.05$ değeri istatistiksel farklılığın göstergesi olarak kabul edilmiştir.

3.8 Araştırmanın Sınırlılıkları

Deneyin yapıldığı sırada ortam sıcaklığının sabit olmaması değerler arasında çok az fark yaratmaktadır. Ayrıca vidaların imalatından kaynaklanan dişlerinin sivrilik farkları sebebiyle gevşeme hızları ve kuvvetleri arasında farklar doğmaktadır.

3.9 Etik Kurul Onayı

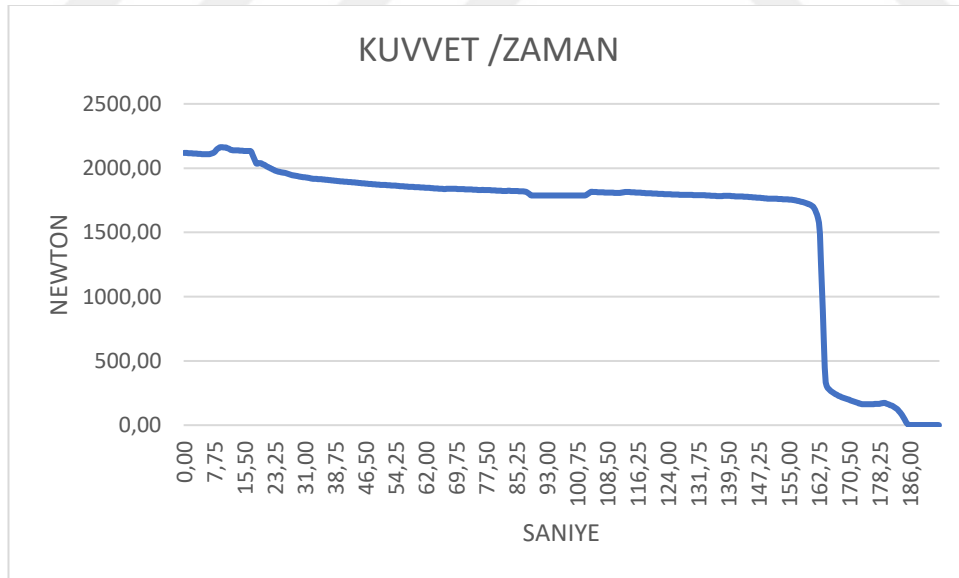
Çalışmanın etik kurul onayı; Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel olmayan araştırmalar etik kurulu'ndan 2019/03-71 protokol numarası ile 12/02/2019 tarihinde “Ortopedik İmplantların Gevşemesinde Titreşimin Etkisi” başlığıyla alınmıştır.

4.BULGULAR

Çalışmamızda 4. Nesil tibia sawbonları kullanılmıştır. Vida boylarının farklı olmasından dolayı uygulamada kullanılan vidaların hepsi tek kortikal olarak uygulanmıştır. Uygulama sırasında vidaların uygulandıkları kalınlıkların eşit olması için femur sawbonların shaft kısımlarından kesilerek kullanılmıştır. Bu sayede uygulama sırasında sawbone kalınlıkları arasındaki farkın $\pm 0,1\text{mm}$ olması amaçlanmıştır. Çalışmamızda yer alan 3 farklı boydaki vidalar sawbonlara uygulanarak titreşimle gevşeme testlerine tabi tutulmuştur.

Hazırlanan numunelerde vida boyu uzadıkça vidaların daha yüksek tork değerleriyle uygulama yapılabildiği gözlemlenmiştir. Boy 50 mm olan uzun vidalarda uygulamada ön gerilme kuvveti 2200N lara çıkarken boyu 30 mm olan kısa vidalarda ise uygulama kuvveti 700N nun üstüne çıktığında sistemde gevşeme olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 1 ve 2 de 50mm vidaların zamanla gevşemeleri gözlenmektedir. $2100\pm 10\text{N}$ ön yükleme yapılmış vidaların hepsinde Şekil 1 de görüldüğü üzere tekrarlanan 2 çalışmada kopma meydana gelmiştir. Bu yüzden gevşeme açıkça görülmemektedir.

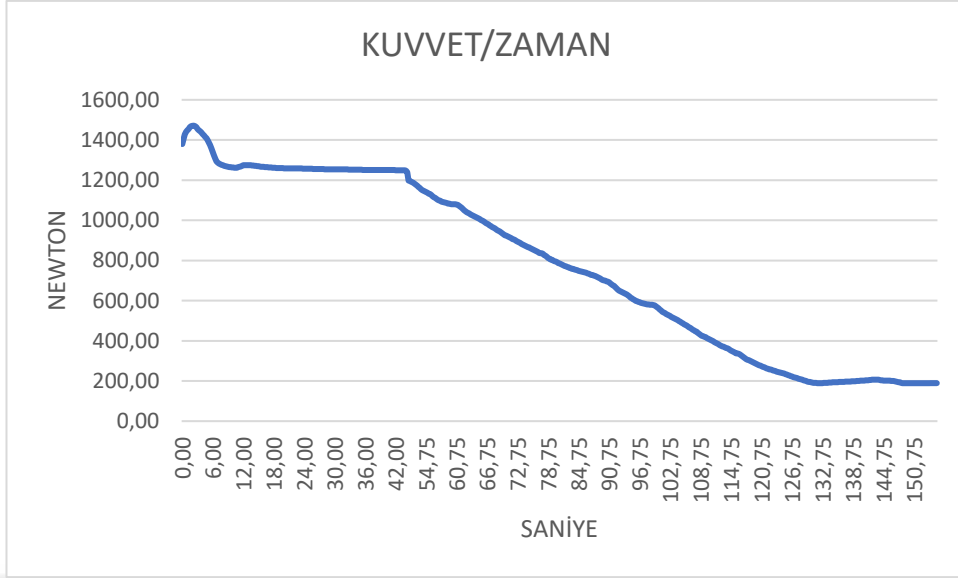


Tablo 1- 50mm CV ortalama 2200 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu



Şekil 17- 50mm Kopan Vida

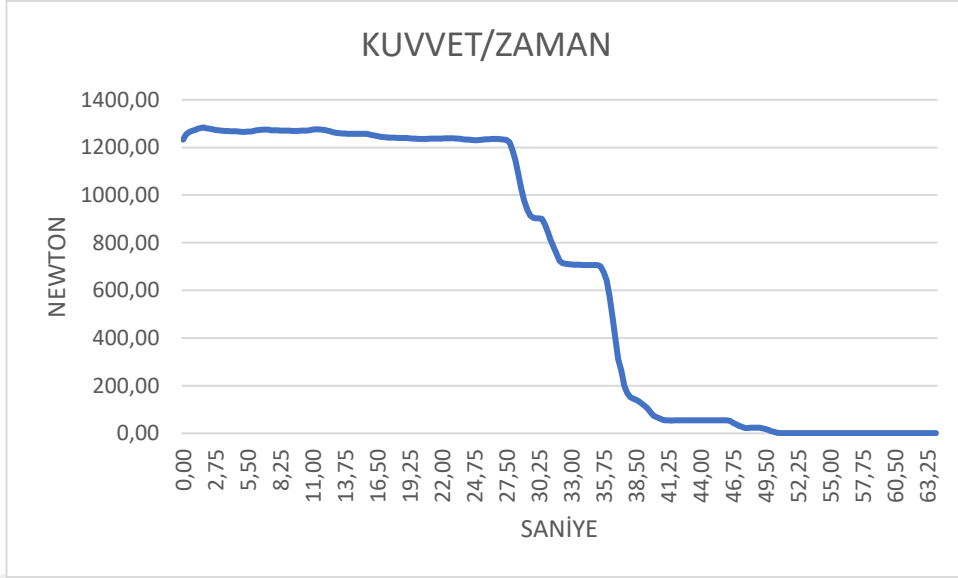
Bu kopmaların önüne geçebilmek için uygulanan ön gerilme kuvvetin düşürülmesine karar verilmiştir. Yapılan ön çalışmalarda en sağlıklı sonuçların üçte bir oranında azaltıldığında yani $1400 \pm 10\text{N}$ arasına düşürüldüğünde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden testler $1400 \pm 10\text{N}$ da tekrarlanmıştır. Uygulanan bu ön yüklenme kuvvetinin zaman ile değişimi Grafik 2 'de gibidir. Grafik 2 de görüldüğü üzere titreşim uygulamasının yaklaşık ilk 6 saniyesinde kuvvette bir artış gözlenmiş daha sonra sistem belirli bir seviyede sabit kalıp 42. saniyeden itibaren gevşemeye başlamıştır. Sistemdeki ön gerilmede ortalama 190.27 N geldiğinde ise gevşeme durmuştur.



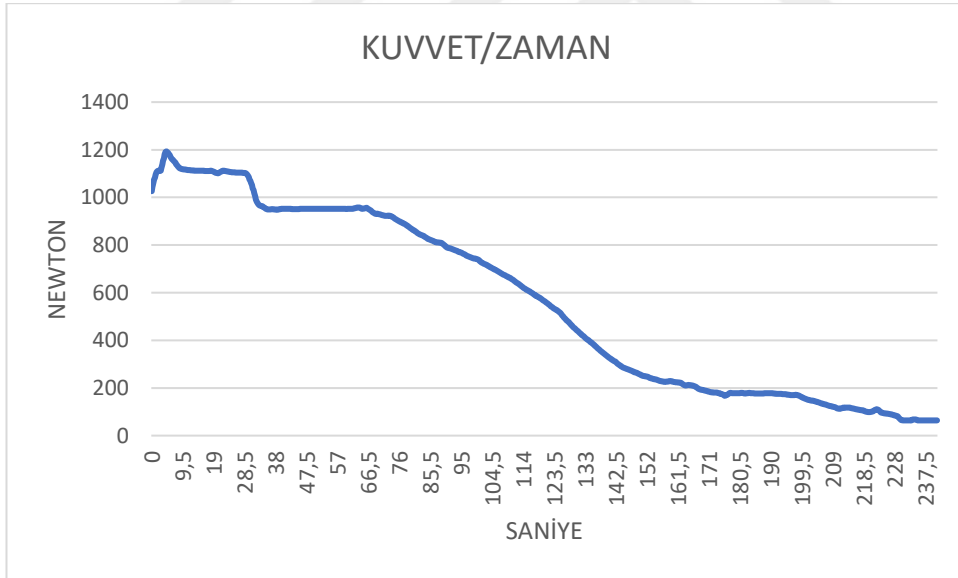
Tablo 2- 50mm CV ortalama 1400 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu

Tablo 3 ve 4 te ise 40mm vidaların titreşim altında zamanla öngerilme kuvvetlerini nasıl kaybederek ve gevşediği görülmektedir. Grafik 3 te görüldüğü üzere 40mm vidalarındada ön yüklenme 1250 ± 10 newton arasında uygulandığında 40mm vidalarında 50mm vidalarındakine benzer şekilde kopma problemleri olmuştur. Bu sebeple 40mm vidalarında uygulama kuvveti 1000 N düşürülerek testler yenden yapılmıştır. Tekrarların deneyler sonucunda 50mm'deki gibi ilk titreşim uygulamasında öngerilme kuvveti bir miktar artmıştır, sonrasında sistem stabil haline dönmüş ve bir süre sonrada gevşemeye başlamıştır.

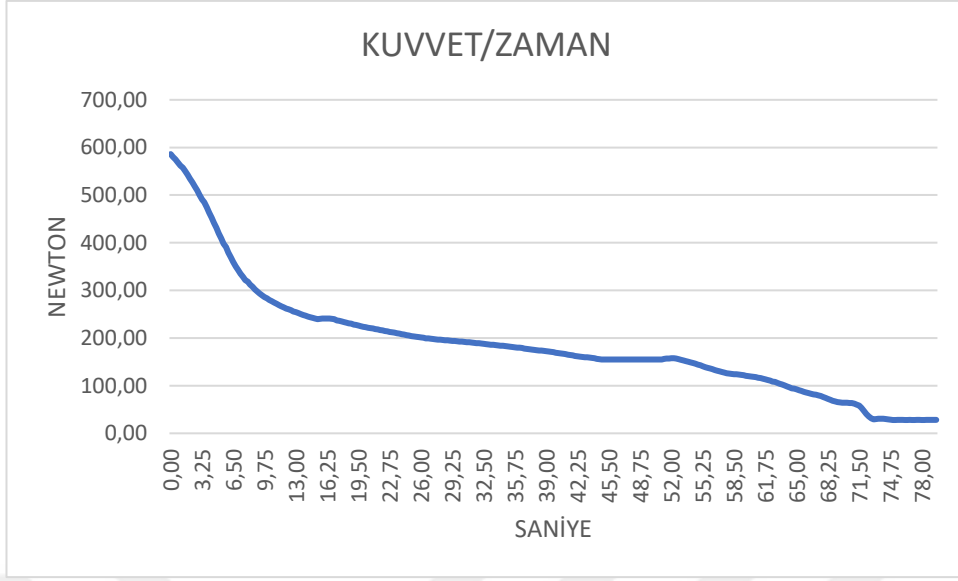
30mm vidalarda ise karar verilen 600N ön yüklenmede hiçbir sorun yaşanmamıştır. 600N'luk ön gerilme literatürdeki çalışmalarla paralel bir şekilde titreşimin uygulamaya başlanılmasından itibaren gevşemeye başlamıştır.(Tablo5)



Tablo 3– 40 mm CV ortalama 1200 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu



Tablo 4- - 40mm CV ortalama 1000 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu



Tablo 5- 30mm CV ortalama 600 N ön gerilmeli gevşeme testi kuvvet zaman tablosu

5.TARTIŞMALAR

Çalışmamızda ortopedik alanda kullanılan vidaların titreşim ile gevşemelerini inceledik. Literatür incelendiğinde vida elemanların gevşemesi üzerine yaklaşık 70 yıldır farklı çalışmalar yapılmıştır. Henüz tam olarak bir fikir birliği sağlanamayan bu konunun en önemli sebeplerinden biri olarak gösterilen titreşimin vidalar üzerindeki etkisi çok farklı çalışmalarla irdelenmiştir. Bu yapılan çalışmalardan 80'lerden beri artık bir standart olarak kabul edilen Junker test sisteminin tarafımızca imalatı, hem makinanın çalışma prensibinin daha detaylı kavramamıza hem de makineyi tam olarak test edeceğimiz sistemlere uygun bir şekilde tasarlamamıza olanak vermiştir.

Makinanın tasarımı için internet ve literatürde detaylı bir araştırma yapıp makinanın çalışma prensibi anlaşılmıştır. Makinanın ilk olarak elektronik kısmı irdelenmiş ve kullanılacak elemanlar ona uygun olarak seçilmiştir. Daha sonra bu sistemin mekanik olarak çalışması çözümlenmiştir. Solidwoks tasarım programında parçaların tasarımları yapılmıştır. Hareketli kısımlar orijinal tasarıma uygun olarak daha kolay temin edilebilir ürünlerle kullanılabileceği şekilde yeniden dizayn edilmiştir. Farklılıklar vidaların oturacağı kısımlarda yapılmıştır. Bu yapılan farklılıklar sayesinde vidaların ortopedide kullanıldığı şekillerde malzemelerle birlikte yük altındaki davranışları incelenebilmiştir. Tasarlanan parçalar ilk önce dijital sistemde çalıştırılıp daha sonra imal edilmiştir. Bu sayede makinanın toplandığı sırada çıkabilecek sorunların en aza indirgenmesi amaçlanmıştır.

İmalatı yapılan Junker test makinası topladıktan sonra yük hücreleri laboratuvarımızdaki Shimadzu test makinasıyla kalibre edilmiştir. Yapılan ilk denemeler kullanacağımız kortikal vidaların çaplarının yaklaşık 4mm gelmesinden dolayı bu vidaları taklit etmesi amacıyla M4 vidalar ile denenmiştir. Alınan sonuçlar literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Sistemin sağlıklı olarak çalıştığı görüldükten sonra testlerimize başlanmıştır.

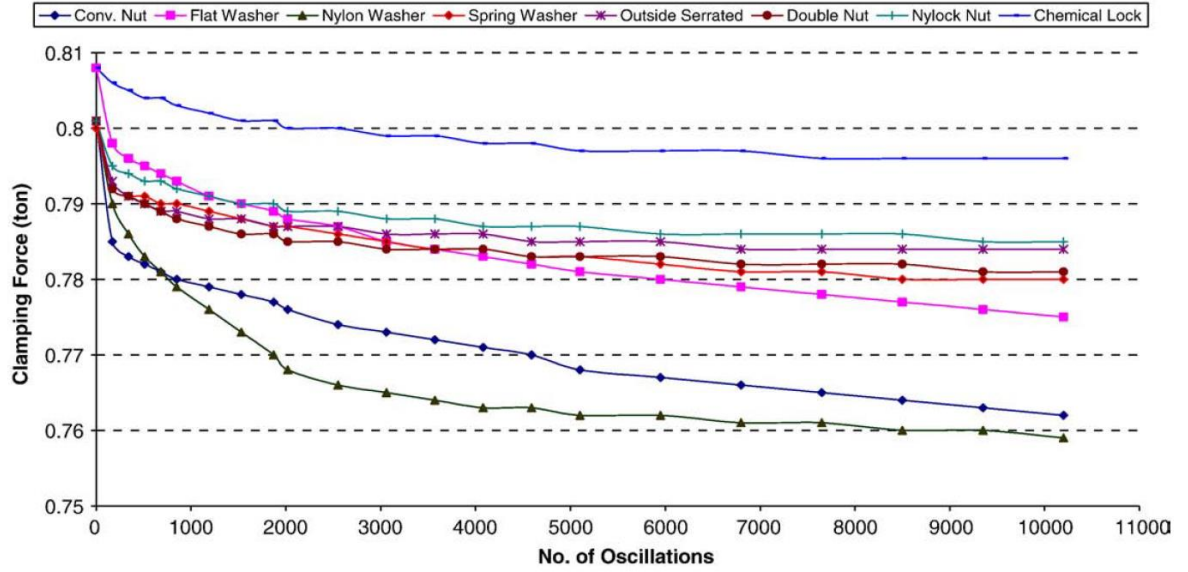
Yapılan çalışmalarda titreşimin vida sistemlerini gevşettiği üzerindeki çalışmalardan farklı olarak test ettiğimiz sistemdeki vidaların çaplarının ve yivlerinin literatürde test edilen sistemlerden farklı olması, somun görevi üstlenen malzemenin sawbone gibi, hem malzeme açısından farklı hem de düzgün olmayan bir geometriden olması bizim çalışmamızı diğer çalışmalardan ayırmaktadır. Test düzeneği ve üzerinde çalışma yapılacak materyallerin yeni olması sebebiyle test prosedürlerinde bazı standartların belirlenmesi gerekmiştir. Bu sebeple testlere başlamadan önce test edilecek sistemlerin maksimum ön gerilme kuvvetleri

araştırılmıştır. Test edilecek vidalar kontrollü olarak sıkılarak sawbonedan sıyrılmaya başladıkları kuvvetler bulunmuş ve bu kuvvetlerin 200N altı deneyler için uygulama kuvveti olarak seçilmiştir. Yapılan titreşim testleri sonucunda vidalarda çözülme olayı görülmeden kırılmıştır. Yapılan literatür ve vida üstündeki araştırmalar sonucunda, kırılmanın ön gerilme kuvvetinin yüksek olmasından dolayı, vidalara titreşim yükler altındayken gevşemeye başlamak yerine elastik olarak uzayarak kafa kısımlarının altından kopmuşlardır. Kopan vida türleri için testlerin daha önce uygulanan ön gerilme kuvvetlerinden yaklaşık 1/3 oranında azaltarak yenilenmesine karar verilmiştir.

Standart testlerde kullanılan somun ve cıvata çifti yapılan Junker test deneyinin aynısını biz cıvata yerine vida, somun yerine ise sawbone kullanarak tasarladık. Literatürdeki deneyler genellikle birbirine benzer malzemelerden imal edilmiş bağlantı elemanlarıyla yapılırken, bizim deneyimizde kullanılan bağlantı elemanları birbirlerinden farklı malzemeden üretilmekteydi. Bu alacağımız sonuçların literatürdeki sonuçlardan farklı olabileceği anlamına geliyordu. İki malzemenin metal olması hem uygulanabilen ön gerilme kuvvetini artırmasına hem de malzemeler arasında sürtünme kuvvetinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Bizim deneylerimizde ise ilk önce vidaların maksimum ön gerilme kuvvetleri bulunmuş daha sonrasında vidaların kopmalarından dolayı bu kuvvet azaltılarak deneyler tekrarlanmıştır. Bu sayede vidaların kopmadan sağlıklı olarak test edilebilecekleri ön gerilme kuvvetleri de tespit edilmiştir.

Grafiksel olarak incelendiğinde ise ortopedik alanında kullandığımız vidalarda Tablo-6'daki gibi ortopedide kullanılan vidalar ile benzer malzemeden yapılan ama dişleri 3/8" unf olan olan herhangi bir rondela sisteminin kullanılmadığı cıvata ve somun (conv. Nut) çifti ile benzer şekilde bir davranış göstermektedir. Grafiklerde görüldüğü gibi sistemlerin titreşime benzer reaksiyonlar verdiği ve belirli bir süre sonra gevşemeye başladıkları görülmektedir. Buda çalışmamızın başarılı olduğunu ve ortopedik alanda kullanılan vidalarında titreşim altında standart vidalar ile aynı davranışları sergilediklerinin ve gevşediklerinin kanıtıdır.

Elde ettiğimiz bir diğer sonuç ise ön gerilmenin fazla olduğu durumlarda titreşim altında vidaların gevşemeden çok kopmaya eğilimlerinin olduğudur. Uygulanan yüksek ön gerilme kuvvetleri vidaların üzerlerine uygulanan titreşim kuvvetleri zamanla malzemedede yorulmaya ve bu yorulma sebebiyle kopmasına neden olmaktadır.



Tablo 6- 3/8" Paslanmaz civatalı sistemlerin gevşeme tablosu

Üçüncü sonuç olarak titreşim testinin ilk saniyelerinde sistemdeki ön yüklenmenin artıp bir süre sonra eski haline gelmesi. Daha sonrada kullanılan vidaların boyuna göre bir süre sabit kaldıktan sonra gevşemeye başlaması. Bunun nedeni kullanılan malzemelerin yapısal farklılıkları, test düzeneğinde ilk hareketlenme sırasında titreşim frekansının 2800 devire ulaşana kadar artan bir şekilde olması sistemde sıkmadan işleminden sonra oluşan boşluğun farklı devirlerdeki titreşimin uygulanması sonucunda artmasına sebep olabilir. Yapılan literatür araştırmalarında benzer davranışlara rastlanmamış olup konu hakkında daha detaylı bir literatür çalışmasının ve testlerin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma sayesinde bir test sistemin tam olarak anlaşılması araştırılacak probleme göre revizyonu, yeniden tasarlanması ve imalatı gibi süreçleri tecrübe ettik. Vida gibi sistemlerin stabil olmasında önemli rol üstelenen ön gerilme kuvveti, sürtünme kuvveti gibi konular hakkında araştırma yapıp bilgi birikimine sahip olduk. İmal ettiğimiz makine sayesinde de titreşimin daha farklı sistemler üzerindeki etkileri üzerlerinde çalışma yapabileceğiz.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmamız sayesinde standart vidalı sistemler gibi, ortopedide kullanılan vidalarında titreşim yüzünden kendi kendine gevşediklerini göstermiş olduk. Ortopedik tedavilerde kullanılan vidaların kullanımdan dolayı oluşan titreşimlerle belirli bir süre sonra kendiliğinden gevşemeye başlayacağı ve bu sebeple sistem stabilitesinin azalabileceği sonucuna da varılabilir.

Kullanılan vidalarda ön gerilmenin yüksek olması sistemin titreşime karşı daha uzun süre dayanmasını sağlamaktadır, fakat belirli bir değerin üstündeki kuvvetler ise sistemdeki vidanın kırılmasına sebep vermektedir. Bu yüzden ön yüklenmenin uygulamalarda önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışma için tasarlanan sistem sayesinde vidalara uygulanabilecek maksimum ön yüklenme kuvvetleri üzerinde araştırma yapılabilir.

Literatürde yivlerin titreşim üzerindeki etkileri üzerinde farklı çalışmalar olmasına rağmen ortopedide kullanılan farklı tarzdaki yivler üstüne bir çalışma bulunmamaktadır ve bu tarz yivlerin titreşime karşı dayanımları incelenebilir.

Kemikteki kortikal ve süngerimsi dokuların kalınlıklarının titreşim üzerindeki etkilerine bakılarak vidaların için titreşime en fazla direnç gösterebileceği noktalar belirlenebilir. Uygulamalar sırasında bu noktalar kullanılarak sistemin stabilitesinin artırılması sağlanabilir.

Daha sonraki çalışmalarda kemik üzerinde sabitlenmiş bir sistemdeki vidaların titreşim altındaki davranışları incelenebilir. Bu sistemlerde aynı anda farklı vidaların birlikte titreşime karşı dirençleri karşılaştırılabilir.

Yapılan bu çalışmanın titreşimin ortopedik sistemlerin stabilitesi için önemli bir faktör olduğu ve bunun incelenmesi gerektiği göstermiştir. Bu konu üstünde daha çok çalışmalar yapıp havacılık ve makine sektöründe olduğu gibi sağlık sektöründe ki vidaların titreşimle gevşemesini engelleyecek sistemlerin üretilmesi gerekmektedir. Bu sayede implantların daha uzun ömürlü kullanılabilmesi sağlanacaktır.

7.KAYNAKLAR

- [1] Bhattacharya A., Sen A., Das s., An investigation on the anti-loosening characteristics of threaded fasteners under vibratory conditions. Mechanism and machine theory, 2010, Sayı 45 : 1215-1225
- [2] Zöllner F., Nathan J., Leonardo da Vinci The Graphic Work – Engineering and machinery studies: 574-620
- [3] web.bilecik.edu.tr/bulent-turan/files/2012/01/vida.pdf
- [4] Çavdar K. .Öngerilmeli cıvata bağlantılarında çözülme problemleri. Uludağ Üni. Müh. Fak. Dergisi, 2015, Cilt 20, Sayı 1: 103-118
- [5] Ertürk M., Yapıştırılmış cıvata bağlantılarının dinamik yükler altındaki davranışlarının incelenmesi , Pamukkale Üniversitesi, Yüksek lisans tezi, 2012
- [6] Goodier J.N., Sweeny R.J., Loosening by vibration of threaded fastenings, Mechanical Engineering ,Aralık-1945 : 798–802
- [7] Hongo K., Loosening of bolt and nut fastening, Transaction of Japan Society Mechanical Engineering 30 (1964) : 215.
- [8] Palan E.G., Investigation of locking features of dynamically loaded bolted connections, Dissertation TH, Hannover, 1966.
- [9] Junker G.H., Nev criteria for self-loosening of fasteners under vibration, SAE International, 1969
- [10] Sakai T., The friction coefficient of fasteners, Bulletin of the JSME 21, 1978 :333-340
- [11] Ramey G., Jenkins R.C., E. Experimental analysis of thread movement in bolted connections due to vibrations , Research Project NAS8-291131, 1995
- [12] Pai N.G., Hess D.P., Three-Dimensional finite element analysis of threaded fastener loosening due to dynamic shear load, Engineering failure analysis 2 ,2002:383-402
- [13] Zhang M., Jiang Y., and Lee C.H. , Finite element modeling of self-loosening of bolted joints, Transactions of the ASME 129 Şubat 2007 :218-226

- [14] Nassar S.A., Housari B.A., Study of effect of hole clearance and thread fit on the self-loosening of threaded fasteners, Transactions of the ASME 129, 2007 :586-594
- [15] Sanclemente J.A.,and Hess D.P. , Parametric study of threaded fastener loosening due to cyclic transverse loads, Engineering Failure Analysis 14, 2007 : 239-249
- [16] Sawa T., Ishimura M., and Karami A. , A bolt-nut loosening mechanism in bolted connections under repeated transverse loadings, Preceedings of the ASME 2010 pressure vessels & Piping division/K-PVP Conference PVP2010 Temmuz 2010 :1-7
- [17] Ishimura M., Sawa T., Karami A., ve Nagao T., Bolt-nut loosening in bolted flange connections under repeated bending moments, Preceedings of the ASME 2010 Pressure Vessels & Piping division/K-PVP Conference PVP2010 Temmuz 2010 :1-9
- [18] Takahashi T., Ueno T., Yamaji M. and Amasaka K., Establishment of highly precise CAE analysis model using automotive bolts, International Business Economics research journal 9 2010 ,:103-113
- [19] Hattori T., Yamashita M., Mizuno H., and Nasure T., Loosening and sliding behaviour of bolt-nut fastener under transverse loading, EPJ Web of Conferences 6, 2010 : 08002, DOI:10.1051/EPJCONG/20100608002
- [20] Smith A.C., Evaluation of torque vs closure bolt preload for a typical containment vessel under service conditions Preceedings of the ASME 2010 Pressure Vessels & Piping division/K-PVP Conference PVP2010 Temmuz 2010 :1-8
- [21] Shoji Y., Sawa T., Self-loosening of nuts due to external load, SIMULIA Customer Conference, 2011 :1-15
- [22] Yokoyama T., Olsson M., Izumi S., Sakai S., Investigation into the self-loosening behaviour of bolted joints subjected to rotational loading, Engineering Failure Analysis 23, 2012:35-43

Sayın Prof.Dr. Hasan Havıtcıoğlu

Araştırmınıza ilişkin Kurulumuz kararı aşağıda sunulmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederiz.

ETİK KOMİSYONUN ADI	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
AÇIK ADRES	Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı 2. Kat İnciraltı-İZMİR
TELEFON	0 232 412 22 54-0 232 412 22 58
FAKS	0 232 412 22 43
E-POSTA	etikkurul@deu.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	DOSYA NO:	4479-GOA
	ARAŞTIRMA	UZMANLIK TEZİ ☐ MÜNFERİT ARAŞTIRMA ☒ ÖÇM ☐ YÜKSEKLİSANS ☐ DOKTORA ☐
	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Ortopedik İmplantların Gevşemesinde Titreşimin Etkisi
	ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU	
	SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI ve UZMANLIK ALANI	Prof.Dr. Hasan Havıtcıoğlu Ortopedi A.D
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒ ÇOK MERKEZLİ ☐

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA İLE İLGİLİ LİTERATÜR	Mevcut		Türkçe ☐ İngilizce ☒ Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2019/03-71	Tarih:13.02.2019
	Prof.Dr. Hasan Havıtcıoğlu'nun sorumlusu olduğu "Ortopedik İmplantların Gevşemesinde Titreşimin Etkisi" isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.	
ETİK KURUL BİLGİLERİ		
ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu	
ETİK KURUL ÜYELERİ		

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişkili mi?		İmza
Prof.Dr.Can SEVİNÇ (Başkan)	Göğüs Hastalıkları	DEU Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları A.D	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Sadık Kıvanç METİN (Başkan Yardımcısı)	Kalp ve Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Arzu GENÇ	Nörolojik Fizyoterapi - Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr. Sermin ÖZKAL	Tıbbi Patoloji	DEÜ Tıp Fakültesi Tıbbi Patoloji A.D	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Pınar TUNCEL	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Serkan YENER	Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Nil Hocaoglu AKSAY	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Murat BEKTAŞ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	DEU Hemşirelik Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	Erkek	E ☐	H ☒	Katılamadı
Doç.Dr.Tufan ÇANKAYA	Tıbbi Genetik	Tıbbi Genetik Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Ayfer DAYI	Davranış Fizyolojisi	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Korcan DEMİR	Pediyatrik Endokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Mahmut Cem ERGON	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Öğr.Gör.Dr.Kıvanç YÜKSEL	Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim	Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Bilişim A.D	Erkek	E ☐	H ☒	
Av.Esra FIRTINA	Avukat	DEU Rektörlüğü Hukuk Müşavirliği	Kadın	E ☐	H ☒	
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E ☐	H ☒	



ONUR OKTAY

Kişisel Bilgiler

İletişim Bilgileri

Kimlik Numarası	41125554726
Doğum Tarihi	22/08/1987
İletişim Adresi	10041 SOK. NO:10 AOSB ÇİĞLİ İZMİR
Telefon	(533) 458 25 50
E-posta	oktayonur@hotmail.com.tr
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri

01 Eylül 2005 - 01 Haziran 2014 (8 yıl 10 ay)
Lisans, Anadal/Normal Öğretim, İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ, TÜRKİYE
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ
Diploma Numarası: 2336

TÜBİTAK Burs ve Destekleri

Panelistlik/İzleyicilik/Raportörlük Sayısı

Panelistlik/Dış Danışmanlık Sayısı	ARDEB/BİDEB 0	TEYDEB 0	Toplam 0
İzleyicilik/Danışmanlık Sayısı	ARDEB/BİDEB 0	TEYDEB 0	Toplam 0
Raportörlük Sayısı	ARDEB/BİDEB 0	TEYDEB 0	Toplam 0

